UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA
SILVIO FRANCISCO DOS SANTOS

METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DA SUSTENTABILIDADE UTILIZANDO FATORES DETERMINANTES, CRITÉRIOS E INDICADORES APLICADA À CADEIA DO BIODIESEL

RIO DE JANEIRO
2014

Silvio Francisco dos Santos

METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DA SUSTENTABILIDADE UTILIZANDO FATORES DETERMINANTES, CRITÉRIOS E INDICADORES APLICADA À CADEIA DO BIODIESEL

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadoras:
Prof[a]. Suzana Borschiver, D.Sc.
Prof[a]. Vanderléa de Souza, D.Sc.

Rio de Janeiro
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

S237m

SANTOS, SILVIO FRANCISCO DOS
METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DA SUSTENTABILIDADE UTILIZANDO FATORES DETERMINANTES, CRITÉRIOS E INDICADORES APLICADA À CADEIA DO BIODIESEL / SILVIO FRANCISCO DOS SANTOS. -- Rio de Janeiro, 2014.
296 f.

Orientadora: SUZANA BORSCHIVER.
Coorientadora: VANDERLÉA DE SOUSA.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2014.

1. sustentabilidade. 2. cadeia produtiva. 3. biodiesel. 4. medição. 5. indicadores. I. BORSCHIVER, SUZANA, orient. II. DE SOUSA, VANDERLÉA, coorient. III. Título.

Silvio Francisco dos Santos

METODOLOGIA PARA MEDIÇÃO DA SUSTENTABILIDADE UTILIZANDO FATORES DETERMINANTES, CRITÉRIOS E INDICADORES APLICADA À CADEIA DO BIODIESEL

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em

Prof[a]. Suzana Borschiver, D.Sc. – Orientadora – EQ/UFRJ.

Prof[a]. Vanderléa de Souza, D. Sc. – Orientadora – INMETRO.

Prof. Humberto Siqueira Brandi, D. Sc. – INMETRO.

Prof[a]. Stella Regina Reis da Costa, D. Sc. UFRRJ.

Prof. Marcello José Pio, D. Sc. – SENAI, Departamento Nacional.

Prof. Luiz Antônio d'Ávila, D. Sc. – EQ/UFRJ.

Prof. Cláudio José de Araújo Mota, D. Sc. – EQ/UFRJ.

À minha mãe, Leonila Maria dos Santos, por sempre acreditar em mim e ser o meu maior exemplo.

À minha esposa, Maria José Carvalho, e filhos Catarina Carvalho, Júlio César e Maria Luísa.

Tenho que saber agora qual a verdadeira via entre essas que escancaradas frente a mim se multiplicam.

– João Cabral de Melo Neto, Morte e Vida Severina.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me dar saúde e persistência para enfrentar todos os desafios para chegar até aqui, e por colocar em meu caminho pessoas que das mais diferentes formas me ajudaram a realizar este sonho.

Agradeço à minha mãe Leonila Maria dos Santos e ao meu verdadeiro pai, João Barbosa da Silva, por me guiarem e me apoiarem nas minhas mais importantes escolhas, me incentivando e, do seu jeito especial, mostrando o caminho do conhecimento como uma forma de superar as dificuldades.

À minha esposa, companheira e amiga, Maria José Carvalho, agradeço pelo amor, paciência e apoio imprescindíveis na minha vida e, em especial, durante o período do desenvolvimento da tese, e aos meus filhos, Catarina Carvalho, Júlio César e Maria Luísa pela oportunidade de aprender diariamente como criá-los livres, mas responsáveis.

À minha sogra Anita Maria de Carvalho (*in memoriam*) e meu sogro Severino de Carvalho, exemplos da perseverança e dignidade do povo nordestino.

Às minhas famílias, Santos e Carvalho, pela presença em momentos importantes e incentivo na busca pelos nossos sonhos e projetos.

Às minhas orientadoras, Professoras Suzana Borschiver e Vanderléa Souza pela paciência, abertura para discussão de ideias e incentivos constantes. A orientação de ambas foi essencial para o desenvolvimento da tese. Em especial, agradeço à Professora Suzana por abraçar o meu projeto e pela confiança de me aceitar como um dos seus orientandos.

Ao Prof. Humberto Brandi pelo seu apoio como Diretor da Diretoria de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro e, mais do que isso, como Professor, amigo e orientador informal. Das nossas discussões brotaram ideias que aceleraram a conclusão desse trabalho. Sem o seu apoio essencial, as barreiras para a realização do projeto seriam bem mais difíceis de serem superadas.

À minha orientadora do mestrado, Prof^{a}. Stella Regina Reis da Costa, por ser uma das minhas incentivadoras e por me ajudar a acreditar que eu poderia iniciar e concluir esse trabalho.

A todos os professores, aqui representados pela Prof[a]. Geni, Prof[a]. Jael Vieira de Lima, Prof[a]. Lucineide Gama (Escola Paulo de Souza Leal), Prof. Belo (CFPJ), Prof. Paulo Marcelo (UFPE), Prof. José Almir Cirilo (SECTMA/PE), que de diversas formas acreditaram em mim, me incentivaram e me mostraram "as verdadeiras vias".

Aos amigos do Inmetro Adauto de Oliveira Barros Neto, Antônio Baratto, Helen Conceição, Olga Benário Ramos Leal, Romeu Daroda, Werickson Fortunato e tantos outros que de diferentes formas contribuíram para a concretização desse projeto.

Aos amigos da Escola Paulo de Souza Leal, da Escola Prof. Moacyr de Albuquerque, do Centro de Formação Profissional de Jaboatão (SENAI/RFFSA-CFPJ), da Escola Técnica Federal de Pernambuco (ETFPE), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Aos meus amigos Oscar Olímpio de Araújo Filho, Jean Carlos Milet Aragão, Antônio Cedro Wallach, José Eduardo, Alexandre Douglas e tantos outros companheiros dos tempos saudosos na UFPE.

À Cláudia Staedler e Marcos Rego, à Beatriz Oiticica e D. Regina (*in memoriam*), e ao Helton Sereno, amigos das primeiras horas em Petrópolis.

Aos especialistas que responderam à pesquisa de campo e fizeram valiosas e importantes contribuições para a concretização desta tese.

A todos os membros da banca, agradeço por aceitarem o convite para nela participar e, antecipadamente, pelas contribuições e críticas que serão benvindas e servirão, sem dúvida, para melhorar a qualidade do trabalho.

Finalmente, devo me lembrar da companheira *Dory* pelas vezes em que, pacientemente, esperou ao meu lado enquanto eu trabalhava.

Enfim, a todos os amigos, meu sincero Muito Obrigado!

RESUMO

As preocupações com o suprimento de combustíveis fósseis e com as consequências sociais, ambientais e econômicas têm moldado o consenso global sobre a necessidade de formular políticas de desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, destaca-se a demanda por mecanismos científicos para medir a sustentabilidade de sistemas de produção, distribuição e uso dos biocombustíveis. Assim, esta tese tem como principal objetivo analisar os fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel por meio do desenvolvimento e aplicação de um modelo para medição da sustentabilidade e da vulnerabilidade da cadeia. Nesse sentido, foram identificados na bibliografia aspectos relacionados ao tema de estudo que serviram para a construção de um questionário aplicado para medir as percepções de especialistas. Os dados coletados foram analisados por meio da técnica de análise fatorial para identificar fatores determinantes para a sustentabilidade. Em seguida, os indicadores foram associados aos fatores, sendo utilizada a distância de Canberra para medir níveis de sustentabilidade e de vulnerabilidade da cadeia produtiva de seis países produtores de biodiesel. Os indicadores foram obtidos de bases de dados internacionais e avaliados quanto à sua confiabilidade e validade. Como resultado, foram identificados seis fatores determinantes: 1) Integração, Logística e Infraestrutura, 2) Articulação e Coordenação, 3) Gestão Estratégica e Ambiente Institucional, 4) Condições de Mercado, 5) Qualidade e Sistemas de monitoramento, e 6) Tecnologia e Inovação. Desses, Integração, Logística e Infraestrutura é o mais crítico e Qualidade e Sistemas de Monitoramento é o fator em que o Brasil alcançou o melhor índice de sustentabilidade. Os resultados sugerem que a cadeia produtiva do biodiesel no Brasil encontra-se num nível equivalente ao da China e França, superior ao da Argentina, mas abaixo dos níveis da Alemanha e Estados Unidos. Seu índice de vulnerabilidade é equivalente ao da Argentina e está abaixo dos demais países da comparação. Dos 45 indicadores selecionados, *Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel* é o que possui o maior índice de vulnerabilidade, seguido dos indicadores relacionados à infraestrutura, com destaque para *Qualidade da infraestrutura de portos e estradas*, e *Tratamento de águas residuais*. Os resultados podem ser usados como elementos orientadores para a formulação de políticas para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel do Brasil.

Palavras-chave: sustentabilidade, medição, distância de Canberra, cadeia produtiva do biodiesel, riscos.

ABSTRACT

Concerns about the supply of fossil fuels and the social, environmental and economic consequences have shaped the global consensus on the need to formulate policies for sustainable development. In this context, there is the demand for scientific mechanisms to measure the sustainability of production, distribution and use of biofuels systems. Thus, this thesis aims to analyze the determining factors for the sustainability of the biodiesel supply chain through the development and application of a model for measuring the sustainability and vulnerability in the chain. Thus, aspects related to the topic of study were identified in the literature and were used to construct a questionnaire to measure the perceptions of experts. The data collected were analyzed by using the factor analysis technique to identify the determining factors for the sustainability. Then, indicators were associated with the factors and the Canberra distance was used to measure levels of sustainability and vulnerability of the supply chain from six biodiesel producing countries. The indicators were obtained from international databases and evaluated on its reliability and validity. As a result, six determining factors were found: 1) Integration, Logistics and Infrastructure, 2) Articulation and Coordination, 3) Strategic Management and Institutional Environment, 4) Market Conditions, 5) Quality and Monitoring Systems, and 6) Technology and Innovation. Of these, Integration, Logistics and Infrastructure is the most critical and Quality and Monitoring Systems is the factor that Brazil achieved the best sustainability index. The results suggest that the biodiesel production chain in Brazil is an equivalent to the level of China and France, higher than Argentina, but below to those of Germany and the United States. Its index of vulnerability is equivalent to Argentina and lower than the other countries of the comparison. Among the 45 selected indicators, *Number of policies for research and technological development related to biodiesel* is the one with the highest index of vulnerability, followed by indicators related to infrastructure, with emphasis on *Quality infrastructure of ports, roads* and *Water treatment*. The results presented here can be used as guiding elements for the formulation of policies for the sustainable development of the biodiesel production chain in Brazil.

Keywords: sustainability, metrics, Canberra distance, biodiesel supply chain, risks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Distribuição das usinas e principais culturas de oleaginosas no Brasil. 38

Figura 2-1 Saldo na balança comercial brasileira (2005-2010). 42

Figura 2-2 Reação de transesterificação e matérias-primas envolvidas na produção do biodiesel. 45

Figura 2-3 Matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil. 46

Figura 2-4 Custos de produção do biodiesel. 47

Figura 2-5 Número de patentes associadas à produção de biodiesel (2006-2010). 49

Figura 2-6 *Market share* dos principais produtores de biodiesel no Brasil – 2010. 51

Figura 2-7 *Market share* das principais distribuidoras de óleo diesel no Brasil – 2010. 52

Figura 2-8 Esquema geral da cadeia produtiva do biodiesel. 52

Figura 2-9 Cadeia produtiva do biodiesel 53

Figura 2-10 Fontes de energia no mundo em 2008. 56

Figura 2-11 Emissões mundiais de gases de efeito estufa por setor. 57

Figura 2-12 Produção mundial de biodiesel (1991-2012). 58

Figura 2-13 Produção diária de biodiesel (milhares de barris/dia, 2011). 59

Figura 2-14 Evolução anual da produção de biodiesel no Brasil. 60

Figura 2-15 Plantas de biodiesel autorizadas para operação. 61

Figura 2-16 Origens e destinos da produção de biodiesel (B100). 69

Figura 2-17 Distribuição da produção de B100 a partir da região Centro-Oeste. 69

Figura 3-1 Evolução da logística. 77

Figura 3-2 Esquema típico de uma cadeia produtiva. 78

Figura 3-3 Esquema representativo do conceito de desenvolvimento sustentável. 87

Figura 3-4 Estrutura de princípios, critérios e indicadores. 90

Figura 3-5 Matriz de riscos aceitáveis, toleráveis e intoleráveis. 99

Figura 3-6 Matriz de impacto e probabilidade de ocorrência. 101

Figura 4-1 Etapas para a realização do estudo. 106

Figura 4-2 Categorias de documentos de acordo com os temas estudados. Fonte: o autor. 108

Figura 4-3 Quantidade de publicações analisadas de acordo com os tipos. 109

Figura 4-4 Quantidade de documentos de acordo com os temas estudados. 110

Figura 4-5 Quantidade de documentos sobre os temas biodiesel e sustentabilidade. Fonte: o autor. 111

Figura 4-6 Representação esquemática dos fatores determinantes. Fonte: o autor. 117

Figura 4-7 Hierarquia dos Indicadores. 125

Figura 4-8 Representação geral do processo de obtenção dos índices de sustentabilidade e do Índice Total de Sustentabilidade. Fonte: o autor 131

Figura 6-1 Regiões de indicadores associados a riscos intoleráveis, toleráveis e aceitáveis. 146

Figura 7-1 Abrangência dos aspectos em termos de distribuição nos elos da cadeia produtiva do biodiesel. 156

Figura 7-2 Abrangência dos aspectos em termos de distribuição nas dimensões de sustentabilidade. 157

Figura 7-3 Distribuição dos especialistas por áreas 163

Figura 7-4 Determinância dos fatores para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. 172

Figura 7-5 Modelo representativo da relação entre os fatores determinantes. 173

Figura 7-6 Produção diária de biodiesel (milhares de barris/dia, 2011). 178

Figura 7-7 Índice Total de Sustentabilidade dos seis países selecionados. 201

Figura 7-8 Índice Total de Sustentabilidade dos países selecionados 202

Figura 7-9 Índice Total de Sustentabilidade e produção diária de biodiesel dos grupos de países selecionados 203

Figura 7-10 Relação entre o Índice Total de Sustentabilidade e a produção de biodiesel. Fonte: o autor 203

Figura 7-11 Índices de sustentabilidade – fator *F1* 207

Figura 7-12 Relação entre tratamento de águas residuais e eficiência em reduzir a mortalidade infantil. 209

Figura 7-13 Índices de sustentabilidade – fator *F2* 210

Figura 7-14 Relação entre a capacidade de reter talentos e a disponibilidade de cientistas e engenheiros. 212

Figura 7-15 Índices de sustentabilidade – fator *F3*. 214

Figura 7-16 Índices de sustentabilidade - fator *F4* 216

Figura 7-17 Produção e consumo diários de biodiesel nos países selecionados (milhares de barris por dia). 218

Figura 7-18 Índices de sustentabilidade – fator *F5* 221

Figura 7-19 Índices de sustentabilidade – fator *F6* 224

Figura 7-20 Relação entre qualidade das instituições e capacidade para inovar 225

Figura 7-21 Índices de sustentabilidade versus determinância dos fatores – caso do Brasil . 227

Figura 7-22 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão ambiental 228

Figura 7-23 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão social 230

Figura 7-24 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão econômica 233

Figura 7-25 Matriz probabilidade de ocorrências (*P*) x Impacto (*I*). 237

Figura 7-26 Vulnerabilidade dos países selecionados, escala (0-4). 240

Figura 7-27 Fatores determinantes: Relação entre vulnerabilidade e *ITS* (Brasil) 242

Figura 7-28 Fatores determinantes, proporção de riscos intoleráveis, toleráveis e aceitáveis 242

Figura 7-5 Modelo representativo da relação entre os fatores determinantes. Fonte: o autor. 258

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 Resultados do balanço energético para alguns combustíveis 43

Tabela 2-2 Reservas mundiais de petróleo (bilhões de barris) 55

Tabela 2-3 Reservas mundiais de gás natural (trilhões de pés cúbicos) 55

Tabela 7-1 Estatística descritiva dos resultados das percepções dos respondentes. 163

Tabela 7-2 Testes de adequação da amostra 166

Tabela 7-3 Resultado da análise fatorial com método *Varimax* 166

Tabela 7-4 Resultado da análise fatorial com métodos *Equamax* e *Direct Oblimin* 168

Tabela 7-5 Estrutura dos fatores determinantes 171

Tabela 7-6 Descrição dos indicadores preliminares para o Fator *F1* 180

Tabela 7-7 Resultado do teste de confiabilidade para os indicadores preliminares relativos ao fator F1 181

Tabela 7-8 Resultado do teste de confiabilidade para os indicadores selecionados para compor o fator *F1.* 181

Tabela 7-9 Correlações interitens dos indicadores selecionados para compor o fator *F1* 182

Tabela 7-10 Resultados da aplicação da aplicação da análise fatorial 182

Tabela 7-11 Indicadores selecionados – fator *F1* 183

Tabela 7-12 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F2* 184

Tabela 7-13 Indicadores selecionados – fator *F2* 185

Tabela 7-14 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F3* 187

Tabela 7-15 Indicadores selecionados – fator *F3* 188

Tabela 7-16 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F4* 189

Tabela 7-17 Indicadores selecionados – fator *F4* 190

Tabela 7-18 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F5* 191

Tabela 7-19 Indicadores selecionados – fator *F5* 192

Tabela 7-20 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F6* 193

Tabela 7-21 Indicadores selecionados – fator *F6* 194

Tabela 7-22 Níveis de determinância e confiabilidade dos fatores e indicadores 194

Tabela 7-23 Indicadores preliminares excluídos após exame dos dados e resultados dos testes de confiabilidade 195

Tabela 7-24 Diferenças dos *ITS* entre os países selecionados 202

Tabela 7-25 Indicadores selecionados – fator *F1* 205

Tabela 7-26 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F1* 206

Tabela 7-27 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F1* 207

Tabela 7-28 Indicadores selecionados – fator *F2* 210

Tabela 7-29 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F2* 210

Tabela 7-30 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F2* 211

Tabela 7-31 Indicadores selecionados – fator *F3* 213

Tabela 7-32 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F3* 213

Tabela 7-33 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F3* 214

Tabela 7-34 Indicadores selecionados – fator *F4* 215

Tabela 7-35 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F4* 216

Tabela 7-36 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F4* 217

Tabela 7-37 Indicadores selecionados – fator *F5* 219

Tabela 7-38 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F5* 220

Tabela 7-39 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F5* 220

Tabela 7-40 Indicadores selecionados – fator *F6* 222

Tabela 7-41 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F6* 223

Tabela 7-42 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F6* 223

Tabela 7-43 Índices de sustentabilidade (fatores determinantes x países) 225

Tabela 7-44 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão ambiental 228

Tabela 7-45 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre países: dimensão ambiental 228

Tabela 7-46 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão social 230

Tabela 7-47 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre países: dimensão social..... 230

Tabela 7-48 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão econômica 232

Tabela 7-49 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre países: dimensão econômica. 233

Tabela 7-50 Índices de sustentabilidade (dimensões da sustentabilidade x países) 234

Tabela 7-51 Índices de sustentabilidade (fatores determinantes *x* dimensões da sustentabilidade) – caso do Brasil 235

Tabela 7-52 Priorização de indicadores associados a riscos 238

Tabela 7-53 Índices de sustentabilidade, vulnerabilidade dos fatores determinantes e dimensões da sustentabilidade. 241

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 Principais propriedades físicas e químicas do biodiesel 43

Quadro 2-2 Principais dificuldades associadas à logística do biodiesel no Brasil 68

Quadro 3-1 Indicadores de desempenho de cadeias de suprimentos genéricas. 82

Quadro 3-2 Exemplos de Fatores Críticos de Sucesso 89

Quadro 4-1 Dimensões estruturais 113

Quadro 5-1 Estrutura dos Índices de Sustentabilidade 133

Quadro 6-1 Procedimentos adotados de acordo com as regiões do indicador 146

Quadro 7-1 Aspectos preliminares associados à dimensão matérias-primas 150

Quadro 7-2 Aspectos preliminares associados à dimensão métodos 151

Quadro 7-3 Aspectos preliminares associados à dimensão meio-ambiente 152

Quadro 7-4 Aspectos preliminares associados à dimensão mão de obra 153

Quadro 7-5 Aspectos preliminares associados à dimensão materiais 154

Quadro 7-6 Aspectos preliminares associados à dimensão medição 155

Quadro 7-7 Aspectos preliminares associados às dimensões econômica e financeira 155

Quadro 7-8 Variáveis de estudo, aspectos e referências bibliográficas. 158

Quadro 7-9 Referência cruzada entre os indicadores selecionados e os indicadores do *GBEP*. 196

Quadro 7-10 Distribuição dos indicadores de acordo com as dimensões da sustentabilidade e os fatores determinantes 198

Quadro 7-11 Principais riscos associados aos indicadores com resultados intoleráveis 243

Quadro 7-12 Riscos associados aos indicadores com resultados toleráveis 244

Quadro 7-13 Classificação dos riscos intoleráveis e toleráveis de acordo com a sua abrangência 246

ABREVIATURAS E SIGLAS

Abiove	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis
ASTM	*American Society for Testing and Materials*
BBOP	*Business and Biodiversity Offsets Programme*
BLCAO	*Biofuels Life Cycle Assessment Ordinance*
BioNachV	*Biomass Sustainability Ordinance*
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
BX	Diesel com *X*% em volume de biodiesel
CEN	Comitê Europeu de Normalização
Cepal	*Comisión Económica para América Latina y el Caribe*
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CPB	Cadeia Produtiva do Biodiesel
CRM	*Customer Relationship Management*
CSBP	*Council on Sustainable Biomass Production*
DME	Dimethyl ether/Dimetil éter.
DMF	Dimethylformamide/Dimetilformamida
EERE	*Energy Efficiency and Renewable Energy*
EIA	*Energy Information Administration*
EPI	*Environmental Performance Index*
EU	*European Union*
EUA	Estados Unidos da América
FAO	*Food and Agriculture Organization*
FCS	Fatores Críticos de Sucesso
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FSC	*Forest Stewardship Council*
GCI	*Global Competitive Indicators*
GBEP	*Global Bioenergy Partnership*
GEE	Gases de Efeito Estufa
GF	Governo Federal
GGLS2	*Green Gold Label 2*
GHO	*Global Health Observatory Data Repository*
IAEA	*International Atomic Energy Agency*
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação.
IEA	*International Energy Agency*

IRENA	*International Renewable Energy Agency*
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
ISO	*International Organization for Standardization*
ISCC	*International Sustainability & Carbon Certification*
ITS	Índice Total de Sustentabilidade
MAPA	Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária
MDA	*Minnesota Department of Agriculture*
MDG	*Millennium Development Goals*
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MME	Ministério de Minas e Energia
MSA	*Measure Sample Adequacy*
OECD	*The Organization for Economic Co-operation and Development*
ONU	Organização das Nações Unidas
PCI	Princípios, critérios e indicadores
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PIS	Programa de Integração Social
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PPM	Partes por milhão
RED	*Renewable Energy Directive*
Refap	Refinaria Alberto Pasqualini
RFA	*Renewable Fuels Agency*
RTFO	*Renewable Transport Fuel Obligation*
RTRS	*Roundtable on Responsible Soy*
RSB	*Roundtable on Sustainable Biofuels*
RSPO	*Roundtable on Sustainable Palm Oil*
SBA	*Sustainable Biodiesel Alliance*
SCOR	*Supply Chain Operation Reference*
SPSS	*Statistical Package for the Social Sciences*
UBRABIO	União Brasileira do Biodiesel
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
UNSD	*United Nations Statistics Division*
WCED	*World Commission on Environment and Development*
WDI	*World Development Indicators*
WEF	*World Economic Forum*
WHO	*World Health Organization*
WIPO	*World Intellectual Property Organization*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS **10**

LISTA DE TABELAS **13**

LISTA DE QUADROS **16**

ABREVIATURAS E SIGLAS **17**

SUMÁRIO **19**

1 INTRODUÇÃO **27**

1.1. Motivação e justificativas para o estudo 27

1.2. Hipóteses orientadoras do estudo 32

1.3. Objetivos do estudo 34

1.4. Caracterização do estudo 35

1.5. Delimitação do estudo 36

1.6. Estrutura geral da tese 38

2 ASPECTOS GERAIS SOBRE O BIODIESEL E SUA CADEIA PRODUTIVA **41**

2.1 Biodiesel: características, matérias-primas e produção 41

2.1.1 Características gerais do biodiesel 41

2.1.2 Matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel 44

2.1.3 Produção e especificações de qualidade 49

2.2 Estrutura da cadeia produtiva do biodiesel 50

2.3 O mercado do biodiesel no mundo e no Brasil 55

2.3.1 O mercado do biodiesel no mundo 55

2.3.2 O mercado do biodiesel no Brasil 59

2.3.3 Os leilões de compra de biodiesel 64

2.4 A importância da logística: desafios e soluções 67

2.5 Políticas para a produção sustentável de biocombustíveis 70

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **75**

3.1 Introdução 75

3.2 Aspectos teóricos sobre cadeias produtivas 75

3.2.1 Conceitos de cadeias produtivas 75
3.2.2 Gestão de cadeias produtivas 80
3.2.3 Cooperação e inovação no contexto das cadeias produtivas 83
3.3 Aspectos sobre o desenvolvimento sustentável 84
3.4 Fatores críticos de sucesso 88
3.5 Método PCI: princípios, critérios e indicadores 90
3.6 Aspectos teóricos sobre gestão de riscos 93
3.6.1 Introdução 93
3.6.2 Risco: definição e tipos 94
3.6.3 Gestão de riscos 96
3.6.4 Identificação e priorização de riscos 98
3.6.5 O conceito de vulnerabilidade 101
3.6.6 Tratamento de riscos 102
3.6.6.1 Transferir ou compartilhar os riscos 102
3.6.6.2 Evitar os riscos 102
3.6.6.3 Mitigar os riscos 102
3.6.6.4 Aceitar ou reter os riscos 103
3.6.6.5 Controlar os riscos 103
3.6.7 Conclusão 103

4 METODOLOGIA DA PESQUISA 105

4.1 Introdução 105
4.2 Etapa I: mapeamento da literatura para identificação de aspectos preliminares e alocação em dimensões estruturais 107
4.2.1 Introdução 107
4.2.2 Busca e seleção do material bibliográfico 108
4.2.3 Análise descritiva do material bibliográfico 109
4.2.4 Identificação dos aspectos preliminares e alocação de acordo com dimensões estruturais 112
4.3 Etapa II: definição das variáveis de estudo a partir dos aspectos preliminares 113
4.3.1 Introdução 113
4.3.2 Agrupamento dos aspectos preliminares em variáveis 113

4.4 Etapa III: realização da pesquisa de campo para identificação dos fatores determinantes 114
4.4.1 Introdução 114
4.4.2 Questionário estruturado para determinação dos fatores determinantes 114
4.4.3 Estratégia da pesquisa de campo 115
4.4.4 Respondentes 116
4.5 Etapa IV: aplicação da análise fatorial para determinação dos fatores determinantes 116
4.5.1 Introdução 116
4.5.2 Avaliação preliminar da amostra 118
4.5.3 Testes de adequação da amostra 118
4.5.4 Determinação do número de fatores 119
4.5.5 Determinação do ajuste do modelo 120
4.5.6 Determinação da confiabilidade do questionário (escala) 120
4.5.7 Comparação dos resultados com outros métodos de rotação 121
4.5.8 Resultados da análise fatorial e nomeação dos fatores 121
4.6 Etapa V: seleção dos países a serem incluídos na comparação dos índices de sustentabilidade 122
4.7 Etapa VI: identificação de princípios, critérios e indicadores associados aos fatores determinantes 122
4.7.1 Introdução 122
4.7.2 Identificação das bases de dados para seleção dos indicadores 122
4.7.3 Critérios para seleção dos indicadores 124
4.7.4 Critérios para formação de indicadores compostos associados aos fatores 126
4.7.5 Associação com as dimensões da sustentabilidade 128
4.7.6 Codificação dos indicadores 129
4.8 Etapa VII: análise da compatibilidade dos indicadores selecionados 129
4.9 Etapa VIII: comparação dos índices de sustentabilidade dos países selecionados .. 130
4.10 Etapa IX: identificação, priorização e tratamento dos riscos associados aos indicadores 130
4.11 Etapa X: recomendações para tratamento dos riscos 130
4.12 Etapa XI: conclusões e considerações finais 130

5 PROPOSTA DE MODELO TEÓRICO PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL 132

5.1 Introdução 132
5.2 Uso de distâncias para medição de similaridade entre objetos 133
5.3 Uso da distância de Canberra para medição de índices de sustentabilidade 134
5.4 Determinação do estado de referência para comparação 136
5.5 Procedimentos para análise dos índices de dimensões ou fatores 139
5.6 Índice Total de Sustentabilidade (*IT*S) 141

6 PROPOSTA DE MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E TRATAMENTO DOS RISCOS ASSOCIADOS A INDICADORES 142

6.1 Introdução 142
6.2 Categorização e priorização de indicadores associados a riscos 142
6.3 Associação dos indicadores aos riscos 148
6.4 Tratamento dos riscos 148

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES 150

7.1 Resultados Etapa I: mapeamento da literatura para identificação de aspectos preliminares e alocação em dimensões estruturais 150
7.1.1 Introdução 150
7.1.2 Dimensão estrutural: matérias-primas 150
7.1.3 Dimensão estrutural: métodos 151
7.1.4 Dimensão estrutural: meio-ambiente 152
7.1.5 Dimensão estrutural: mão de obra 153
7.1.6 Dimensão estrutural: materiais 154
7.1.7 Dimensão estrutural: medição 154
7.1.8 Dimensão estrutural: econômica e financeira 155
7.1.9 Abrangência dos aspectos preliminares 156
7.1.10 Conclusão 158
7.2 Resultados Etapa II: definição das variáveis de estudo a partir dos aspectos preliminares 158
7.2.1 Introdução 158
7.2.2 Resultados da composição dos aspectos em variáveis 158
7.2.3 Conclusão 162
7.3 Resultados da Etapa III: realização de pesquisa de campo para identificação dos fatores determinantes 163

7.4 Resultados Etapa IV: aplicação da análise fatorial para determinação dos fatores determinantes 164
7.4.1 Introdução 164
7.4.2 Avaliação preliminar da amostra 164
7.4.3 Testes de adequação da amostra 165
7.4.4 Determinação do número de fatores 166
7.4.5 Determinação do ajuste do modelo 167
7.4.6 Determinação da confiabilidade da escala 167
7.4.7 Comparação dos resultados com outros métodos de rotação de fatores 167
7.4.8 Resultados da análise fatorial e nomeação dos fatores 168
7.4.9 Análise dos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel 172
7.4.9.1 Fator F1 – Integração, Logística e Infraestrutura 173
7.4.9.2 Fator F2 – Articulação e Coordenação 174
7.4.9.3 Fator F3 – Gestão Estratégica e Ambiente Institucional 174
7.4.9.4 Fator F4 – Condições de Mercado 175
7.4.9.5 Fator F5 – Qualidade e Sistemas de Monitoramento 176
7.4.9.6 Fator F6 – Tecnologia e Inovação 177
7.4.10 Conclusão 177
7.5 Resultados Etapa V: seleção de países a serem incluídos na comparação dos índices de sustentabilidade 178
7.6 Resultados Etapa VI: identificação de princípios, critérios e indicadores associados aos fatores determinantes 179
7.6.1 Introdução 179
7.6.2 Fator *F1* – Integração, Logística e Infraestrutura 179
7.6.2.1 Critérios associados ao fator F1 179
7.6.2.2 Indicadores preliminares – fator F1 180
7.6.2.3 Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F1 180
7.6.2.4 Resumo 183
7.6.3 Fator *F2* – Articulação e Coordenação 184
7.6.3.1 Critérios associados ao fator F2 184
7.6.3.2 Indicadores – fator F2 184
7.6.3.3 Testes de confiabilidade e dimensionalidade 185

7.6.3.4 Resumo 185
7.6.4 Fator F3 – Gestão Estratégica e Ambiente Institucional 186
7.6.4.1 Critérios associados ao fator F3 186
7.6.4.2 Indicadores – fator F3 186
7.6.4.3 Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F3 187
7.6.4.4 Resumo 187
7.6.5 Fator F4 – Condições de Mercado 188
7.6.5.1 Critérios associados ao fator F4 188
7.6.5.2 Indicadores – fator F4 188
7.6.5.3 Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F4 189
7.6.5.4 Resumo 190
7.6.6 Fator F5 – Qualidade e Sistemas de Monitoramento 190
7.6.6.1 Critérios associados ao fator F5 190
7.6.6.2 Indicadores – fator F5 191
7.6.6.3 Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F5 191
7.6.6.4 Resumo 192
7.6.7 Fator F6 – Tecnologia e Inovação 192
7.6.7.1 Critérios 192
7.6.7.2 Indicadores 193
7.6.7.3 Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F6 193
7.6.7.4 Resumo 193
7.6.8 Conclusão 194
7.7 Resultados Etapa VII: análise da compatibilidade dos indicadores selecionados 195
7.8 Resultados Etapa VIII: comparação dos índices de sustentabilidade dos países selecionados 200
7.8.1 Introdução 200
7.8.2 Índice Total de Sustentabilidade (*ITS*) 200
7.8.3 Conclusão 204
7.8.4 Análise do índice de sustentabilidade relativo aos fatores *F1* a *F6* 204
7.8.4.1 Fator F1 – Integração, Logística e Infraestrutura 205
7.8.4.2 Fator F2 – Articulação e Coordenação 209
7.8.4.3 Fator F3 – Gestão Estratégica e Ambiente Institucional 212

7.8.4.4 Fator F4 – Condições de Mercado 215
7.8.4.5 Fator F5 – Qualidade e Sistemas de Monitoramento 219
7.8.4.6 Fator F6 – Tecnologia e Inovação 222
7.8.5 Análise dos índices de sustentabilidade por dimensões da sustentabilidade 227
7.8.5.1 Índice de sustentabilidade ambiental 227
7.8.5.2 Índice de sustentabilidade social 229
7.8.5.3 Índice de sustentabilidade econômica 231
7.8.5.4 Conclusão 234
7.9 Resultados da Etapa IX: Identificação e priorização dos indicadores associados a riscos 236
7.9.1 Identificação e priorização dos indicadores associados a riscos 236
7.9.2 Associação dos indicadores aos riscos da cadeia produtiva do biodiesel 243
7.10 Resultados Etapa X: Recomendações para tratamento dos riscos 245
7.11 Propostas de ações para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel 250
7.11.1 Introdução 250
7.11.2 Desenvolver a integração, logística e infraestrutura 250
7.11.3 Promover a capacidade de articulação e coordenação 252
7.11.4 Promover o ambiente institucional favorável à formulação e desenvolvimento de estratégias para cadeia 252
7.11.5 Desenvolver as condições de mercado 254
7.11.6 Promover a qualidade e o desenvolvimento de sistemas de monitoramento 254
7.11.7 Investir em tecnologia e inovação 255
8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 256
8.1 Análise das hipóteses orientadoras, principais resultados 256
8.1.1 Análise da Hipótese 1 256
8.1.2 Análise da Hipótese 2 258
8.1.3 Análise da Hipótese 3 260
8.1.4 Análise da Hipótese 4 262
8.1.5 Análise da Hipótese 5 262
8.1.6 Propostas de ações para mitigação dos riscos e definição de políticas 263
8.2 Limitações da pesquisa 264

8.3 Recomendações e sugestões para trabalhos futuros..... 265

REFERÊNCIAS 267

APÊNDICES 282

1 INTRODUÇÃO

1.1. Motivação e justificativas para o estudo

O interesse pelas fontes renováveis de energia tem crescido significativamente nos últimos anos devido ao aumento da demanda e do preço de energia, preocupações sobre o suprimento de combustíveis fósseis no mundo e outras consequências sociais, ambientais e econômicas negativas. Essas preocupações têm moldado o consenso global sobre a necessidade de estudar e investir em energias limpas e renováveis como forma de reduzir as consequências negativas, o que, em resumo significa buscar o desenvolvimento por meio de políticas de sustentabilidade (Brandi, H. S.; Sikdar, 2014) e que considerem a abordagem estratégica dos aspectos ambientais, sociais e econômicos (MAPA, 2009). É o desenvolvimento sustentável, ou seja, *aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades*, que possibilita que as pessoas atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico, ao mesmo tempo em que faz uso adequado dos recursos naturais (WCED, 1987).

De acordo com o *IPCC* [1], "as atividades humanas continuam a afetar o balanço de energia da Terra devido às alterações dos níveis de emissões que resultam em concentrações atmosféricas de gases [de efeito estufa]...". Por outro lado, o *IPCC* também advoga que as previsões negativas relacionadas com as mudanças climáticas e com suas consequências podem ser minoradas se houver a redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) (IPCC, 2013). Assim, a questão que precisa ser respondida é: como é possível satisfazer a demanda crescente por energia, sem aumentar as emissões de GEE, tendo em vista que os combustíveis fósseis são os principais responsáveis pela emissão desses gases e que mais de 50% da demanda global de óleo combustível está concentrada no setor de transporte, sendo a maioria no transporte rodoviário (Gül, 2013)? Neste contexto, os biocombustíveis surgem como uma das alternativas preferenciais da agenda energética internacional e, embora não possam substituir os combustíveis fósseis, possuem vantagens adicionais, pois sua produção se baseia em uma tecnologia existente e competitiva, além de proporcionar uma oportunidade importante de se obter a desejada segurança energética sustentável.

[1] Sigla para *Intergovernmental Panel on Climate Change*

Além do etanol[2], o biodiesel tem se destacado pela sua capacidade de substituição do óleo diesel mineral e sua potencial capacidade de redução dos impactos negativos ao meio-ambiente. O biodiesel tem sido usado, principalmente, no setor de transporte e de geração de energia e é motivo de várias pesquisas e desenvolvimentos, contribuindo com participação relevante na matriz de combustíveis e para a redução das importações de óleo diesel mineral.

No Brasil, de acordo com informações da Agência Nacional do Petróleo (ANP), somente em 2008, o uso do biodiesel evitou a importação de 1,1 bilhões de litros de diesel mineral o que resultou numa economia de cerca de US$ 976 milhões (Vargas, 2011). Nos seis últimos anos, desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o saldo acumulado na balança comercial foi de US$ 3,3 bilhões (MME, 2011b).

A produção do biodiesel é considerada uma atividade portadora de futuro e com uma forte motivação social, devido ao fato de que diversas oleaginosas adaptam-se a regiões específicas do país, em particular o semiárido brasileiro, apresentando-se, assim, como uma opção econômica para as regiões mais pobres (MDIC, 2006).

As condições naturais favoráveis para a produção de biodiesel no Brasil o habilitam a se tornar um dos maiores exportadores mundiais do combustível, pois além do solo e clima adequados, o país possui suficiente capacidade instalada e nível tecnológico de campo e industrial competitivos, capazes de tornar possível o atendimento às especificações técnicas internacionais, de forma a superar eventuais barreiras técnicas.

Apesar dessas condições favoráveis e sua disposição para exportar, o Brasil tem enfrentado obstáculos, pois os principais importadores, entre eles a União Europeia, vêm impondo barreiras à compra do biodiesel alegando que a produção brasileira não atende aos critérios de sustentabilidade (Ubrabio, 2010). Essa situação tem provocado discussões e estudos por parte do governo e do setor privado, visando demonstrar que a produção de biodiesel no Brasil tem condições de ser sustentável (MAPA, 2009). Nesse sentido, o MAPA reconhece que "*sustentabilidade é o nosso entrave para a exportação*".

---

[2] Tamers (2006) faz uma distinção entre o "etanol", combustível sintético obtido da hidrólise do etileno e, portanto, um derivado do petróleo, e o "bioetanol", ou "etanol renovável", obtido de biomassa. Ambos são considerados quimicamente iguais, embora exista uma diferença na composição de seus isótopos. (Tamers, 2006)

Assim, tem sido amplamente discutido que a produção do biodiesel deve buscar meios de contribuir para o aumento da competitividade, considerando o equilíbrio entre crescimento econômico, a manutenção da qualidade ambiental e o bem-estar social, por meio do uso racional dos recursos, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional (PNPB, 2004b). Por outro lado, embora as organizações tenham preocupação com competitividade e sustentabilidade, em geral, os fatores que as determinam não são abordados de maneira sistemática, o que frequentemente resulta em estratégias não alinhadas com as necessidades de todas as partes envolvidas.

Políticas visando a sustentabilidade de processos, produtos e serviços podem se introduzidas por meio de mecanismos baseados em procedimentos científicos e orientados ao mercado, tais como a certificação e a etiquetagem, que devem se basear em padrões normativos (*standards*) reconhecidos internacionalmente. O uso de padrões é uma base de apoio para o desenvolvimento sustentável e o comércio internacional (Brandi, H. S. et al., 2011; Souza, 2010). Como um dos requisitos básicos de qualquer padrão é ser mensurável, surge, portanto, a necessidade de medir a sustentabilidade para sistemas associados à produção, distribuição e uso de biocombustíveis.

Nesse contexto, devido à grande discussão em torno dos biocombustíveis, e a sua importância estratégica para a economia nacional, considera-se que é necessário o desenvolvimento de métodos que abordem as características e especificidades desse setor visando torná-lo mais competitivo e preparado para uma atuação internacional de longo prazo que atenda aos requisitos de sustentabilidade. Espera-se que tais métodos sejam capazes de considerar a interação harmônica das variáveis relevantes associadas à cadeia produtiva do biodiesel e aos recursos disponíveis, tais como seus ativos, competências, processos organizacionais, informação e conhecimento, relação com o governo, clientes e fornecedores, entre outros aspectos. Esses aspectos estão no escopo do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNBP) e serão discutidos ao longo da pesquisa.

Essa visão vai ao encontro do que preconiza a Organização das Nações Unidas (ONU) que, por meio do documento Agenda 21[3] (ONU, 1992), incentiva os países a adotarem

[3] A Agenda 21 é um programa de ação baseado em resoluções adotadas por mais de 178 países na Eco 92, realizada na cidade do Rio de Janeiro entre 3 e 4 de junho de 1992. O ponto central da Agenda 21 é o levantamento das prioridades do desenvolvimento e a formulação de um plano de ação, tendo em vista a sustentabilidade e a integração dos aspectos sociais, econômicos, ambientais e culturais, dentro de uma visão abrangente (ONU, 1992).

procedimentos e estratégias de desenvolvimento sustentável, capazes de estimular a concepção e harmonização das diferentes políticas setoriais, econômicas, sociais e ambientais, visando à integração dessas questões e a sua aplicação nos vários níveis de decisão (ONU, 1992).

Com relação ao tema gestão sustentável, a Agenda 21 recomenda atividades por meio das quais os governos estruturem seus sistemas de gestão e os procedimentos a eles relacionados de forma a facilitar a integração das questões sociais, ambientais e econômicas (ONU, 1992). Destacam-se entre essas atividades:

- Desenvolvimento de mecanismos que facilitem o uso de dados e informações em todos os estágios do planejamento e gestão, fazendo uso sistemático de dados sociais, econômicos e ambientais;
- Adoção de sistemas de gestão integrados, sobretudo para gestão dos recursos naturais;
- Uso de instrumentos legais, regulatórios e econômicos como ferramentas para planejamento e gestão, buscando a incorporação de critérios de decisão eficientes.

Tendo em vista o cenário apresentado, surgem, então, algumas questões que serão científica e sistematicamente abordadas no presente estudo:

1. Existe um conjunto de fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel?

2. Existem diferenças de ordenação de importância dos fatores determinantes, de acordo com a percepção de especialistas envolvidos com as operações das atividades da cadeia produtiva do biodiesel?

3. É possível elaborar um sistema de princípios, critérios e indicadores associados aos fatores determinantes para avaliar a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel?

4. É possível medir o nível de sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel relativos aos fatores e às dimensões da sustentabilidade?

5. É possível identificar os riscos associados aos fatores determinantes? Quais são esses riscos? Como podem ser priorizados? Como determinar ações apropriadas para o seu tratamento?

Expostas as principais questões, a pesquisa buscará identificar as informações necessárias para elencar os fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil. Os fatores que tenham impacto na sustentabilidade e competitividade da cadeia produtiva serão obtidos por meio de extensa pesquisa bibliográfica em publicações científicas e repositórios nacionais e internacionais e, principalmente, por meio de entrevistas e pesquisas junto às principais fontes envolvidas na cadeia produtiva, tais como: governo, instituições de pesquisas, produtores e outras fontes representativas do setor.

Considera-se que os fatores determinantes estão relacionados ao desempenho da cadeia produtiva do biodiesel e afetam os seus resultados sendo, portanto, necessário identificá-los para buscar as melhores formas de integração e conjugação dos mesmos, tornando a produção de biodiesel mais competitiva e sustentável.

Embora a literatura apresente diferentes estruturas para adoção de estratégias que consideram o desenvolvimento de fornecedores, agentes de canais de distribuição, a gestão ambiental na cadeia de suprimento (Hagelaar & van der Vorst, 2002 apud (Assumpção, 2003) e a proposição de métodos para avaliar o grau de sustentabilidade dos biocombustíveis (Amaral, 2010), verifica-se a necessidade de propostas sistêmicas para a gestão sustentável da cadeia, considerando aspectos abrangentes e que envolvam não somente a gestão ambiental, mas questões sociais, econômicas e políticas que afetam a cadeia, com vistas à definição de ações que contribuam para a melhoria do seu desempenho.

Tendo em vista a abrangência da pesquisa, serão analisados os fatores internos, isto é, aqueles diretamente associados aos elos da cadeia produtiva e ligados à produção da matéria-prima, logística, geração do produto e uso do mesmo, e fatores externos. Nesse caso, serão considerados os fatores que independem de ação interna, isto é, aqueles associados ao apoio financeiro e institucional do Estado, definidos por meio de políticas para o setor que visem à produção sustentável de biodiesel.

A pesquisa considerará o fato de que o tema proposto é atualmente alvo de várias discussões e que o mercado de energias renováveis, particularmente de biocombustíveis, ainda está em estado de formação e, por esse motivo, as informações mais relevantes deverão ser identificadas, analisadas e organizadas com o necessário rigor acadêmico.

1.2. Hipóteses orientadoras do estudo

Para a condução da pesquisa, tendo em vista as questões apresentadas, a principal suposição teórica é que existe um conjunto específico e característico de fatores determinantes para sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil. Dessa forma, o desenvolvimento, estruturação e análise sistemática dos fatores permitirão a segmentação dos processos que ocorrem na cadeia produtiva do biodiesel e o estabelecimento de políticas, ações e procedimentos que induzam ao aumento da competitividade do biodiesel brasileiro de maneira sustentável.

Considera-se que o desenvolvimento de uma metodologia que aborde as características específicas da cadeia produtiva do biodiesel, e a relação com os fatores que afetam a sua sustentabilidade e competitividade é de fundamental importância. Essa deve envolver as questões relacionadas às rotas tecnológicas, qualificações requeridas, mercado, infraestrutura, questões ambientais, econômicas e sociais, relação com o governo e usuários, marco legal, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de matéria-prima, barreiras à entrada, entre outras a serem analisadas durante a pesquisa.

Assim, a metodologia adotada considerará os dados e informações obtidos junto aos principais agentes e elos da cadeia produtiva do biodiesel, bem como o conhecimento relevante produzido a respeito do tema para, por meio de levantamentos e do uso de técnicas de estatística multivariada, determinar um conjunto de fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia.

A abordagem, com as devidas adaptações, poderá ser utilizada para a exploração dos fatores determinantes de outras cadeias produtivas, especialmente aquelas relacionadas à produção de biocombustíveis em geral.

Dessa forma, são apresentadas as seguintes hipóteses da pesquisa:

> **Hipótese 1***: existe um conjunto específico e característico de fatores que são determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil.*

Essa hipótese sugere que os fatores não têm o mesmo peso em termos de importância (determinância) na sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

> **Hipótese 2***: a partir dos fatores determinantes é possível identificar, princípios, critérios, indicadores para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.*

De acordo com essa hipótese, os fatores determinantes podem ser o ponto de partida para a identificação de princípios, critérios e indicadores para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

> **Hipótese 3**: *a partir de indicadores associados às dimensões da sustentabilidade e aos fatores determinantes é possível medir o nível de sustentabilidade e vulnerabilidade da cadeia produtiva do biodiesel do Brasil em relação ao nível de sustentabilidade das cadeias de outros países produtores de biodiesel.*

De acordo com essa hipótese, os resultados dos indicadores ambientais, sociais e econômicos associados aos fatores determinantes podem fornecer meios para comparar o nível de sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil, e, dessa forma, evidenciar os pontos fortes e as lacunas a serem preenchidas para o seu desenvolvimento.

> **Hipótese 4:** *a partir do uso de indicadores relacionados aos fatores determinantes é possível categorizar e avaliar os riscos que podem influenciar a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.*

De acordo com essa hipótese é possível identificar riscos associados aos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. A suposição é que se os riscos forem adequadamente tratados os resultados dos indicadores a eles associados e a sustentabilidade da cadeia produtiva podem ser continuamente melhorados.

> **Hipótese 5:** *a análise dos riscos associados aos fatores determinantes possibilita identificar ações específicas e formular diretrizes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.*

Os resultados da presente pesquisa pretendem proporcionar aos eventuais interessados um conjunto de parâmetros inter-relacionados, que associados aos elos da cadeia produtiva e às dimensões de sustentabilidade, poderão contribuir para reduzir o risco na tomada de decisão sobre as operações na cadeia. Além disso, os resultados poderão proporcionar um método para a identificação de fatores, princípios, critérios e indicadores em cadeias com funcionamento similar ao da cadeia produtiva do biodiesel.

A tese será baseada nas hipóteses acima apresentadas que, fundamentadas no referencial teórico, poderão ou não ser validadas durante a pesquisa. Os resultados da análise das hipóteses acima apresentadas serão descritos na Seção 8.1.

1.3. Objetivos do estudo

Considerando o cenário apresentado, as questões da pesquisa, bem com as hipóteses levantadas e, guardadas as devidas limitações metodológicas, os objetivos desta pesquisa estão associados a uma visão abrangente do tema proposto, possuindo relação direta com o seu conteúdo. Assim, considerando a relevância do tema, esta pesquisa tem como objetivos:

a) Conduzir uma revisão bibliográfica sobre o conhecimento relevante a respeito de cadeias produtivas em geral, fatores críticos de sucesso, desenvolvimento sustentável e gestão de riscos;
b) Buscar na literatura e junto aos especialistas envolvidos com a produção, distribuição e uso de biodiesel um conjunto preliminar de fatores críticos associados à cadeia produtiva do biodiesel, bem como sua relação com os aspectos que determinam o desenvolvimento sustentável, tomando como ponto de partida os aspectos sociais, econômicos e ambientais, entre outros fatores relevantes;
c) Elaborar uma classificação de um conjunto preliminar de fatores relevantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel, considerando os resultados obtidos da revisão bibliográfica e a opinião de especialistas no assunto;
d) Determinar um conjunto reduzido de fatores determinantes específicos e característicos para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil, considerando a utilização de técnicas estatísticas de análise multivariada de dados;
e) Analisar e compreender os fatores determinantes e seus impactos da cadeia produtiva do biodiesel;
f) Identificar conjuntos de indicadores associados aos fatores determinantes tomando como referência o método para identificação de princípios, critérios e indicadores (PCI);
g) Determinar índices de sustentabilidade com base na comparação dos resultados dos indicadores de um conjunto selecionado de países produtores de biodiesel;
h) Identificar os riscos associados à cadeia produtiva do biodiesel com base nos resultados dos indicadores que compõem os fatores determinantes; e

i) Sugerir e propor políticas e ações orientadas para: a) redução dos riscos e intensificação dos fatores determinantes que tenham impacto positivo na cadeia; e b) eliminação ou redução dos fatores que tenham impacto negativo, com vistas ao aumento da sustentabilidade e competitividade da indústria de biodiesel do Brasil.

Espera-se que este estudo contribua para o desenvolvimento de um modelo para avaliação da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel compatível com as exigências atuais relacionadas ao desenvolvimento sustentável, auxiliando, dessa forma, a tomada de decisão que tornem a produção de biodiesel no Brasil mais competitiva e preparada para a superação de eventuais barreiras técnicas ao comércio internacional.

1.4. Caracterização do estudo

Com relação aos objetivos, a classificação deste estudo não é absolutamente rígida, pois, dependendo da etapa considerada (Gil, 1999), o mesmo utilizará elementos e características de pesquisa exploratória, descritiva e explicativa.

Na etapa inicial, o estudo pode ser caracterizado como exploratório, pois se utilizará de levantamento bibliográfico e documental, além de entrevistas com especialistas e outras partes envolvidas, com o objetivo de fornecer uma visão geral e o embasamento teórico necessário para a sua condução, pois o conhecimento sobre o assunto ainda se encontra bastante disperso. Nessa etapa, serão analisados documentos e dados estatísticos sobre assuntos relacionados ao biodiesel e que sejam disponibilizadas por organizações nacionais e internacionais, tais como: a Agência Nacional do Petróleo (ANP), o Ministério das Minas e Energia (MME), no Brasil, a *Energy Information Administration (EIA)*, nos Estados Unidos e a *European Biodiesel Board*, na Europa. Essa abordagem é coerente com a definição de Yin (Yin, 2001), segundo a qual as pesquisas exploratórias se utilizam de diversas fontes de informação para investigar um fenômeno contemporâneo no seu contexto real, em situações em que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas.

Também é possível identificar elementos de pesquisa explicativa no estudo, pois a preocupação central é buscar os fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel, junto aos seus principais agentes. Essa abordagem se dará nas fases intermediárias e vai ao encontro do conceito de Gil (Gil, 1999) de que as pesquisas explicativas têm como finalidade “identificar os fatores que determinam ou contribuem para a

ocorrência dos fenômenos". Nessa ocasião, serão utilizados dados de uma amostra representativa dos principais agentes da cadeia produtiva do biodiesel, obtidos por meio da aplicação de questionários e que ainda não tenham sido tratados analiticamente.

Finalmente, por buscar identificar as relações entre variáveis presentes nas etapas da cadeia produtiva do biodiesel e fatores determinantes para a sua sustentabilidade, o estudo também possui elementos que permitem a sua classificação como descritivo.

1.5. Delimitação do estudo

As razões apresentadas a seguir, envolvem os aspectos de sustentabilidade, isto é, fatores econômicos, sociais e ambientais que influenciaram na escolha do tema e na delimitação do estudo à cadeia produtiva do biodiesel produzido a partir de óleos vegetais.

Do ponto de vista econômico, o desenvolvimento da cadeia produtiva do biodiesel, apresenta a perspectiva de geração de saldo na balança comercial brasileira, além da perspectiva futura de o Brasil se tornar exportador do produto (FGV/Ubrabio, 2010a; Silveira, 2011; Ubrabio, 2010). De fato, de acordo com o Ministério das Minas e Energia (MME), nos primeiros seis anos, desde o início do PNPB, o saldo acumulado na balança comercial foi de US$ 3,3 bilhões, resultando em divisas para o país (MME, 2011b). Além disso, dada a sua dimensão e diversidade, o mercado do biodiesel tem o potencial de ampliar o parque industrial do país e de trazer benefícios econômicos para toda a cadeia produtiva, incluindo o surgimento e evolução de empresas associadas aos seus elos (PNPB, 2004b), possibilitando o desenvolvimento regional (Mendes; Costa, 2010).

Do ponto de vista das questões sociais, a produção do biodiesel e as atividades relacionadas à sua cadeia produtiva, por ser intensiva em mão de obra, envolve o uso de diversas oleaginosas, apresentando-se, dessa forma, como uma atividade com alto potencial de geração de empregos, sobretudo para pequenos produtores, com impactos positivos para o país (Aranda, 2007; Mendes; Costa, 2010; MME, 2011a; PNPB, 2004b).

Com relação aos aspectos ambientais, o desenvolvimento da cadeia produtiva do biodiesel, contribui para a redução das emissões de gases do efeito estufa (Delgado, 2007; IEA/OECD, 2010; IPCC, 2011), (PIEPRZYK et al, 2009), pois o biodiesel pode substituir, mesmo que parcialmente, um combustível fóssil, com consequências para a redução da emissão de particulados e outros poluentes (Lima et al., 2008; Lobo et al., 2009; Mendes; Costa, 2010).

Como relação à delimitação às oleaginosas, a razão da escolha é que elas são as principais e mais empregadas fontes de matéria-prima no Brasil, com a predominância da soja[4], com 78,08% de participação na produção do biodiesel brasileiro (Amaral, 2009; ANP, 2014; Embrapa-Soja, 2011; Mourad, 2008; Pradhan et al., 2009). As demais matérias-primas utilizadas são: gordura bovina[5] (17,74%), gordura de frango (2,07%), óleo de algodão (0,34%), gordura de porco (0,45%), óleo de fritura (0,56%), e outros materiais graxos (0,76%) (ANP, 2014). Além disso, as oleaginosas são as matérias-primas que mais apresentam possibilidade de crescimento para a produção de óleo diesel (Amaral, 2009), potencial de desenvolvimento de inovações tecnológicas (Aranda, 2011; Carelli, 2010; Cepal, 2011; Massabki, 2009) e de aumento da produção regional, com a utilização de culturas diversificadas e eficientes para cada região, considerando, entre outros aspectos, as dificuldades de infraestrutura logística no Brasil (Aranda, 2011; Carriquiry et al., 2010; Conab, 2011; Costa, 2008; Duarte, 2010; Rodrigues, 2010; Valle, 2009). A Figura 1-1 é uma representação esquemática da localização das usinas (com e sem Selo Social[6]) (MME, 2013a) e dos estados onde as principais oleaginosas são cultivadas. Foram apresentadas as oleaginosas cuja produção é acompanhada pelo MAPA, no período de 1994 a 2009 (MAPA, 2009).

[4] O Brasil é o segundo produtor mundial de soja. Em 2012, a produção foi de cerca de 87,5 milhões de toneladas (26,5% da produção mundial) e a cultura ocupou uma área de 23,6 milhões de hectares, alcançando a produtividade média de 2.941 kg/ha. O maior produtor mundial é os EUA, com uma produção em 2012, de 89,5 milhões de toneladas, para uma área plantada de 30,9 milhões de hectares (SOYSTATS, 2011).

[5] Um excedente de sebo bovino tem sido gerado porque as indústrias que o utilizam não consomem todo o volume disponível, tornando-o a segunda matéria-prima mais empregada para a produção de biodiesel. Historicamente, o sebo possui um custo inferior ao dos óleos vegetais e tem sido uma solução atrativa para a produção de biodiesel (MME, 2011), embora, desde o início do PNPB tem havido uma valorização do produto devido, segundo o MME (2011), ao seu uso para a produção do biodiesel.

[6] O Selo Combustível Social é um conjunto de medidas que visam estimular a inclusão social da agricultura na cadeia produtiva do biodiesel. O enquadramento de projetos ou empresas no programa permite acesso à condições de financiamento junto ao BNDES e outras instituições financeiras e dá direito de concorrência em leilões de compra de biodiesel, entre outros benefícios.

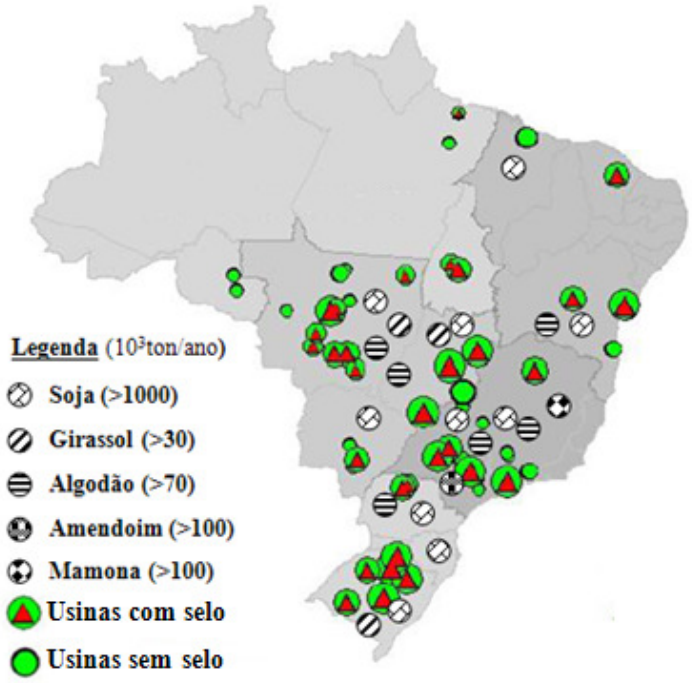


Figura 1-1 Distribuição das usinas e principais culturas de oleaginosas no Brasil[7]. **Fontes**: Usinas: (MME, 2013a); Oleaginosas: (MAPA, 2009)

Em resumo, a partir do escopo delimitado, o estudo terá como um dos objetivos principais propor formas de demonstrar que a produção de biodiesel no Brasil, a partir das matérias-primas mencionadas, tem condições de atingir os critérios de sustentabilidade e superar os obstáculos impostos por parte dos potenciais importadores do produto, (FGV/Ubrabio, 2010a; MAPA, 2009; Ubrabio, 2010); (Froufe, 2009; Mendes; Costa, 2010; Silveira, 2011). Para que isso ocorra, ações e políticas apropriadas devem ser estabelecidas e seguidas, com base na abordagem dos fatores determinantes que impactam no desenvolvimento desse importante setor da economia.

1.6. Estrutura geral da tese

Para alcançar os objetivos apresentados, o presente trabalho foi estruturado em sete capítulos cujos objetivos e conteúdos são apresentados a seguir.

O **Capítulo 1**, a presente **Introdução**, apresenta a motivação e as justificativas para o a abordagem do tema, assim como a contextualização do problema. Também são apresentados

[7] As quantidades entre parêntesis representam o critério adotado pelo autor para apresentar a produção por estado no período de 1994 a 2009. O MAPA não relaciona a produção de palma (dendê) por estado.

os objetivos, a caracterização e a delimitação do estudo, além da presente estrutura geral do trabalho.

O **Capítulo 2**, **Aspetos Gerais sobre o Biodiesel e sua Cadeia Produtiva**, apresenta as características gerais do biodiesel e as matérias-primas utilizadas para a sua produção; as especificações de qualidade; estrutura da cadeia produtiva do biodiesel; e mercado do biodiesel no Brasil e no Mundo, incluindo uma descrição sobre os leilões de compra de biodiesel. Trata ainda da importância da logística e os desafios e soluções envolvidos e de políticas para a produção sustentável de biocombustíveis.

O **Capítulo 3**, **Fundamentação Teórica**, apresenta um panorama descritivo dos aspectos teóricos e conceitos relacionados a cadeias produtivas e gestão de cadeias produtivas em geral, cooperação e inovação no contexto das cadeias produtivas, aspectos sobre desenvolvimento sustentável, fatores críticos de sucesso, método PCI (princípios, critérios e indicadores), e aspectos teóricos sobre gestão de riscos.

O **Capítulo 4**, **Metodologia Utilizada na Pesquisa**, apresenta os procedimentos e as etapas gerais para o desenvolvimento da proposta de modelo de avaliação da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel e sua aplicação em países selecionados.

O **Capítulo 5**, **Proposta de Modelo Teórico para a Avaliação da Sustentabilidade da Cadeia Produtiva do Biodiesel**, apresenta a descrição dos conceitos e ferramentas utilizadas para a determinação dos índices de sustentabilidade baseada em indicadores, suas similaridades e distâncias aos estados de referência. Inclui ainda uma adaptação do modelo de gestão de riscos aplicada ao contexto da cadeia produtiva do biodiesel. Os critérios adotados para a seleção de indicadores, estados de referência, bem como para os repositórios e bases de dados utilizadas são também apresentados nesse capítulo. Por fim, o capítulo inclui os critérios adotados para a avaliação da compatibilidade do sistema de indicadores selecionados e sua relação com as dimensões da sustentabilidade.

O **Capítulo** 6, **Proposta de Método para Identificação, Priorização e Tratamento dos Riscos Associados a Indicadores**, apresenta o detalhamento da adaptação da metodologia para identificação, priorização e tratamento de riscos para atender às características e necessidades do estudo e o contexto da cadeia produtiva do biodiesel.

O **Capítulo 7**, **Resultados e Discussões**, apresenta os resultados e discussões da aplicação do modelo apresentado na metodologia do presente estudo, com base nos objetivos e hipóteses orientadoras da pesquisa. Esse capítulo inclui os resultados e discussões de todas as etapas apresentadas na metodologia utilizada para o estudo.

O **Capítulo 8**, **Conclusões e Recomendações**, apresenta as conclusões finais da pesquisa realizada, bem como as recomendações decorrentes dos resultados obtidos e dos procedimentos realizados. Inclui ainda considerações finais e propostas para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema.

2 ASPECTOS GERAIS SOBRE O BIODIESEL E SUA CADEIA PRODUTIVA

2.1 Biodiesel: características, matérias-primas e produção

2.1.1 Características gerais do biodiesel

A discussão sobre biocombustíveis e, em particular sobre o biodiesel, inicia-se, inevitavelmente, pela definição de energia, isto é, a capacidade de realizar trabalho a partir de várias fontes: calor (energia térmica), luz (energia luminosa), elétrica, química, nuclear e gravitacional (EIA, 2010b), podendo essas ser renováveis ou não renováveis e provocar diferentes impactos no meio ambiente.

O biodiesel é um combustível de fonte renovável, não tóxico, biodegradável, composto de alquilésteres de ácidos graxos[8] de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais (ANP, 2011c; Vasudevan; Fu, 2010), se caracterizando como um exemplo do emprego de biomassa para a produção de energia (Lobo et al., 2009). Como uma fonte de energia renovável, o biodiesel apresenta muitas vantagens em relação ao seu impacto no meio ambiente. Comparado ao óleo diesel de petróleo, o biodiesel produz menos poluentes e materiais particulados como monóxido de carbono, dióxido de enxofre, hidrocarbonetos e outros materiais tóxicos; possui também desvantagens como aumento da emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x), embora em níveis não elevados (EIA, 2011b). O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclo diesel automotivo ou estacionário, podendo ser usado puro ou misturado ao diesel do petróleo em diversas proporções.

Uma importante vantagem associada aos biocombustíveis é a sua capacidade de reduzir os efeitos da emissão de CO_2. Um estudo publicado pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) (IEA/OECD, 2010) estimou que as fontes renováveis e os biocombustíveis poderiam contribuir com 3 a 4% de redução dos níveis de emissões em 2030. De acordo com a OCDE, no melhor cenário estabelecido como meta, as emissões

[8] Os principais componentes dos óleos vegetais e gorduras animais são os triglicerídeos, isto é, ésteres de ácidos graxos com glicerol, também conhecida como glicerina. Os triglicerídeos dos óleos vegetais e de gorduras animais contêm diferentes tipos de ácidos graxos com diferentes propriedades químicas e físicas. O perfil do ácido graxo é, provavelmente, o parâmetro que mais afeta as propriedades dos óleos vegetais e gorduras animais utilizados na produção do biodiesel (Gnothe; Gerpen, 2005)

seriam limitadas a 450 PPM, com a consequente redução do aquecimento global ao limite de 2 ^{o}C [9].

O biodiesel também pode gerar coprodutos de grande valor comercial, incluindo produtos alimentares para animais (EIA, 2011b; Lima et al., 2008) e glicerina. Nesse aspecto, Aranda (2009b) aponta o fato de o biodiesel ser "refém" da glicerina como a sua maior fragilidade, pois, para a maior parte das fábricas, esse produto tem sido mais um problema do que um coproduto que poderia ser utilizado como uma segunda fonte de recursos. Uma das soluções apontadas por Aranda para possível solução desse problema é a produção de hidrogênio a partir do glicerol, com a restrição de que somente glicerina pura poderia ser usada (Aranda, 2009a;2009b). De acordo com Aranda (2009), o hidrogênio produzido dessa forma poderia ser empregado em vários processos na produção de derivados de petróleo, na indústria de tintas e solventes, alimentícia, e de cosméticos, com a vantagem de descentralizar a produção de hidrogênio e possibilitar a redução dos custos de transportes, problemas, atualmente, associados à produção de hidrogênio a partir do gás natural.

Em adição aos efeitos associados à redução de emissão de poluentes e do fortalecimento das cadeias de matérias-primas utilizadas para a sua produção, o biodiesel vem gerando um saldo positivo na balança comercial brasileira, desde o início do PNPB. Conforme mencionado na seção 1.5, nos seis primeiros anos do Programa, o saldo acumulado foi de US$ 3,3 bilhões, conforme dados do Ministério das Minas e Energia (MME, 2011b) (Figura 2-1).

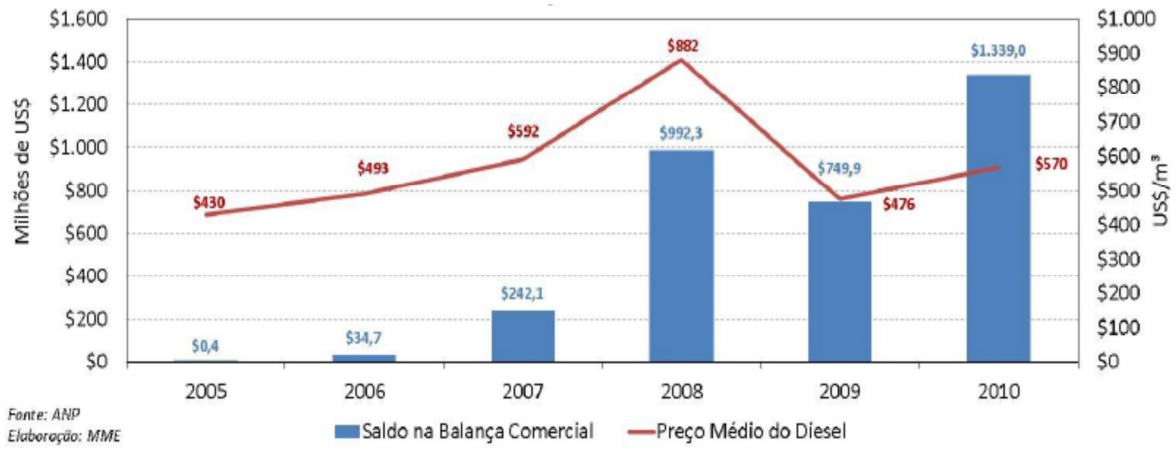


Figura 2-1 Saldo na balança comercial brasileira (2005-2010). **Fonte**: (MME, 2011b)

[9] Para os cenários estabelecidos, o estudo apontou outros quatro fatores e respectivas contribuições para a redução de emissões: eficiência (exemplo: uso de veículos elétricos ou híbridos) (50-53%), outras fontes renováveis (18-21%), energia nuclear (9%) e captura e sequestro de carbono (15-20%) (IEA/OECD, 2010).

O biodiesel apresenta um dos melhores balanços energéticos dentre os combustíveis em geral. Um estudo conduzido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Pradhan et al., 2009) realizou um inventário do ciclo de vida do biodiesel e conclui que o *balanço energético*[10] do biodiesel de soja é positivo, gerando-se 4,56 vezes mais energia renovável do que a energia de combustíveis fósseis utilizada para a sua produção (Pradhan et al., 2009). No Brasil, estudo similar, também para o caso da soja, foi conduzido por Mourad (Mourad, 2008), tendo sido obtido um balanço positivo de 3,0.

O estudo americano revelou ainda que houve uma significativa melhora em relação ao balanço realizado em 1998 que era 3,2 (Pradhan et al., 2009), creditada, segundo os autores, à modernização das plantas para produção do biodiesel e à sua melhor capacidade de medir a energia utilizada. Para ter uma dimensão desse número, os resultados de balanços energéticos realizados com outras fontes de energia são apresentados na **Tabela 2-1**.

Tabela 2-1 Resultados do balanço energético para alguns combustíveis

Combustível	Resultado do balanço energético	Bibliografia
Gasolina	0,805	(MDA, 2011)
Diesel	0,843	
Etanol	1,34	
Biodiesel (soja, Brasil)	3,0	(Mourad, 2008)
Biodiesel (soja, EUA)	4,56	(Pradhan et al., 2009)

Fonte: (MDA, 2011); (Pradhan et al., 2009).

As propriedades físicas mais importantes que tornam o biodiesel similar ao óleo diesel de petróleo são apresentadas no Quadro 2-1.

Quadro 2-1 Principais propriedades físicas e químicas do biodiesel

Propriedades físicas e químicas		Descrição
Físicas	Índice de cetano	Está relacionada com a qualidade da combustão de um motor Diesel. Quanto maior esse índice melhor será a combustão no motor, isto é, mais rápida será a sua ignição. Em média o índice de cetano do biodiesel (60) é maior que o índice do óleo diesel do petróleo (48 a 52), o que torna a queima do primeiro no motor Diesel melhor do que o segundo.

[10] De acordo com Mourad (2008), existem duas formas distintas de calcular o balanço energético: a primeira, chamada de *razão de energia líquida*, que considera a razão entre a energia gerada pelo combustível e a soma do conteúdo energético de todos os insumos no ciclo de vida útil do produto; e a segunda, chamada de *fator de renovabilidade (FR)*, que é a razão entre a energia gerada pelo combustível e o consumo apenas dos combustíveis fósseis (MOURAD, 2008).

	Viscosidade e Densidade	Essas propriedades influenciam na circulação e injeção do combustível. A semelhança dos valores dessas propriedades entre o biodiesel e o óleo diesel fóssil torna desnecessária a realização de adaptações no sistema de injeção dos motores. A viscosidade fornece uma medida da resistência ao fluxo do líquido devido à fricção entre as partes móveis e afeta a pulverização do óleo no interior da câmara de combustão e a formação de depósitos no motor.
	Lubricidade	É uma propriedade importante para os motores Diesel que requerem um alto grau de escoamento; fornece o grau de poder de lubrificação de uma substância e depende de outras propriedades físicas como viscosidade e tensão superficial. Essa é uma característica importante para o bom desempenho, principalmente, dos injetores e alguns tipos de bombas injetoras.
	Ponto de névoa e ponto de fluidez	O ponto de névoa é o ponto em que o biodiesel ao esfriar começa ficar turvo. O ponto de fluidez é o limite a partir do qual o biodiesel não mais escoa livremente. Ambos as propriedades variam de acordo com a matéria-prima e com o álcool utilizado na transesterificação.
	Ponto de fulgor	É a temperatura em que o biodiesel se torna inflamável na presença do fogo. Geralmente, o ponto de fulgor do biodiesel é superior à temperatura ambiente, tornando-o não inflamável nas condições normais de armazenamento e transporte. É por essa razão que o biodiesel pode ser utilizado em embarcações.
	Poder calorífico	Apresenta a quantidade de energia contida no combustível por unidade de massa. O poder calorífico do biodiesel é próximo (cerca de 5%) do óleo diesel obtido a partir do petróleo.
Químicas	Teor de enxofre	Quando o enxofre está presente no combustível ele pode ser oxidado formando o dióxido de enxofre e o trióxido de enxofre. Esses óxidos por sua vez podem reagir com vapor d'água formando ácido sulfúrico e outros sulfatos que elevam o nível de emissão de partículas. O teor de enxofre do biodiesel obtido a partir do óleo de soja é bastante baixo. Por outro lado, é bastante considerável para o biodiesel obtido a partir de gorduras animais.
	Poder de solvência	Indica o grau de solvência do combustível. O biodiesel, por ser uma mistura de ésteres de ácidos carboxílicos, tende a apresentar altos graus de solvência e a solubilizar muitas substâncias orgânicas, incluindo resinas que compõem as tintas da pintura dos veículos.

Fonte: (Radich, 2004); (Gnothe; Gerpen, 2005); (Parente, 2006a)

2.1.2 Matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel

De acordo com Ramos (Ramos, 2008b), a *disponibilidade de matéria-prima* é um dos principais gargalos da cadeia produtiva do biodiesel, o que tem provocado debates sobre como o aumento da demanda por matéria-prima poderá ser atendido a custos competitivos, sem inflacionar o mercado de *commodities* e sem possibilitar questionamentos sobre a sustentabilidade da produção brasileira.

Em geral, as fontes de matérias-primas e insumos para a produção do biodiesel envolvem triglicerídeos, catalisador e álcool, conforme observado na Figura 2-2.

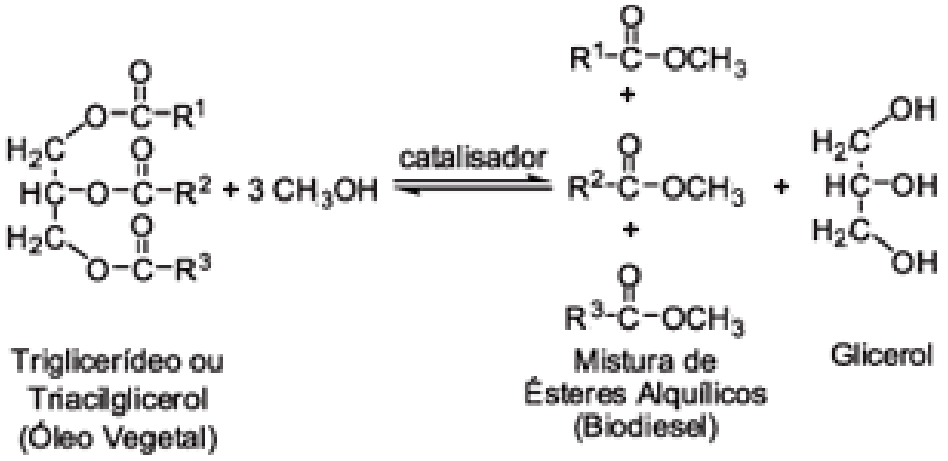


Figura 2-2 Reação de transesterificação e matérias-primas envolvidas na produção do biodiesel. **Fonte:** (Gnothe; Gerpen, 2005).

O álcool é o agente de transesterificação do óleo vegetal ou da gordura animal e define alguns aspectos tecnológicos do processo de produção do biodiesel (Khalil, 2006). É em função do álcool e dos seus parâmetros de consumo, condições de reação e de separação que é definida a rota tecnológica etílica, quando é usado o etanol, ou metílica, quando se usa o metanol (Khalil, 2006). Em geral, a rota etílica é a que oferece as melhores condições para a produção de biodiesel, considerando fatores como consumo de álcool *versus* rendimento em biodiesel, questões de oferta, logística e segurança operacional (Khalil, 2006).

Os catalisadores são os promotores da reação química devido à sua alta atividade. Os catalisadores mais utilizados na produção do biodiesel são os alcalinos, como metóxidos e etóxidos de sódio e de potássio. Também podem ser utilizados catalisadores sólidos e catalisadores enzimáticos, como as lipases, esses últimos em fase de desenvolvimento (Khalil, 2006).

Entre as matérias-primas à base de triglicerídeos utilizadas na produção do biodiesel estão os óleos vegetais, gordura animal, e óleos ou gorduras residuais (ANP, 2014; BiodieselBR, 2011; Vasudevan; Fu, 2010). No Brasil, diversas espécies vegetais podem ser utilizadas para a produção, sendo a soja a mais comum, com 78,08% de participação[11] (**Figura 2-3**), sendo também usados algodão, mamona, dendê, girassol, babaçu, amendoim e o pinhão manso, dentre outras. Nesse aspecto, uma importante característica do Programa Nacional de

[11] A participação da soja no Brasil tem oscilado ao longo dos anos na faixa de 75% a 85%. Essa oscilação é explicada por fatores como época de colheitas de matérias-primas e variações de preço - (FGV/Ubrabio, 2010a)

Produção do Biodiesel é que ele não é restritivo, tornando possível o uso de várias fontes de matérias-primas, ainda que as mesmas tenham suas características próprias, desde que sejam atendidas as especificações definidas pela ANP.

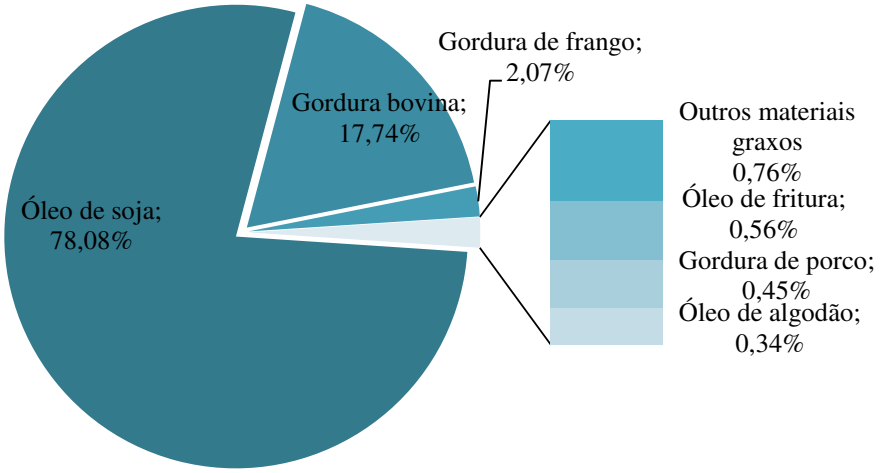


Figura 2-3 Matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil. **Fonte**: (ANP, 2014). Referência: Jun./2014.

De acordo com Khalil (Khalil, 2006), a escolha da cultura de oleaginosa requer o atendimento de critérios que começam pela elaboração de um plano agrícola e deve contemplar aspectos como sazonalidade, potencialidade regional, produtividade e risco da cultura, além de critérios técnicos como, por exemplo, o teor de óleo da oleaginosa. Tais critérios devem considerar a integração dos fatores econômicos, sociais e ambientais ao longo da cadeia produtiva do biodiesel.

Para Araújo (Araújo, 2005), a seleção da matéria-prima ideal resulta de condições baseadas em fatores econômicos, mas também da garantia da qualidade do produto, conforme especificações, isto porque o desempenho do sistema de injeção dos motores pode ser influenciado por características decorrentes do tipo e condições da matéria-prima empregada e processos utilizados para a produção do biodiesel, como é o caso da massa específica e da viscosidade.

Devido a sua biodiversidade, o Brasil ocupa um lugar de destaque no mundo, sendo um dos poucos países onde podem ser encontradas diversas fontes potenciais de matérias-primas que podem ser utilizadas para a sua produção. Essa característica fornece ao país a possibilidade de descentralizar a produção do biodiesel, o que é considerado um fator estruturante para o desenvolvimento de pólos de produção de oleaginosas (FGV/Ubrabio, 2010a). Além disso, a grande variedade de fontes de matérias-primas permite a diversificação da cadeia produtiva

do biodiesel, que pode contar com várias opções de oleaginosas, de acordo com as diversas regiões, clima e solo. Por esse motivo, o país tem priorizado as oleaginosas, sobretudo aquelas que possam contribuir com a geração de empregos e com o processo de inclusão social de populações que ainda estão à margem do processo de desenvolvimento (MME, 2011a).

Nesse sentido, um exemplo do uso da tecnologia para auxiliar os produtores de oleaginosas é o Zoneamento de Risco Climático, que é uma ferramenta que vem sendo utilizada para auxiliar o plantio de oleaginosas e ajudar os produtores a encontrar a cultura que mais se adapta à sua região, considerando, além disso, a melhor época para o plantio. O zoneamento considera fatores de risco naturais (risco de seca, granizo, geadas, chuvas, etc.) e, com base em séries climáticas históricas acumuladas ao longo dos anos, tem o objetivo de minimizar as perdas para os agricultores (Massabki, 2009).

A matéria-prima é responsável por aproximadamente 75% (Timmerman, 2006) do custo de produção do biodiesel (Figura 2-4). Isso significa que, para reduzir custos e tornar o biodiesel mais competitivo, é necessário investir em tecnologia e em estudos que considerem outras oleaginosas ou outras fontes alternativas para a sua produção[12]. Uma solução utilizada pela Argentina, por exemplo, é a utilização de 100% de soja transgênica (Aranda, 2011) que apresenta mais benefícios devido à redução de custos de produção, facilidade de manejo e aumento da produtividade.

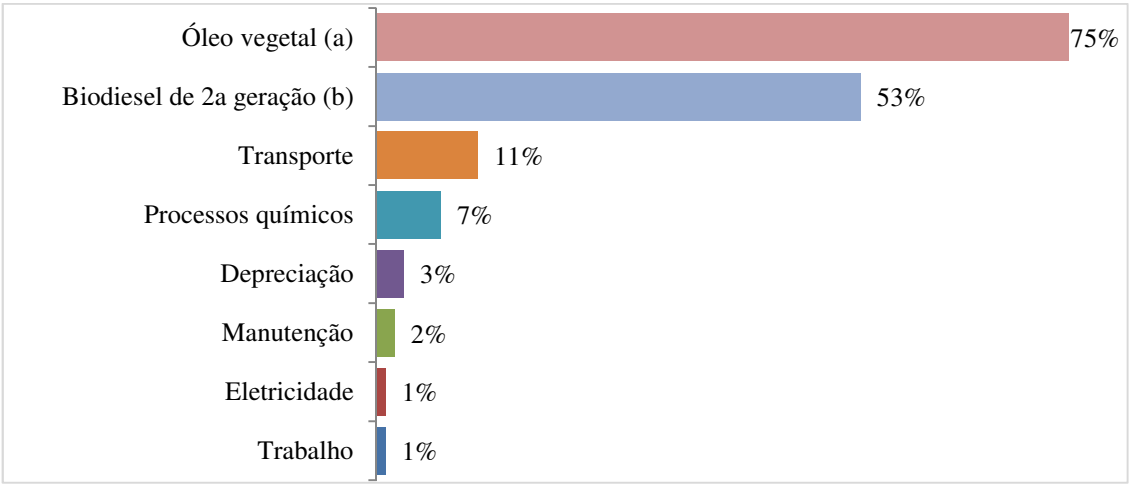


Figura 2-4 Custos de produção do biodiesel. **Fontes**:[a] (Morgan Stanley-Seattle Times, 2006); [b] (Carriquiry et al., 2010) (45-58%)[13]

[12] Outros itens têm importante contribuição no custo do biodiesel. É o caso do transporte que será discutido adiante.

[13] Os valores dependem da eficiência do sistema e da tecnologia aplicada.

As matérias-primas como óleo de soja, girassol, gordura animal, óleo de algodão, entre outras, são utilizadas para produzir o que se convencionou chamar de biodiesel de primeira geração[14].

Existem várias alternativas de produção que utilizam resíduos de biomassa, como madeira, cascas de plantas, folhas e palha, e que são materiais mais abundantes e vantajosos. Uma delas é o chamado biodiesel de segunda geração. Contudo, o rendimento desses combustíveis é ainda reduzido e requer tecnologia complexa, mas que tem sido objeto de estudos e espera-se que as pesquisas nessa área avancem consideravelmente (BiodieselBR, 2008b; Carriquiry et al., 2010).

Existem, ainda, os biocombustíveis de terceira geração. Um exemplo desse tipo de biocombustível é o biodiesel produzido a partir de microalgas, que têm entre suas vantagens a capacidade de acumular entre 60 e 80% do seu peso em ácidos gordurosos (Olivier Bernard, 2008 apud (BiodieselBR, 2008a), o que cria a expectativa entre os pesquisadores de que a produtividade dessa matéria-prima seja cerca de 30 vezes superior ao dos combustíveis de primeira geração.

Existem, entretanto, alguns problemas a serem equacionados quanto aos procedimentos adotados para a produção de biodiesel a partir de microalgas. Nesse caso, será necessário estabelecer técnicas adequadas de seleção das espécies, de forma a obter variedades que possam crescer mais rápido e armazenar mais lipídios, além dos procedimentos necessários para modificar o seu metabolismo e, finalmente, extrair o óleo nelas armazenado para produzir o biodiesel (BiodieselBR, 2008a). Por enquanto, os custos para extração do óleo das microalgas ainda é alto, situando-se entre 9 e 12 US$/litro (Carriquiry M. et al, 2010; Infante & Tobon, 2010; Bagenesic & Pascale, 2010 apud (Cepal, 2011)[15].

---

[14] A definição para os termos biocombustíveis de primeira, segunda e terceira geração é baseada na matéria-prima utilizada para a sua produção (WORLD BANK, 2010). Os biocombustíveis de primeira geração são aqueles que usam, principalmente, grãos, sementes ou plantas como milho, cana-de-açúcar ou canola e, geralmente, requerem processos relativamente simples para a produção. Os combustíveis de segunda geração são produzidos a partir de uma maior variedade de fontes que não são usadas para fins de alimentação, como biomassa, incluindo resíduos de culturas ou florestas (espigas de milho, cascas de arroz, serragem, etc.) e vegetais (árvores de crescimento rápido, gramíneas, etc.). A segunda geração usa tecnologias biomassa para líquido (*BtL*), conversão termoquímica (para produzir biodiesel) ou fermentação (para produção de etanol celulósico). Uma série de combustíveis de segunda geração, como biohidrogênio, biometanol, DMF, bio-DME, Firscher-Tropsch diesel, entre outros, ainda está em desenvolvimento. Os biocombustíveis produzidos a partir de microalgas são considerados biocombustíveis de terceira geração. Outros combustíveis de terceira geração incluem: biopropanol ou biobutanol e muitos deles ainda estão em desenvolvimento. (UNEP, 2009)

[15] De acordo com o mesmo estudo os custos em US$/litro para extração do óleo do pinhão-manso (Jatropha),

Várias inovações tecnológicas relacionadas à obtenção de matérias-primas e ao processo de produção dos biocombustíveis, e, em particular do biodiesel, têm sido geradas ao redor do mundo. É o que demonstra um estudo publicado pela Comissão Econômica para a América Latina (Cepal) (Figura 2-5). O estudo considerou que o número de patentes registradas é um indicador da evolução da geração de inovações e identificou 603 patentes relacionadas somente à produção de biodiesel[16]. No estudo, a China detém o maior número delas, 276, enquanto que o Brasil aparece em 6º lugar, com 16 patentes (Cepal, 2011).

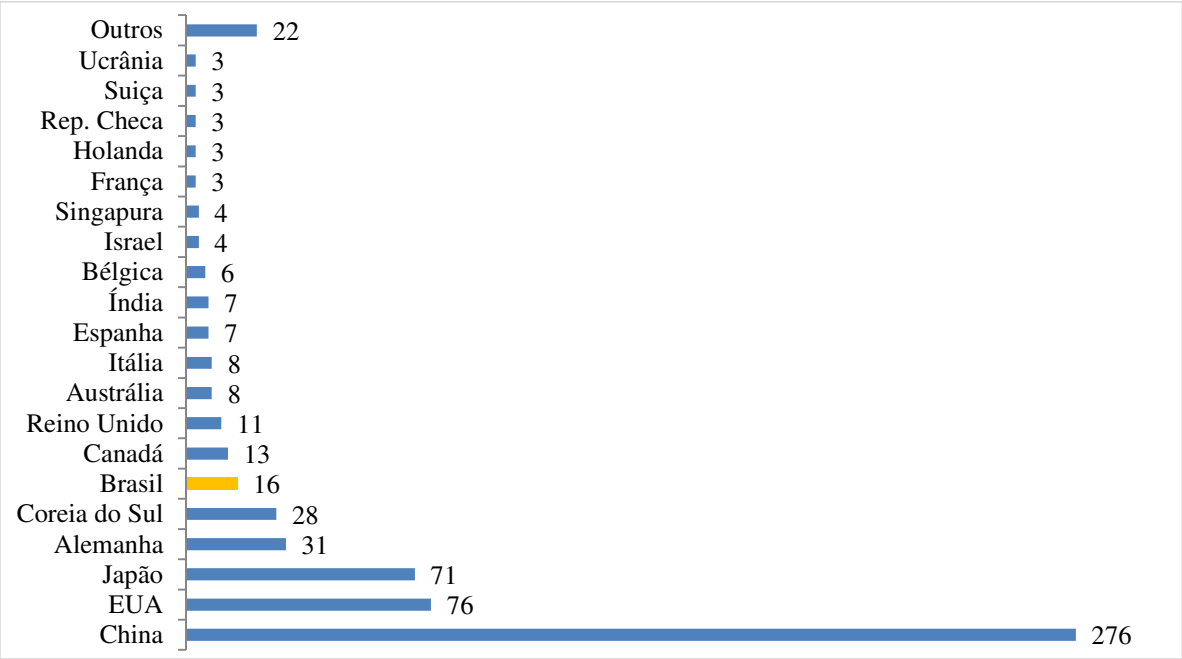


Figura 2-5 Número de patentes associadas à produção de biodiesel (2006-2010). **Fonte**: o autor, com dados da (Cepal, 2011)

2.1.3 Produção e especificações de qualidade

O processo utilizado para refinar a matéria-prima transformando-a em biodiesel é um dos fatores que determinam o seu atendimento às especificações técnicas aplicáveis e, portanto, a sua qualidade. Outros fatores influenciam a qualidade do biodiesel, destacam-se (Gnothe; Gerpen, 2005):

---

soja e palma, são, respectivamente, 0,32, 0,47 e 0,60. No caso do pinhão-manso, há, de acordo com o estudo da CEPAL, uma grande dispersão nos custos devido à variedade da planta e à sua cultura ser intensiva em mão de obra.

[16] O estudo também apresenta o número de patentes na produção de etanol no período de 2006 a 2010. Nesse caso, a China está também em primeiro lugar (230 patentes), os EUA em 2º (214), o Japão em 3º (153) e o Brasil aparece em 13º lugar com 10 patentes. Os demais países somam 219 patentes.

a) A qualidade da matéria-prima;
b) O pré-tratamento da matéria-prima;
c) A composição em ácidos graxos do óleo vegetal ou da gordura animal empregados na produção;
d) Utilização de materiais alternativos no processo; e
e) Parâmetros posteriores à produção.

O atendimento às especificações de qualidade garante que o biodiesel pode ser empregado em motores sem qualquer necessidade de modificações e sem comprometer a sua durabilidade e confiabilidade. Essas especificações devem ser atendidas mesmo nos casos em que houver mistura com o óleo diesel (Gnothe; Gerpen, 2005) e são fornecidas por métodos padronizados.

As especificações dependem das propriedades das matérias-primas empregadas e outras dependem da qualidade obtida a partir do processo de fabricação. Nesse sentido, Ramos (Ramos, 2009) considera importante fazer a distinção entre os problemas inerentes às matérias-primas e aqueles oriundos do processo de fabricação, evidenciando, nesse último caso, a necessidade de implementação de procedimentos para a tomada de ações corretivas quando da ocorrência de desvios no processo de produção.

No Brasil, as especificações de qualidade para o biodiesel nacional ou importado a ser comercializado, bem como os métodos para a determinação das suas características técnicas, são estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Para isso, são adotadas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou normas internacionais, como é o caso da *ASTM* (*American Society for Testing and Materials), ISO (International Organization for Standardization*) e *CEN* (*Comité Européen de Normalisation*).

De acordo com a ANP, o biodiesel só pode ser liberado para comercialização após a emissão de um certificado de qualidade indicando, entre outras informações, a data da produção, matérias-primas empregadas, e resultados das análises relativas às especificações pré-estabelecidas (ANP, 2008).

2.2 Estrutura da cadeia produtiva do biodiesel

As empresas pertencentes à cadeia produtiva do biodiesel podem ser classificadas em integradas, parcialmente integradas ou não integradas (Mendes; Costa, 2010). As empresas

integradas são as que plantam ou comercializam a matéria-prima, esmagam o grão em unidades de processamento próprias para produzir o óleo vegetal e o biodiesel, com base no óleo produzido. Esse tipo de empresa é mais diversificado, pois têm a opção de vender o grão, o óleo ou o biodiesel, optando por comercializar os produtos que ofereçam melhores margens de acordo com as condições do mercado. As empresas parcialmente integradas não plantam nem comercializam a matéria-prima, mas possuem unidades de esmagamento e produção de biodiesel, podendo comercializar ambos os produtos. As empresas não integradas produzem, única e exclusivamente, o biodiesel a partir da utilização de matérias-primas adquiridas do mercado, portanto, geralmente, com preços maiores e não a custo de produção, como as demais empresas. Em geral, o foco dessas empresas é o mercado do biodiesel e elas precisam operar em condições rígidas, para evitar paradas, comuns em empresas de produção flexível.

A produção do biodiesel é caracterizada por ser pulverizada e competitiva, com vários produtores, sem que nenhum deles possua uma parcela significativa do mercado (Mendes; Costa, 2010). De acordo com dados da ANP, a empresa com a maior parcela possuía, em 2010, 14,5% do mercado. Na Figura 2-6 é apresentado o *market share* dos principais produtores de biodiesel no Brasil em 2010.

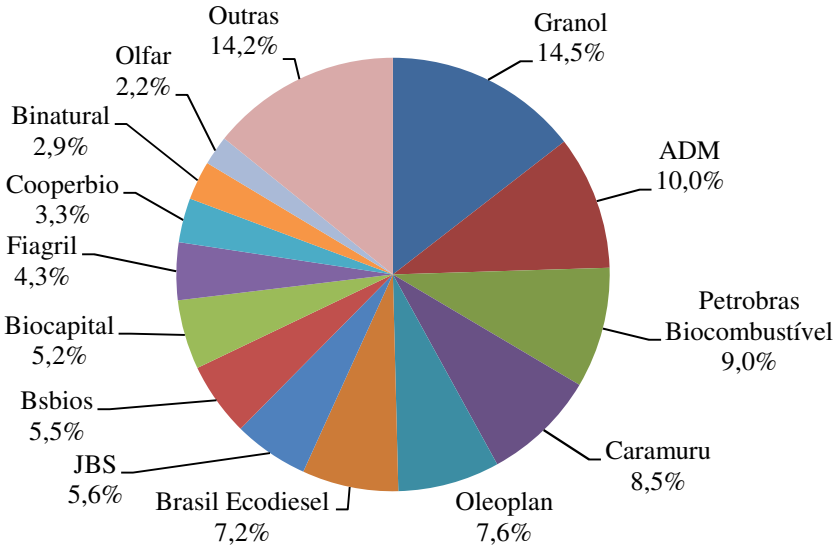


Figura 2-6 *Market share* dos principais produtores de biodiesel no Brasil – 2010. **Fonte**: elaborado pelo autor, com dados da ANP (ANP, 2011d)

Por outro lado, o mercado de distribuição de óleo diesel é bastante concentrado, sendo que quatro empresas detêm 80% do mercado, e uma delas, a BR Distribuidora, é dona de cerca de 40% do mercado de distribuição, conforme apresentado na Figura 2-7.

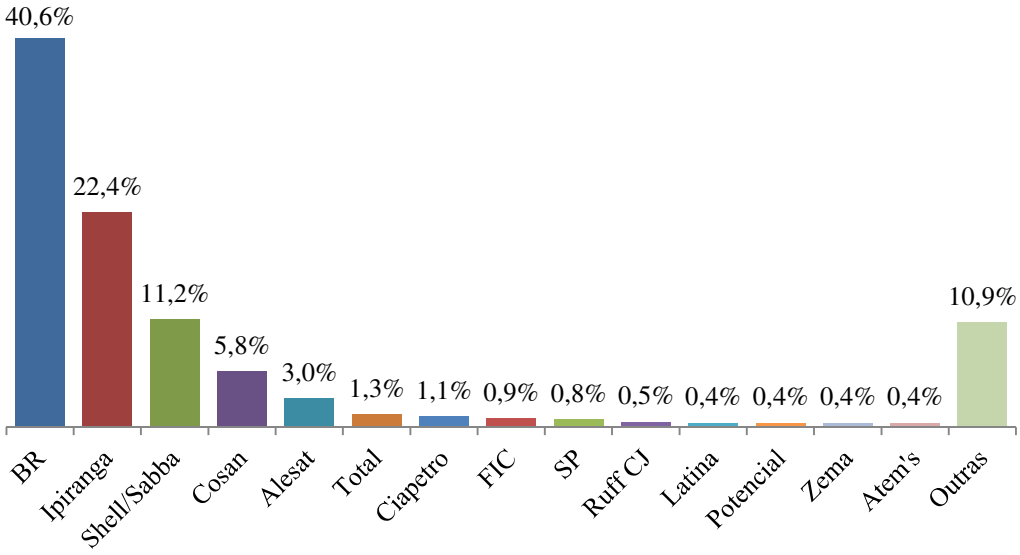


Figura 2-7 *Market share* das principais distribuidoras de óleo diesel no Brasil – 2010. **Fonte**: elaborado pelo autor, com dados da ANP (2011d)

A cadeia produtiva do biodiesel é formada por uma série de agentes que estão associados às etapas da cadeia e inseridos num ambiente institucional e organizacional, envolvendo um conjunto de leis, regulamentos e normas. Os agentes da cadeia podem ser instituições e organizações públicas e privadas, internacionais, nacionais, regionais e locais responsáveis por promover as condições para o seu desenvolvimento e evolução (Gollo et al., 2010).

Em geral a cadeia produtiva do biodiesel apresenta o aspecto representado na Figura 2-8. Nela são mostrados os principais elos, que são: a produção e extração da matéria-prima, o seu transporte para as unidades processadoras e produtoras de biodiesel, a distribuição do biodiesel produzido e a revenda ao consumidor final.

Figura 2-8 Esquema geral da cadeia produtiva do biodiesel. **Fonte**: o autor, a partir de (DOE/EERE, 2010)

Vários estudos têm abordado a cadeia produtiva dos biocombustíveis, em particular, a cadeia do biodiesel, e as questões a ela relacionadas (Buainain; Batalha, 2007; FGV/Ubrabio, 2010a; Galiassi; Scur, 2008; Pradhan et al., 2009; Radich, 2004; Silva, 2005), entre outros.

Associados aos elementos esquematizados na Figura 2-8 existem aspectos ambientais, sociais e econômicos, e maneiras de integrá-los para alcançar o desenvolvimento sustentável. Esses aspectos incluem questões relacionadas às mudanças climáticas e emissões, uso da terra, empregabilidade, disponibilidade de alimentos, entre outros.

Uma abordagem da cadeia produtiva, compatível com a realidade brasileira, é apresentada na Figura 2-9, idealizada por Araújo (Araújo, 2005). Nela são representados, entre outros exemplos, aspectos regulatórios, tecnologias de processamento de matéria-prima e proporções de mistura[17]. Por exemplo, na Figura 2-9 é mostrado que a comercialização direta do *produtor de biodiesel* ao *revendedor* não é permitida, de acordo com regulamentos estabelecidos pela ANP (ANP, 2008).

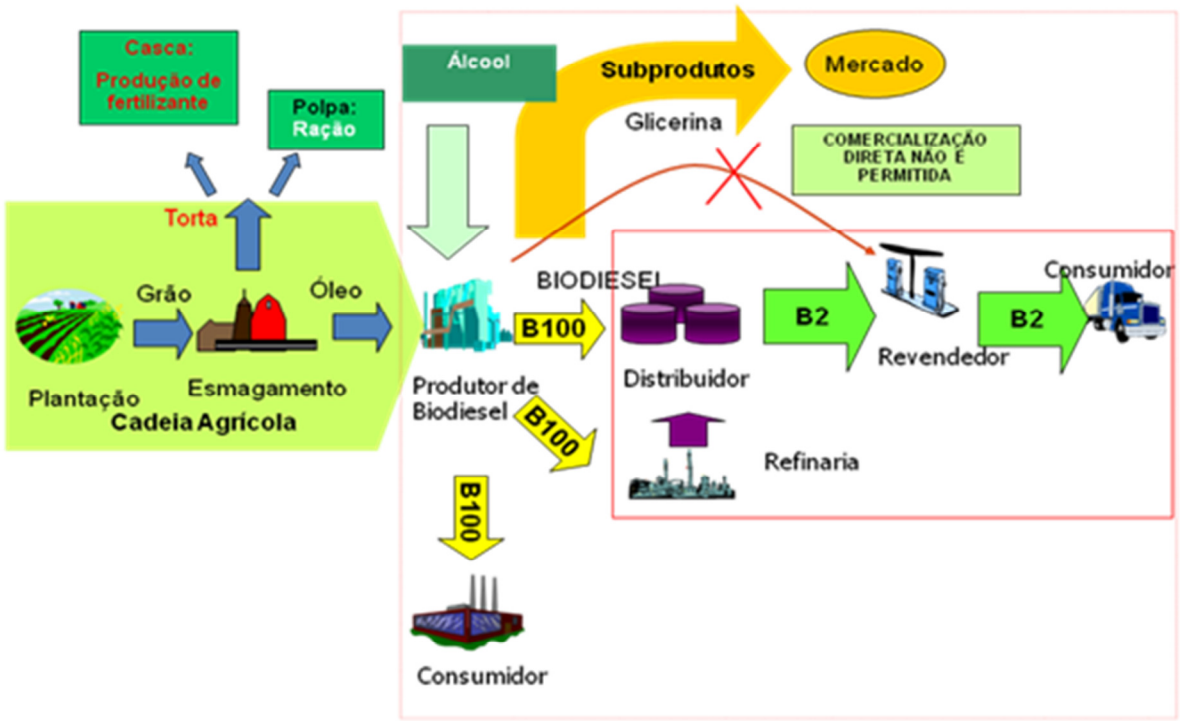


Figura 2-9 Cadeia produtiva do biodiesel. **Fonte**: (Araújo, 2005)

A gestão da cadeia produtiva e sua relação com os objetivos do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) apresentam alguns desafios que estão intimamente associados aos elos e agentes que a compõem. Os princípios orientadores do PNPB, na sua

[17] A nomenclatura BX refere-se ao percentual de mistura de biodiesel no óleo diesel de petróleo. Assim, um combustível comercial BX contém (100-X)% em volume de óleo diesel (ANP, 2008).

missão de implantar as políticas para o biodiesel no Brasil, de forma integrada com várias instituições governamentais são (PNPB, 2004b):

a) Implantar um programa sustentável que promova a inclusão social, com geração de emprego e renda, especialmente para a agricultura familiar, de forma a atenuar as disparidades regionais;
b) Garantir preços competitivos, qualidade e suprimento;
c) Produzir biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e regiões diversas.

A esse respeito, Olivério (Olivério, 2006), destacou desafios para a implantação do Programa, dentre eles estão:

a) Desenvolver novas oleaginosas;
b) Financiar agricultura e indústrias compatíveis com os diferentes setores e investidores;
c) Adequar a legislação à natureza do negócio do biodiesel;
d) Equacionar a viabilidade econômica do biodiesel, por meio da definição adequada dos seus preços;
e) Desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados;
f) Definir mecanismos de desoneração do consumidor final pelo uso de misturas *BX* em substituição ao diesel de petróleo; e
g) Assegurar a qualidade do biodiesel.

Outros desafios certamente existem como, por exemplo, a superação de barreiras técnicas à exportação do biodiesel e solução de problemas de logística e distribuição.

Pode-se resumir, portanto, que o grande desafio do PNPB consiste em desenvolver a cadeia produtiva, de forma a atender aos padrões de sustentabilidade necessários para superar os desafios e demandas para a consolidação do biodiesel.

Nas próximas seções deste Capítulo, serão identificados e discutidos os aspectos mais relevantes da cadeia produtiva do biodiesel, visando à definição de um modelo que considere os seus fatores determinantes e a integração com os aspectos de sustentabilidade.

2.3 O mercado do biodiesel no mundo e no Brasil

2.3.1 O mercado do biodiesel no mundo

As estimativas mais recentes indicam que as reservas mundiais de gás natural são da ordem de 6,85 mil trilhões de pés cúbicos, enquanto que as de petróleo estão na casa de 1,65 trilhões de barris (EIA, 2014) (Tabela 2-2 e Tabela 2-3). De acordo com Vasudevan e Fu (Vasudevan; Fu, 2010), em 60 anos, para o caso do gás natural, e em 40 anos para o caso do petróleo, as reservas podem estar exauridas. Essas previsões, entretanto, não consideram as descobertas de novas reservas, como é o caso do petróleo existente na camada do pré-sal do Brasil. Por exemplo, a reserva de Libra, na Bacia de Campos, possui entre 3,7 a 15 bilhões de barris. A reserva de Tupi, também na bacia de Campos, possui de 5 a 8 bilhões de barris (ANP 2010 apud (Junior, 2010)). Essas novas descobertas, somente para citar o caso do Brasil, somadas às demais existentes na faixa de 800 km que se estende entre os estados do Espírito Santo e Santa Catarina, podem elevar as reservas brasileiras para cerca de 100 bilhões de barris (Junior, 2010).

Tabela 2-2 Reservas mundiais de petróleo (bilhões de barris) – Jan/2013.

País	Reservas de petróleo
Venezuela	297,57
Arábia Saudita	267,91
Canadá	173,11
Irã	154,58
Iraque	141,35
Kuwait	104,0
Emirados Árabes Unidos	97,80
Rússia	80,00
Líbia	48,01
Nigéria	37,20
Cazaquistão	30,00
Estados Unidos	30,53
China	23,52
Brasil	13,15
Argélia	12,20
México	10,26
Total	**1.645,98**

Fonte: (EIA, 2014)

Tabela 2-3 Reservas mundiais de gás natural (trilhões de pés cúbicos) – Jan/2013.

País	Reservas de gás natural
Rússia	1.688
Irã	1.187
Catar	890
Estados Unidos	308
Arábia Saudita	288
Turcomenistão	265
Emirados Árabes Unidos	215
Venezuela	195
Nigéria	182
Argélia	159
China	141
Iraque	112
Indonésia	108
Cazaquistão	85
Malásia	83
Brasil	14
Total	**6.845,57**

Fonte: (EIA, 2014)

Todo esse consumo de energia, aliado a uma matriz energética baseada em 85,1 % (IPCC, 2011) de combustíveis de origem fóssil (Figura 2-10), tem causado graves problemas

ambientais, principalmente por serem esses combustíveis uma das fontes causadoras do aquecimento global.

No Brasil, de acordo com informações da Agência Nacional do Petróleo, 18% dos combustíveis consumidos têm sua origem de fontes renováveis (ANP, 2011b). Adicionalmente, a forte dependência das grandes economias globais em relação ao petróleo, que responde por 34,6% (IPCC, 2011) da matriz energética mundial, também apresenta um grande desafio de natureza político-econômica, pois embora os Estados Unidos, China, Japão e Rússia sejam os grandes consumidores mundiais (EIA, 2011a), 55% das reservas estão no Oriente Médio (Tabela 2-2), região associada a instabilidades de ordem política e social.

Para se ter uma ideia, em 2009 os Estados Unidos importaram 51% do petróleo necessário para movimentar a sua economia (EIA, 2011c). Países do Hemisfério Norte foram responsáveis por 51%[18] das importações dos EUA (EIA, 2011c), sendo o Canadá e a Venezuela os principais fornecedores. Em torno de 17% (EIA, 2011c) das importações daquele ano vieram do Golfo Pérsico, de países como Bahrein, Iraque, Kuwait, Catar, Arábia Saudita e Emirados Árabes.

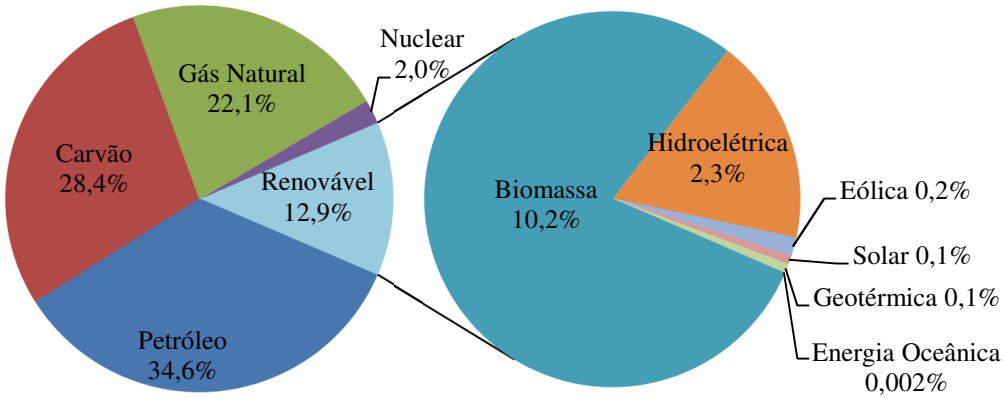


Figura 2-10 Fontes de energia no mundo em 2008. **Fonte**: (IPCC, 2011)

Dados recentes confirmam que o consumo de combustíveis fósseis é responsável pela maioria das emissões de gases do efeito estufa, sendo que essas emissões continuam a crescer. A concentração de CO_2 cresceu para acima de 390 PPM desde os anos 1850, o que corresponde a cerca de 40% acima dos níveis anteriores ao período pré-industrial (IPCC, 2011).

[18] Aqui, de fato, há uma coincidência. De acordo com dados da EIA (EIA, 2011c) referentes ao ano de 2009, 51% das importações de petróleo vieram do Hemisfério Norte. Do total de utilizado nos EUA 51% é importado (EIA, 2011c).

O CO_2, juntamente com outros gases causadores do efeito estufa (metano, NO_x, CFC, entre outros), tem sido apontado como um dos responsáveis pelo aquecimento global, chuvas ácidas e a degradação da camada de ozônio. O fenômeno do aquecimento global, em particular, tem impactos diretos que se manifestam, por exemplo, pelo derretimento das camadas polares (Delgado, 2007; Pieprzyk et al., 2009). A Figura 2-11 apresenta os níveis de emissões mundiais dos gases de efeito estufa por setor econômico.

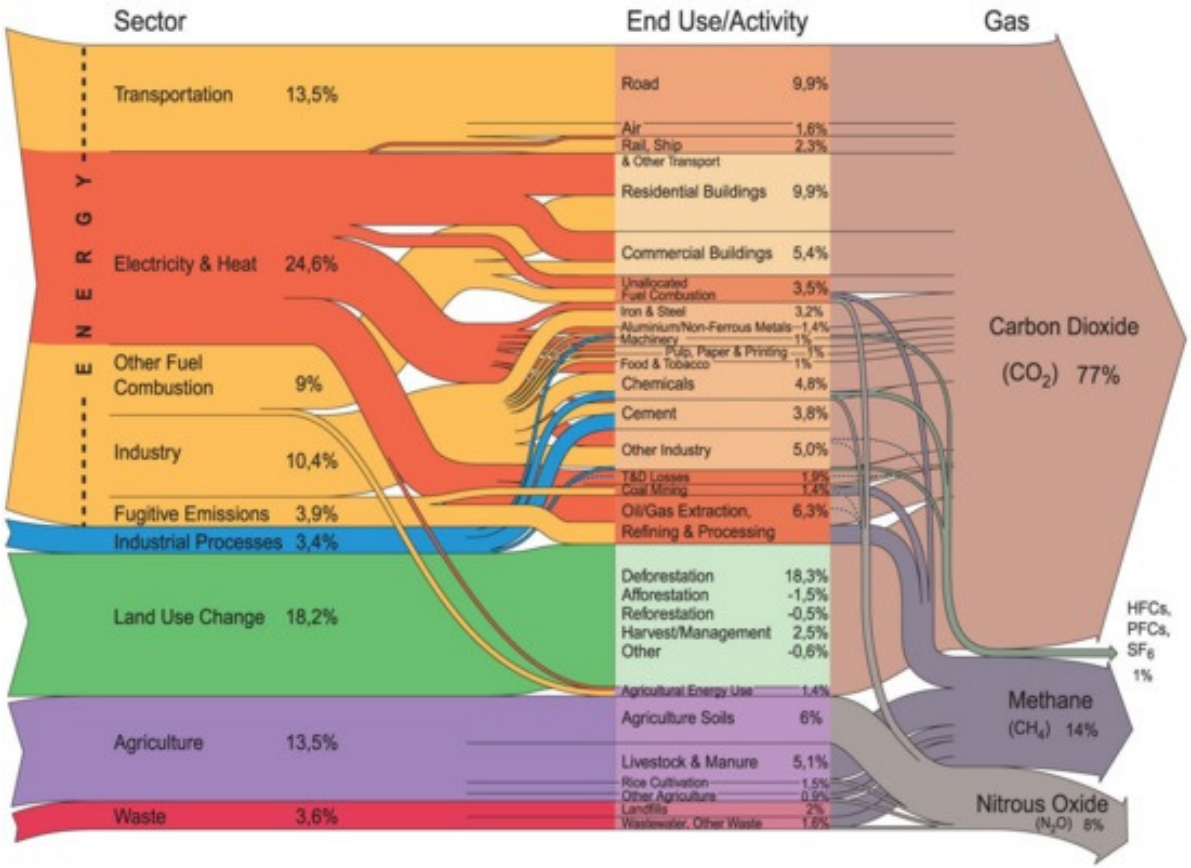


Figura 2-11 Emissões mundiais de gases de efeito estufa por setor. **Fonte**: *World Resources Institute, Climate Analysis Indicator Tool (CAIT), Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy (2005),* dados de 2000.

Ao observar o cenário mundial, ainda bastante dependente no uso do petróleo como principal fonte de energia, as energias renováveis, em particular o biodiesel, surgem como uma importante alternativa energética, com potencial para cumprir dois papéis: o de produto complementar e de produto substituto ao petróleo (Lima et al., 2008).

O uso do biodiesel tem crescido ao longo dos anos em várias partes do mundo e existe um grande interesse mundial pela sua produção e comercialização do biodiesel (Dunn, 2005; Furlan, 2007; Gnothe; Gerpen, 2005; IPCC, 2011; Lima et al., 2008; Radich, 2004; Vasudevan; Fu, 2010). Entre as principais razões para esse interesse está a crescente exigência

por redução de emissões (IEA/OECD, 2010; IPCC, 2011; Lima et al., 2008). Essa tendência de crescimento também é observada na produção anual de biodiesel das últimas décadas, conforme apresentado na Figura 2-12. De acordo com as informações disponibilizadas pelo *Earth Policy Institute* (EPI, 2014), a produção mundial de biodiesel alcançou 24,87 bilhões de litros em 2011. Para 2012 era esperada uma pequena redução na produção, estimada 24,95 bilhões de litros. Em 2008 a produção global atingiu 18,8 bilhões de litros. Isso representa um crescimento global de 32% no período de 2008 a 2011.

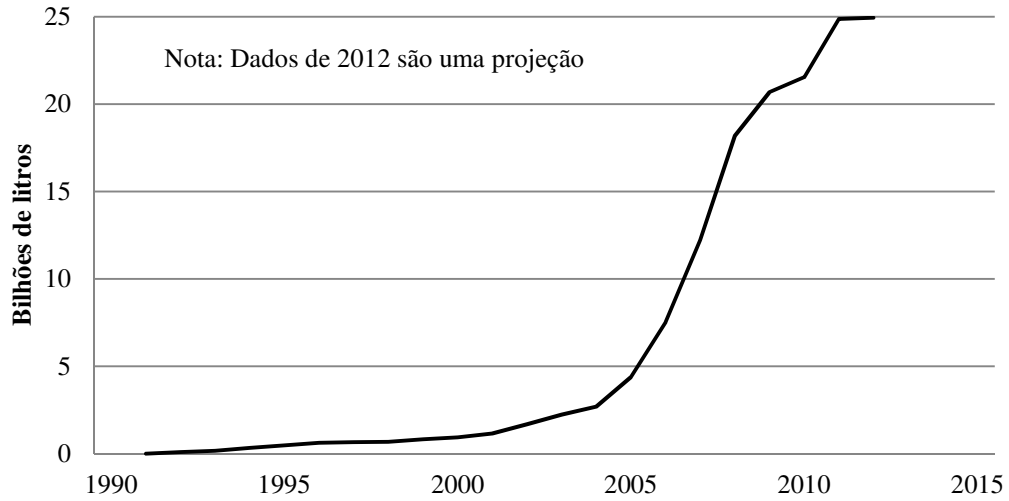


Figura 2-12 Produção mundial de biodiesel (1991-2012). **Fonte:** F.O. Licht; Worldwatch (EPI, 2014)

Os Estados Unidos são os líderes mundiais na produção de biodiesel, com uma produção diária de 63,11 mil barris em 2011, seguido da Alemanha, com 52 mil barris/dia. Brasil e Argentina também têm produção acima de 40 mil barris/dia, sendo os principais produtores na América Latina (Figura 2-13).

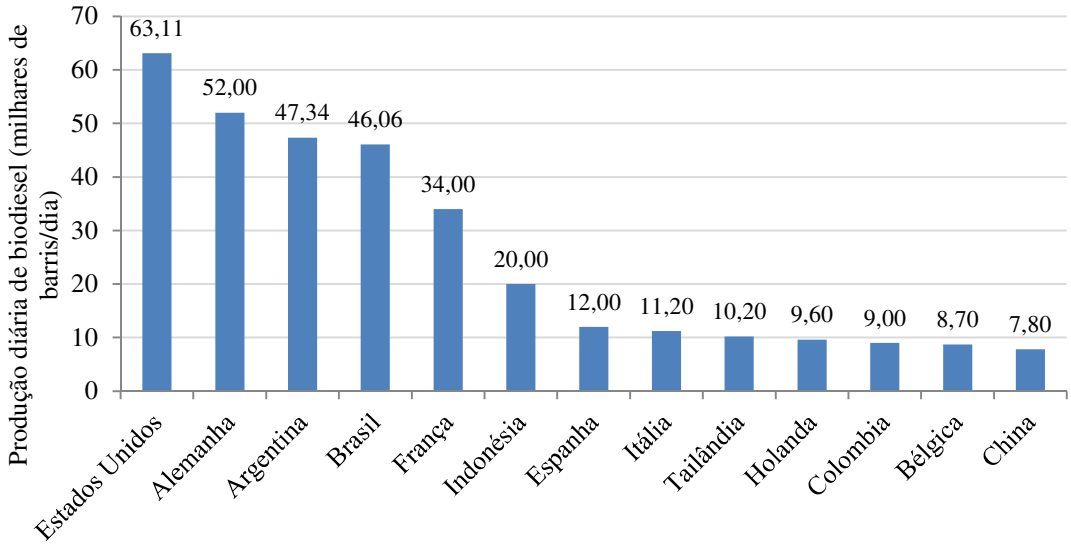


Figura 2-13 Produção diária de biodiesel (milhares de barris/dia, 2011). **Fonte**: o autor, com dados da EIA (EIA, 2014).

Na Europa, cuja capacidade instalada das 245 plantas existentes em 2009 era de 22 milhões de toneladas, o biodiesel tem sido produzido em larga escala desde 1992. De acordo com a revista *Biodiesel Magazine,* nos Estados Unidos existem 180 plantas, com capacidade para produzir cerca de 11 milhões de toneladas[19] (Magazine, 2011). A maior parte dessa capacidade de produção está ainda ociosa, tendo sido produzido, em 2009, cerca de 2 milhões de toneladas (506 milhões de galões) (EIA, 2010a).

2.3.2 O mercado do biodiesel no Brasil

O biodiesel passou oficialmente a fazer parte da matriz energética brasileira a partir da edição da Lei nº 11.097, publicada em 13 de janeiro de 2005. Essa Lei estabeleceu metas a serem gradativamente atingidas, iniciando-se com uma mistura *B2* com um prazo de oito anos para a fixação de 5% em volume do percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado. Entretanto, devido aos avanços conseguidos nessa área, incluindo o aumento da demanda e o estímulo ao aumento da produção de biodiesel, o *B5* foi antecipado e, a partir de 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado no Brasil passou a conter 5% de biodiesel[20]. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo,

[19] Obtido da conversão de 2,847 milhões galões/ano (BIODIESEL MAGAZINE, 2011).
[20] Essa regra foi estabelecida por meio da Resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) (ANP, 2011a). Na sua decisão o CNPE levou em consideração a expansão do biodiesel na matriz energética nacional, a ampliação de empregos proporcionada pelo maior uso do biodiesel, o seu potencial de redução de emissões e o aumento da capacidade instalada no país (BRASIL/CNPE, 2009).

com uma produção anual, em 2012, de 2,717 milhões de m^3 (ANP, 2013) e uma capacidade instalada, em 2012, de 20.567,8 m^3/dia (ANP, 2013).

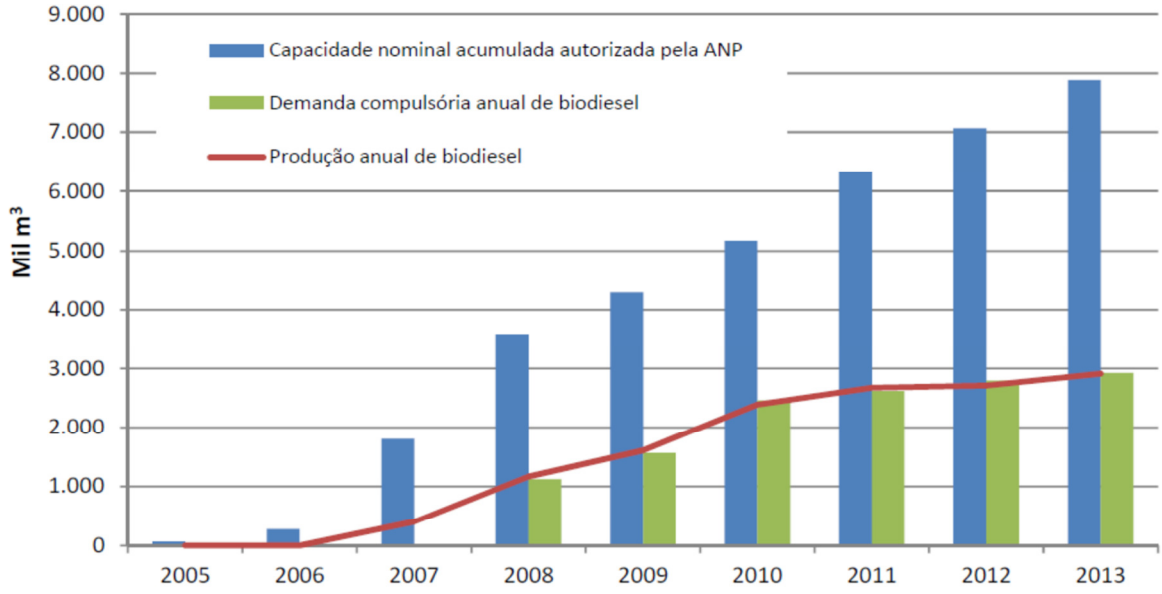


Figura 2-14 Evolução anual da produção de biodiesel no Brasil. **Fonte**: (ANP, 2014)

Existem 61 plantas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP para operação e comercialização no país (jun./2014) com uma capacidade total instalada de 21.167,79 m^3/dia (ANP, 2014). Existem ainda no Brasil (dados de jun./2014, (ANP, 2014)) 2 novas plantas autorizadas para construção e 4 plantas autorizadas para ampliação. Após as obras de construção e ampliação a capacidade total de produção deverá aumentar em 1.326,72 m^3/dia (ANP, 2014). A Figura 2-15 mostra a distribuição das plantas autorizadas para operação de acordo como a capacidade diária de produção.

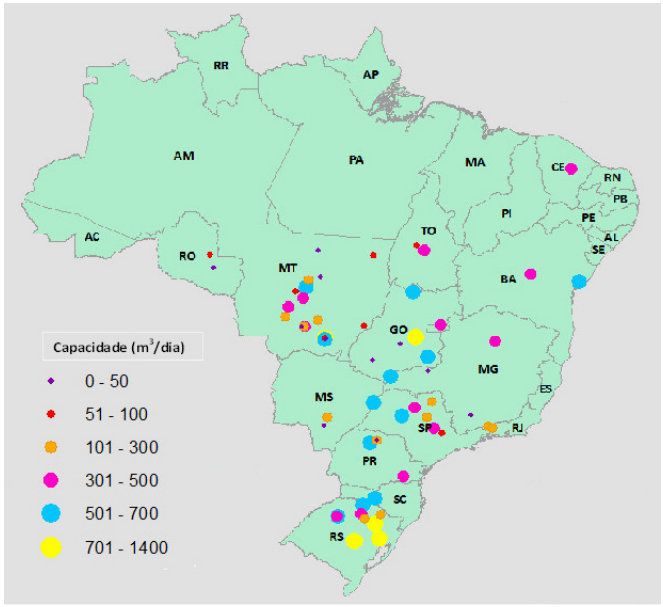


Figura 2-15 Plantas de biodiesel autorizadas para operação. **Fonte**: adaptado pelo autor, a partir de ANP (ANP, 2014)

No Brasil, o cultivo de cana-de-açúcar e de oleaginosas utilizadas no processo de produção do etanol e do biodiesel tem contribuído para a *geração de empregos no campo*. No caso do biodiesel, mais de 100 mil famílias de pequenos produtores participam do processo produtivo. No caso do etanol, mais de um milhão de empregos diretos são gerados (MME, 2011a). Estudos demonstram (Lucena, 2004 apud (Lima et al., 2008)) a grande capacidade do país de produzir o biodiesel economicamente competitivo devido ao seu potencial agrícola, principalmente, para plantação de oleaginosas (Lima et al., 2008; MDIC, 2006).

A oleaginosa com maior potencial para a produção do biodiesel é a soja, dada a sua disponibilidade e o grande conhecimento sobre a sua cultura no Brasil. Outras plantas como o pinhão manso e a palma, podem ser utilizadas com grande potencial de alavancar a agricultura e substituir o petróleo, gerando empregos para pequenos agricultores e outros profissionais, com grande e positivo impacto social (Aranda, 2007).

Há ainda outras possíveis fontes para a produção de biodiesel. Entre essas, as microalgas surgem como uma alternativa sustentável, devido (Ramos, 2008a; Suarez, 2011):

a) À elevada proporção de óleos com características superiores aos óleos vegetais;
b) À grande produtividade por unidade de área;
c) A possibilidade de ser produzida em regiões áridas e não aproveitáveis para a agricultura;
d) Ao cultivo baseado na absorção de CO_2, importante para a redução de emissões; e

e) Ao ciclo de vida de poucos dias, característica associada à simplificação das operações logísticas.

Entretanto, de acordo com Suarez (2011), o atual desenvolvimento tecnológico ainda não permite que a produção de biodiesel a partir de algas seja economicamente viável, o que vem demandando o financiamento de pesquisas para o desenvolvimento de técnicas adequadas para separar as microalgas da água e depois extrair o óleo nelas armazenado.

O processo de comercialização no Brasil é realizado por meio de leilões regulamentados pela ANP que determina as condições de entrega e os volumes dos lotes, pois no âmbito interno, as empresas produtoras não podem comercializar o biodiesel diretamente. O preço é fixado pela ANP e os produtores vendem o produto à Petrobras que faz a sua distribuição para a rede de abastecimento e essa ao consumidor final. De acordo com a ANP, o objetivo dos leilões era garantir a mistura obrigatória prevista em lei, ou seja, B5 (mistura de óleo diesel com 5% de biodiesel) desde 1º de janeiro de 2010 (ANP, 2011a).

Com relação ao comércio internacional, de acordo com a União Brasileira do Biocombustível (Ubrabio), o Brasil apresenta as condições para se tornar um dos maiores exportadores de biodiesel do mundo (Ubrabio, 2010). Essas condições envolvem: solo e clima adequados ao cultivo de oleaginosas e capacidade instalada com nível tecnológico que atendem às especificações técnicas internacionais. Entretanto, algumas barreiras precisam ser superadas para que o biodiesel brasileiro possa ser exportado.

A primeira delas, de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove, 2010 apud (Ubrabio, 2010)), está relacionada aos preços internacionais que não são viáveis, sendo necessário que o Brasil elimine problemas tributários, como créditos de ICMS e outros tributos para que o país possa ser mais competitivo no mercado internacional.

No segundo grupo estão as barreiras técnicas impostas às importações pela União Europeia. É o caso da canola[21] para a qual, de acordo com a Ubrabio (Ubrabio, 2010), foram impostas especificações técnicas adotadas para proteger o mercado europeu.

Por último, existem as barreiras ambientais[22]. Por exemplo, uma das alegações da União Europeia, de acordo com Froufe e a Ubrabio (Froufe, 2009; Ubrabio, 2010), é que a produção

[21] De acordo com a Embrapa, a canola (*Canadian oil low acid*) foi desenvolvida por melhoramento genético da colza para reduzir o teor de ácido erúcico, glucosinolatos e gorduras saturadas. (Embrapa, 2007)

brasileira não é sustentável. Essa situação demandou, por parte do Brasil, estudos que sejam capazes de demonstrar que é possível produzir biodiesel de forma sustentável no país.

Uma demonstração da capacidade do Brasil de exportar biodiesel é que, atualmente, o país exporta óleo de soja para a produção de biodiesel na Europa, o que demonstra, segundo a Abiove (Abiove 2010 apud (Ubrabio, 2010)), a existência de mercados para o produto brasileiro, e esse mercado tenderá a aumentar à medida que a mistura de biodiesel aumente naquele continente, o que deve acontecer até 2020.

Mesmo que o Brasil ainda não exporte biodiesel, 11 usinas brasileiras já foram autorizadas pela ANP (Silveira, 2011) a exportar o produto. Entretanto, mesmo sem cobrança de imposto de exportação, o biodiesel brasileiro é cerca de 30% mais caro do que o da Argentina, que, mesmo com as exportações tributadas – o biodiesel argentino é taxado em 13,5% (Conab, 2011) – segue como o maior exportador mundial do produto, tendo exportado, em 2010, 1,35 milhão de toneladas (Silveira, 2011). De acordo com Silveira (Silveira, 2011), isso ocorre porque no Brasil existe a incidência de tributos indiretos como ICMS, IPI, PIS e COFINS. Além disso, outros fatores têm dificultado as exportações do biodiesel pelo Brasil:

a) Queda do valor do dólar em relação ao real;
b) Alta no preço do petróleo, encarecendo a produção agrícola;
c) Subsídios e medidas protecionistas dos EUA e Europa, que patrocinam o uso de matérias-primas menos produtivas; e
d) Alta no preço das *commodities* alimentares em todo mundo, provocando o aumento dos preços de matérias-primas usadas na produção do biodiesel.

As informações apresentadas demonstram a importância do uso do biodiesel como um produto complementar e até substituto do óleo diesel. Segundo a FGV/UBRABIO (2009), o aumento da produção de biodiesel e o aumento do percentual adicionado ao óleo diesel comercializado internamente contribui para a redução do déficit decorrente da importação desse combustível fóssil, com reflexos diretos nas contas nacionais e no balanço de pagamentos.

---

[22] Existe ainda a questão dos subsídios. Por exemplo, em abril de 2011, a Austrália impôs medidas *antidumping* ao biodiesel importado pelos Estados Unidos após concluir que exportações de biodiesel subsidiado estavam entrando no mercado australiano com preços bem abaixo de seu valor - (Bendeich, 2011)

Ainda segundo a FGV/UBRABIO (2010), não só a balança comercial seria afetada positivamente pelo incremento da produção de biodiesel, mas toda a sua cadeia produtiva, pois haveria aumento da produção de matérias-primas, o incremento de consumo de insumos agrícolas, assistência técnica ao pequeno produtor, aumento da capacidade de armazenamento e processamento de matérias-primas, entre outros aspectos. Combinadas, conclui, o estudo da FGV/UBRABIO, essas atividades geram efeitos multiplicadores sobre a renda, empregos e arrecadação tributária do Brasil, contribuindo para o processo de desenvolvimento sustentável do país.

Além disso, como mencionado anteriormente, a importância do biodiesel é demonstrada pela sua capacidade de interferir positivamente no processo de transição para um setor energético mais sustentável como uma alternativa para a redução de emissões de gases de efeito estufa. Isso é relevante, pois o país deve considerar o seu papel no âmbito internacional com relação às questões ambientais.

2.3.3 Os leilões de compra de biodiesel

Os leilões têm sido um tema bastante controverso e que tem influenciado a logística de distribuição e custos de produção, entre outras variáveis, que ao final impactam nos preços e na competitividade da cadeia produtiva do biodiesel.

Os leilões de compra de biodiesel foram originariamente concebidos como um mecanismo transitório com o objetivo:

a) De gerar mercado interno e estimular a produção de quantidades suficientes do produto para que as refinarias e distribuidores pudessem compor a mistura BX determinada por lei;
b) Reduzir o desequilíbrio nas informações relativas a preços e custos; e
c) Antecipar quanto às potenciais oportunidades de promover inclusão social.

A lógica dos leilões é baseada no fato de que, em condições normais o uso do biodiesel só seria economicamente viável caso o seu custo de produção fosse competitivo com o do diesel mineral. Assim, foram criadas as condições para que a competição entre os ofertantes permitisse a evolução da oferta a preços cada vez mais competitivos (MDIC, 2006). Nos leilões são fixados preços de referência e são vencedoras as usinas credenciadas pela ANP que ofereçam menor preço e atendam aos critérios de qualidade exigidos por aquele Órgão

Regulador. De acordo com as regras da ANP, produtores e importadores de petróleo são obrigados a comprar biodiesel em função da sua participação no mercado. Atualmente, os principais compradores são a Petrobras e a Refinaria Alberto Pasqualini (Refap) (Freitas, R. C., 2009).

O sistema de leilões continua funcionando como um mecanismo para a formação do mercado de biodiesel no Brasil, tendo no seu início conseguido obter o interesse das indústrias e a redução dos preços médios decorrentes do aumento da competitividade da cadeia do biodiesel (MDIC, 2006) e são utilizados para assegurar que o biodiesel comercializado no país contenha o percentual de mistura determinado (ANP, 2011a).

Entretanto, não são as usinas que transportam o biodiesel para os depósitos. Por esse motivo, outro mecanismo, cujo objetivo é garantir a combinação de preço justo, logística de distribuição e prazos adequados é acionado: são os chamados releilões (Freitas, R. C., 2009).

Os releilões ocorrem periodicamente e por meio deles o biodiesel comprado pelo governo é dividido em lotes e oferecido às distribuidoras habilitadas que oferecem lances por meio de pregões eletrônicos, tendo como ponto de partida um preço mínimo pré-estabelecido. Os vencedores, cujo teto máximo de aquisição deve ser compatível com a sua fatia de mercado, são responsáveis por buscar o combustível nas usinas e redistribuí-los (Freitas, R. C., 2009) para a venda ao usuário final. É a partir daí que começam as dificuldades que afetam a distribuição do biodiesel no território nacional, cujos problemas e impactos foram mencionados no início deste capítulo.

O sistema de leilões é cercado de polêmicas e, constantemente, alvo de críticas, existindo discussões entre os agentes sobre a real necessidade de sua continuidade.

Por um lado, há os que defendem o fim dos leilões e a adoção de um mercado livre, com negociações entre os produtores e compradores, onde o papel da ANP seria restrito à fiscalização da qualidade do biodiesel. Nesse cenário, entretanto, de acordo com Mendes e Costa (Mendes; Costa, 2010), a Petrobras poderia sempre garantir mercado para as suas plantas e parceiros, independentemente dos seus custos.

Por outro lado, há os que defendem a continuidade dos leilões por entenderem que por meio deles é possível (ANP, 2011a; MDIC, 2006; Mendes; Costa, 2010):

a) Garantir igualdade na competição entre pequenos e grandes produtores;

b) Eliminar ou reduzir a assimetria de informações uma vez que os leilões são abertos;
c) Manter o ambiente competitivo entre produtores e, consequentemente, menores preços para os consumidores em geral;
d) Facilitar a fiscalização do cumprimento do percentual de mistura; e
e) Garantir a participação da agricultura familiar no fornecimento de matérias-primas, com exigência do Selo Social para 80% do volume negociado.

De acordo com Aranda (Aranda, 2011), o sistema "*pune a todos, pois, independentemente de qualidade e eficiência, as unidades nunca sabem o quanto irão vender nos próximos três meses*", o que traz não só inseguranças, mas dificulta a obtenção de financiamento no mercado que permitam os investimentos necessários em ganhos de escala, logística, segurança industrial e qualidade, entre outros aspectos.

Uma alternativa aos leilões, sugerida por Aranda (2011) é o sistema de vendas por quotas, adotado pela Argentina. Nesse sistema, as empresas sabem com antecedência que quantidade de sua produção será comprada pelo governo, permitindo que as empresas tenham garantias sobre a venda da sua produção, sem ter que se submeter às tensões a que são sujeitas as empresas aqui do Brasil.

A expectativa é que, no futuro, o modelo de leilões seja abandonado, de forma a que prevaleça a livre concorrência e seja criada no mercado a situação em que consiga vender biodiesel quem conseguir entregá-lo para a distribuição com o menor preço (Rodrigues, 2010). Nesse cenário, a necessidade de intensificar as ações para melhoria da logística e redução dos seus custos vai ser intensificada. Assim, conforme observado por Rodrigues (2010), a localização das usinas terá um papel fundamental, pois o custo para transportar o óleo ou grão para as unidades de processamento é proporcional às distâncias percorridas.

Dessa forma, a solução apontada por Duarte (2010) e Rodrigues (2010), qual seja, a construção de usinas próximas aos pólos produtores e mercados consumidores, será um importante fator para a minimização dos custos com logística. O grande desafio, portanto, será transformar empresas que possuem usinas distantes dos centros de produção das matérias-primas de forma que as torne capaz de atuar no modelo que se tornou dominante no setor, ou seja, a integração como as unidades processadoras, no caso da soja, com as unidades esmagadoras do grão (Rodrigues, 2010).

2.4 A importância da logística: desafios e soluções

A questão da logística de distribuição e comercialização do biodiesel no Brasil é um grande entrave que afeta toda a sua cadeia produtiva e um grande desafio a ser superado. Esse não é um problema novo no Brasil, tampouco é exclusivamente associado ao biodiesel. Aqui o grande problema é: como fazer para que a matéria-prima chegue até os produtores e que o biodiesel por eles produzido chegue aos usuários finais?

Problemas de logística têm afetado outros produtos e deve-se, basicamente, às condições inadequadas das estradas brasileiras e à ausência de meios alternativos de transporte, como ferroviários e hidroviários (Valle, 2009). De acordo com a Conab (2011) praticamente 100% do biodiesel brasileiro é transportado pelo modal rodoviário.

Esses problemas não afetam somente a distribuição do produto acabado, mas também o transporte da matéria-prima até as usinas. Na Argentina, maior exportador mundial de biodiesel, com exportações de mais de 1 milhão de toneladas/ano, o transporte hidroviário no Rio da Prata é intensamente utilizado para escoar a sua produção, tornando o biodiesel de soja daquele país o mais competitivo para exportar para Europa (Aranda, 2011).

A logística é um componente importante com impactos diretos nos *custos de produção* que devem ser minimizados para a obtenção de maiores margens de lucro e aumento da competitividade e da contribuição do biodiesel para a matriz energética brasileira.

Nos Estados Unidos, estima-se que os custos com transporte[23] para a realização da logística de distribuição na cadeia produtiva do biodiesel contribuem com 11% do custo total de produção do biodiesel (Timmerman, 2006).

Esse cenário demonstra que os problemas associados à logística não só afetam a distribuição interna, mas pode se configurar num problema para o escoamento da produção para atender as futuras demandas do mercado internacional.

O Quadro 2-2 mostra as principais dificuldades associadas à logística de distribuição do biodiesel no Brasil, de acordo com Costa (2008) e Valle (2009).

[23] Um estudo realizado nos EUA estimou que o transporte de biodiesel por dutos poderia custar em torno de 23% do custo por litro do transporte ferroviário. Entretanto, algumas questões relacionadas à depósitos de resíduos (e eu impacto nos combustíveis de aeronaves), fungibilidade do biodiesel e compatibilidade com os materiais das juntas dos dutos ainda precisam ser resolvidas. (McElroy, 2007)

Quadro 2-2 Principais dificuldades associadas à logística do biodiesel no Brasil

Dificuldades	Impacto associados
• Demora em realizar o transporte do biodiesel dos produtores para os terminais de venda. • Demora em realizar a transferência do biodiesel dos terminais de venda para os consumidores finais. • Atrasos do carregamento do biodiesel nas usinas produtoras, devido à (a) problemas burocráticos como a emissão de nota fiscal e (b) existência de poucos pontos de carregamento em relação à quantidade de caminhões a serem carregados.	• Perda de tempo e impacto negativo no preço do combustível, que chega a ficar até 10 % mais caro para o consumidor final. • Caminhões esperam de dois a três dias para serem carregados; no passado, esperavam até uma semana.
• Grandes distâncias a serem transpostas • Infraestrutura de transporte inadequada, sem uma rede hidroviária e ferroviária adequadas. • Excesso de carga tributária para as empresas de transporte. • Pouca escala que justifique investimentos em ferrovias e hidrovias. • Altos custos de frete. • Frota de caminhões inadequada (precisa ser renovada) • Produção distante dos pontos de consumo • Despreparo da maioria dos portos com ausência de tancagem apropriada (baixa) para o biodiesel • Variedade de pontos de coletas, provocada por falta de produção em escala por pequenos produtores rurais. Necessidade de efetuar a coleta em pontos diferentes do território. • Exigência de compra de matéria-prima diretamente da agricultura familiar para atender aos critérios do Selo Combustível Social.	• Afetam o transporte da matéria-prima e do biodiesel. • Aumento do custo do biodiesel e da matéria-prima (no caso do transporte da matéria-prima por navio o frete chega a ser metade do frete do caminhão). • Aumento dos custos logísticos e consequente preço do combustível.
• Controle de cotas de biodiesel para distribuidores	• Positivo: Garante a entrega do produto • Negativo: Fixa o volume a ser entregue às distribuidoras, fazendo com que o biodiesel tenha que ser transportado de usinas distantes dos pontos de consumo.
• Necessidade de adequação da legislação, causando instabilidade jurídica.	• Desequilíbrio competitivo causado pelo monopólio da Petrobras. A instabilidade jurídica é citada no caso do álcool, onde o governo, por um lado estimula a produção e por outro dificulta por meio de aumentos de custos devido a impostos.
• Competição do biodiesel com produtos sazonais.	• Distribuidoras concentram seus esforços para atender às demandas de álcool e óleos vegetais, dificultando o abastecimento e distribuição da matéria-prima.

***Fonte*:** elaborado pelo autor a partir de informações contidas em (Costa, 2008; Valle, 2009)

Entre as dificuldades apresentadas no Quadro 2-2, o problema das distâncias percorridas desde os centros produtores aos centros consumidores no Brasil tem sido apontado como um

dos mais relevantes. Essa afirmação é confirmada pelos dados da Figura 2-16, que mostra que o maior produtor de biodiesel é a região Centro-Oeste, enquanto o maior consumidor é a região Sudeste[24].

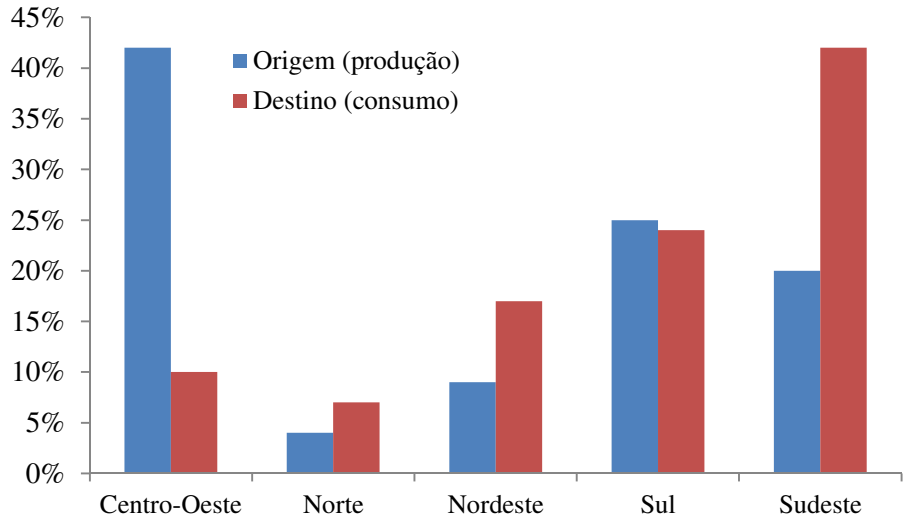


Figura 2-16 Origens e destinos da produção de biodiesel (B100). **Fonte**: (Conab, 2011) (dados de Jul./2010)

No caso da região Centro-Oeste, somente 24% da produção permanece na região, sendo que 48% é importada pela região Sudeste, e o restante é distribuído para as demais regiões, conforme pode ser observado na Figura 2-17.

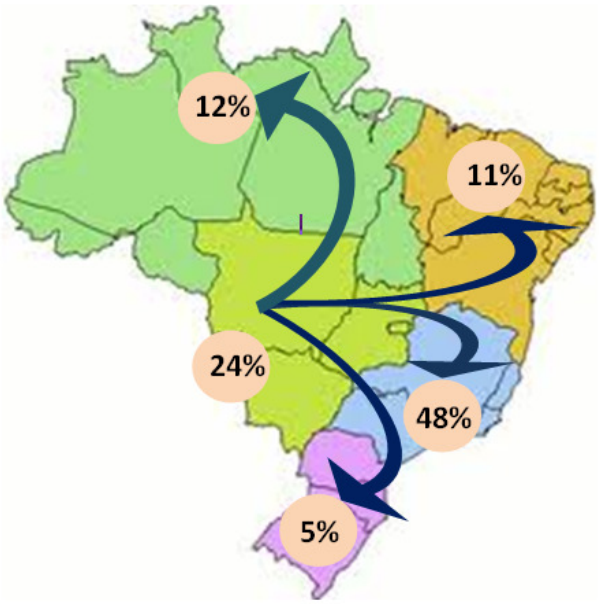


Figura 2-17 Distribuição da produção de B100 a partir da região Centro-Oeste. **Fonte**: Elaborado pelo autor, com dados da (Conab, 2011)(jul./2010).

[24] De acordo com o Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e Lubrificantes, até chegar ao consumidor final, o biodiesel percorre em média 1.304 km, demorando, em média, 5,5 dias (CONAB, 2011).

Nesse contexto, a necessidade de integração da etapa de esmagamento de grãos à produção do biodiesel e a priorização da logística, por meio da construção de usinas próximas aos pólos produtores de oleaginosas e mercados consumidores do combustível (Duarte, 2010) têm sido apontadas como possíveis soluções para a redução dos custos e aumento da produtividade agrícola e industrial. O aumento da produção regional de oleaginosas com a utilização de culturas mais eficientes e adequadas às características regionais, além de evitar grandes deslocamentos rodoviários, faz com que a produção fique próxima aos pontos de consumo. Nesse aspecto, de acordo com Valle (2009), o governo tem um papel de incentivar a otimização da logística da cadeia produtiva do biodiesel melhorando a infraestrutura de transporte e criando condições legais para a regionalização da produção.

No longo prazo, podem ser adotadas soluções como a diversificação da matriz para a produção do biodiesel e a consequente redução da dependência da soja. De fato, de acordo com a Conab (2011), os dados sobre as safras já apontam para um crescimento de 65,7% da safra de canola e de 36,6% para a de girassol ambos em relação à safra 2009/2010 para a 2010/2011. Outra importante cultura que têm recebido incentivos, tanto do governo como da iniciativa privada, é a palma (dendê). Essas oleaginosas, de acordo com a Conab (2011), possuem grande potencial de substituir o óleo de soja para a produção do biodiesel.

2.5 Políticas para a produção sustentável de biocombustíveis

Promover o desenvolvimento sustentável, de acordo com Strange e Bayley (Strange; Bayley, 2008), é encontrar um equilíbrio coerente entre diferentes reivindicações e elaborar meios administrativos para implementar estratégias. Esse é um papel, em geral, reservado aos governos, embora iniciativas voluntárias tenham surgido nos últimos anos, especialmente no caso dos biocombustíveis, e, em particular, no caso do biodiesel (Ismail et al., 2011). Uma das formas de buscar esse equilíbrio ocorre por meio do estabelecimento de políticas governamentais nos níveis regional, nacional e internacional.

Em geral, os motivos que levam os países a estabelecerem políticas públicas para biocombustíveis são: segurança do suprimento de energia, desenvolvimento ambiental, criação de novos mercados ou demandas por produtos agrícolas, estímulo ao desenvolvimento regional, e estímulo ao crescimento da atividade econômica (OECD, 2008a).

No Brasil, os estudos para a criação de políticas para biodiesel tiveram início em 2003 e culminaram, em 2004, com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (PNPB, 2004b). Nessa ocasião (janeiro de 2005) foi editada a Lei 11.097, que estabeleceu os prazos e os percentuais mínimos de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no Brasil. A Lei estabeleceu ainda que os prazos poderiam ser reduzidos desde que os seguintes critérios fossem atendidos:

a) Disponibilidade de oferta de matéria-prima e capacidade industrial para a produção de biodiesel;
b) Participação da agricultura familiar na oferta de matérias-primas;
c) Redução de desigualdades regionais;
d) Desempenho dos motores com a utilização do biodiesel;
e) Políticas industriais e de inovação tecnológica.

As políticas institucionalizadas por meio do PNPB envolveram a definição de um modelo tributário e de mecanismos para inclusão da agricultura familiar, concretizado por meio da iniciativa do Selo Combustível Social, lançado em 2005. As diretrizes estabelecidas pelo Selo Combustível Social envolveram (PNPB, 2004b):

a) Políticas de inclusão social;
b) Aproveitamento de oleaginosas de acordo com as diversidades regionais;
c) Segurança de abastecimento para o biodiesel;
d) Garantia da qualidade para o consumidor; e
e) Busca da competitividade frente ao diesel de petróleo.

De acordo com o PNPB (PNPB, 2004b), o ambiente regulatório proporcionado pela definição de políticas para o biodiesel, permitiu o aporte de recursos pela iniciativa privada e investimentos na distribuição, em laboratórios, em pesquisas e na produção de matérias-primas, pois o Programa envolve recursos para pesquisa, desenvolvimento e inovação em toda a cadeia produtiva, incluindo a produção de matéria-prima e produção industrial, coprodutos e armazenamento.

No mundo, de acordo com estudos da *Food and Agriculture Organization* (*FAO*), das Nações Unidas (Ismail et al., 2011), ao longo dos últimos anos, várias iniciativas têm sido desenvolvidas e políticas adotadas para abordar os impactos ambientais e socioeconômicos

associados aos biocombustíveis. Essas iniciativas envolvem esquemas compulsórios, esquemas voluntários de padronização e certificação.

Entre as principais iniciativas compulsórias estão: a *Biomass Sustainability Ordinance (BioNachV), Alemanha,* a *Testing Framework for Sustainable Biomass ("Cramer Criteria"),* da Holanda, a *Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO),* do Reino Unido*,* a *Biofuels Life Cycle Assessment Ordinance (BLCAO), da Suíca* e a *Renewable Energy Directive (RED),* da União Europeia. Todas as iniciativas envolvem todas as matérias-primas usadas para a produção de biocombustíveis, incluindo o biodiesel, e envolvem todos os elos da cadeia produtiva. Em todos os casos a cobertura geográfica do esquema envolve o país ou região, incluindo as importações.

A iniciativa alemã (*BioNachV*), por ter sido substituída pela Diretiva Europeia, e a iniciativa da Holanda *("Cramer Criteria")*, por não ter sido implementada, não serão abordadas.

A *Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO),* do Reino Unido, tem como objetivo a redução de emissões de CO_2 oriundas do transporte rodoviário por meio da oferta de combustíveis renováveis. Nesse caso, foi estabelecida uma obrigação legal aos fornecedores de combustíveis fósseis para que esses busquem um certificado demonstrando que um percentual especificado das suas vendas é renovável. Para isso, os fornecedores deveriam submeter um relatório de sustentabilidade para a *Renewable Fuels Agency (RFA)* demonstrando resultados de indicadores e do grau de atendimento aos critérios do padrão *Biofuel Sustainability Meta-Standard.*

O padrão envolve sete princípios para a produção de biomassa (Ismail et al., 2011):

- Conservação do carbono – a produção de biomassa não deve destruir ou danificar os estoques de carbono do solo;
- Conservação da biodiversidade – a produção de biomassa não deve destruir ou danificar grandes áreas de biodiversidade;
- Conservação do solo – a produção de biomassa não deve levar à degradação do solo;
- Uso sustentável da água – a produção de biomassa não deve levar à contaminação ou esgotamento das fontes de água;
- Qualidade do ar – a produção de biomassa não deve levar à poluição do ar;
- Direitos dos trabalhadores – a produção de biomassa não deve afetar adversamente os direitos dos trabalhadores nem as relações de trabalho;

- Direitos da terra – a produção de biomassa não deve afetar adversamente os direitos da terra nem as relações com a comunidade.

A *Biofuels Life Cycle Assessment Ordinance (BLCAO),* da Suíça, estabelece as seguintes questões associadas à produção de biomassa usada para a produção de biocombustíveis:

- Ameaças às florestas tropicais e diversidade biológica;
- Adequação às regras ambientais sobre poluição atmosférica, solo, lençóis freáticos e proteção da biodiversidade, e proteção contra espécies invasivas;
- Boas práticas agrícolas, por meio da seleção adequada do solo e das culturas, evitando uso inadequado de agrotóxicos e fertilizantes;
- Gestão de resíduos; e
- Emissão de gases de efeito estufa ao longo do ciclo de vida.

No âmbito da União Europeia foi adotada em abril de 2009, a Diretiva 2009/28/EC (EU, 2009), que definiu o arcabouço para a promoção de energia de fontes renováveis. O principal objetivo da diretiva é alcançar, em 2020, uma quota de 20% de energia proveniente de fontes renováveis no consumo energético global dos Estados-Membros e um mínimo de 10% da quota de biocombustíveis no consumo de gasolina e diesel pelo setor de transportes.

Para alcançar os objetivos, a diretiva estabelece critérios de sustentabilidade para biocombustíveis, incluindo os biocombustíveis importados, bem como para as matérias-primas cultivadas fora da União Europeia.

Os critérios de sustentabilidade são ambientais, como biodiversidade, proteção do ecossistema, e redução de emissão de gases do efeito estufa; e socioeconômicos, incluindo:

- Impacto na sustentabilidade social em países da União Europeia ou outros países devido ao aumento da demanda por biocombustíveis;
- Impacto das políticas de biocombustíveis na disponibilidade de alimentos e preços, em especial para países em desenvolvimento;
- A ratificação e implementação, por países de dentro e fora da Comunidade Europeia, dos tratados sobre biossegurança, e sobre o comércio internacional de espécies da fauna e flora selvagens;
- Questões de desenvolvimento mais amplas (incluindo o respeito dos direitos de uso da terra).

No âmbito das iniciativas voluntárias o estudo da FAO (Ismail et al., 2011) identificou 13 esquemas de certificação relacionados aos biocombustíveis em geral, sendo um específico para o biodiesel:

- *Basel Criteria for Responsible Soy Production*
- *Bonsucro (BSI)*
- *Council on Sustainable Biomass Production (CSBP)*
- *Global Bioenergy Partnership (GBEP)*
- *Green Gold Label 2: Agriculture Source Criteria (GGLS2)*
- *International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)*
- *Forest Stewardship Council (FSC)*
- *Nordic Ecolabelling of Fuels*
- *Roundtable on Responsible Soy (RTRS)*
- *Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB)*
- *Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)*
- *SEKAB Verified Sustainable Ethanol Initiative*
- *Sustainable Biodiesel Alliance (SBA)*

Os esquemas de certificação têm critérios comuns de sustentabilidade estabelecidos por meio de acordos e sistemas de monitoramento para verificação do atendimento a metas pré-definidas. No caso da iniciativa voluntária *Sustainable Biodiesel Alliance (SBA)*, que trata especificamente do biodiesel, são especificadas práticas para sustentabilidade e dois grupos de princípios: um grupo que aborda aspectos ambientais, como emissão de gases do efeito estufa, conservação de energia, conservação do solo, conservação da água, conservação da biodiversidade, organismos geneticamente modificados, agroquímicos, e matérias-primas alternativas; e um grupo de aspectos sociais, que envolve segurança alimentar, comunidades locais, comunidade e trabalhadores, e consumo local. O *SBA* não aborda, explicitamente, aspectos ambientais.

A análise das iniciativas compulsórias e voluntárias demonstra que embora existam alguns aspectos comuns, como, por exemplo, a conservação da biodiversidade, e a conservação do solo e da água, ainda há muito campo para estudo, pois muitos dos critérios não são suficientemente claros, tornando virtualmente impossível para um determinado produto atender a todos da forma como são apresentados. Trata-se de uma área que pode ser mais detalhada, envolvendo outras iniciativas não apresentadas no presente estudo, buscando a integração de todas as iniciativas e seus critérios.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Introdução

A enorme quantidade de informações, conhecimento, tecnologias, avanços nas pesquisas, matérias-primas, questões sobre uso da terra, além de outras questões econômicas, sociais e ambientais, torna a produção de biodiesel uma atividade complexa e dinâmica e ainda foco de muitas discussões. Dessa forma, torna-se necessário desenvolver ferramentas para identificar os fatores determinantes para a operacionalização e manutenção competitiva e sustentável das organizações, no contexto em que elas operam.

Assim, um dos objetivos deste capítulo, em consonância com os objetivos do estudo, é, por meio de uma revisão de literatura, descrever o conhecimento relevante sobre os conceitos de fatores críticos de sucesso, cadeia produtiva e desenvolvimento sustentável.

3.2 Aspectos teóricos sobre cadeias produtivas

Nesta seção será discutida a literatura sobre as formas de abordar o conceito de cadeias e as relações existentes entre os agentes envolvidos na produção de um bem ou prestação de serviços. Entre essas formas estão os conceitos de cadeia de valor (Porter, 1989b), cadeia de suprimentos (Villa, 2001); (Chopra; Meindl, 2010; Frazelle, 2002), cadeia produtiva (Batalha, 1997; Borschiver, 1997; Castro et al., 2002; Scramim; Batalha, 2004), gestão das cadeias produtivas, estratégias e competitividade (Assumpção, 2003; Scramim; Batalha, 2004; Teller et al., 2011; Villa, 2001) e a medição de seu desempenho (Ramaa et al., 2009).

Outros estudos abordam o fenômeno da cooperação e sua relação com o processo de inovação nas cadeias produtivas (Serra e Leite, 2003 apud (Kato et al., 2008); Brito et al 2005 apud (Kato et al., 2008), e a importância das análises setoriais para o desenvolvimento da inovação de um país (Kato et al., 2008).

3.2.1 Conceitos de cadeias produtivas

Michael Porter (Porter, 1989b), apresentou o conceito de *cadeia de valor* que representa o conjunto de atividades primárias e de apoio desempenhadas por uma dada empresa desde as relações com os fornecedores, ciclos de produção, e vendas, até a etapa de disponibilização

final do produto ou serviço. As atividades primárias e de apoio podem assumir características diferentes, de acordo com cada indústria. Em geral, as atividades podem ser classificadas em (Porter, 1989b):

- *Atividades diretas*: aquelas que estão envolvidas diretamente com a criação de valor;
- *Atividades indiretas*: são atividades que possibilitam a realização das atividades diretas; e
- *Atividades de garantia da qualidade*: que envolvem setores específicos comprometidos com a garantia dos produtos gerados pela organização.

Para Porter, a vantagem competitiva de uma empresa é fruto da eficácia e eficiência com que a mesma administra toda a sua cadeia de valor, isto é, como são otimizadas e coordenadas as interações existentes entre os diversos elos da cadeia. É importante mencionar que os elos existem tanto no nível interno às empresas como entre empresas diferentes ao longo dos setores diferentes em que a empresa esteja inserida. Nesse sentido, a ideia de vantagem competitiva é associada ao que acontece no interior das empresas (Porter, 1989b), enquanto que, em estudos anteriores, Porter (1986) considerava a competição no nível da indústria e tendo identificado cinco fatores que impactam na rentabilidade das empresas: consumidores, fornecedores, substitutos, novos entrantes e os competidores da indústria[25].

De acordo com Assumpção (2003), a lógica da cadeia de valor motivou a abordagem de gestão de cadeias de suprimento[26], cujo princípio básico é assegurar maior atenção à satisfação das demandas, com o objetivo de minimizar os custos operacionais e logísticos entre as empresas da cadeia.

O conceito de cadeia produtiva[27] está associado aos aspectos abordados pela logística (Frazelle, 2002) e esta, por sua vez, evoluiu em escopo e influência ao longo dos anos, desde as estações de trabalho até a logística global, conforme apresentado na Figura 3-1.

[25] Em outro livro, *A Vantagem Competitiva das Nações*, Porter estudou como a escolha da localização de uma empresa pode influenciar a sua vantagem competitiva. (Porter, 1989a)

[26] Da terminologia em inglês *supply chain*.

[27] Neste estudo os termos *cadeia produtiva* e *cadeia de suprimentos* serão considerados conceitos similares.

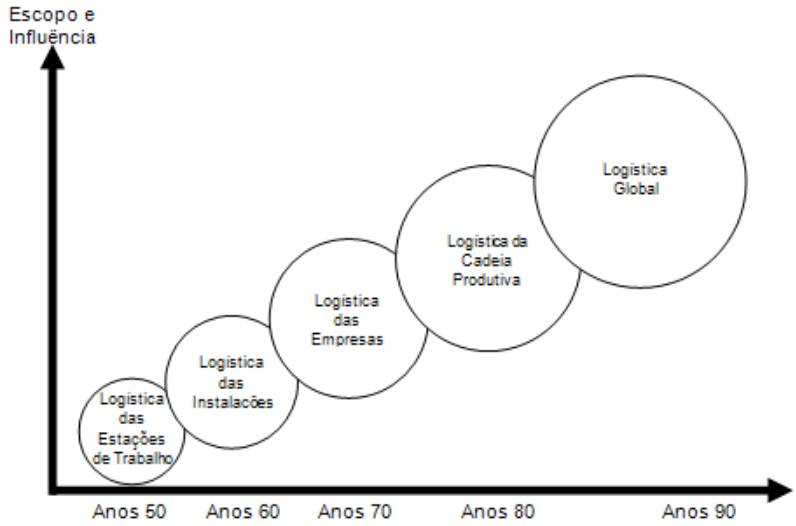


Figura 3-1 Evolução da logística. **Fonte:** (Frazelle, 2002).

Nesse contexto, Frazelle (2002) define *logística* como o *fluxo de materiais, informações, e recursos financeiros entre consumidores e fornecedores*. No caso da cadeia produtiva, a logística representa o fluxo desses elementos entre as empresas que fazem parte da cadeia, considerando não só os fluxos interempresas, mas, também, os que ocorrem nos níveis internos à cadeia (entre as estações de trabalho e instalações, por exemplo).

Nesse contexto, a cadeia produtiva pode ser considerada como uma rede de instalações, sistemas de informação e outros recursos conectados por fornecedores e clientes, enquanto que a logística "*é o que acontece na cadeia*" (Frazelle, 2002). São as atividades de logística – *relação com os clientes, gestão e planejamento de estoques, suprimentos, transporte e gestão de armazéns* – que conectam e ativam os elementos da cadeia (Frazelle, 2002).

O conceito de cadeia produtiva está associado à maneira como acontece a gestão dos diferentes tipos de fluxos físicos, de informação ou financeiros, desde a produção da matéria-prima até o produto final, onde os fornecedores de insumos, processadores, distribuidores e clientes estão interconectados (Borschiver, 1997; Castro et al., 2002; Villa, 2001).

Uma cadeia produtiva envolve as partes que direta ou indiretamente participam da satisfação final do cliente; seu objetivo é maximizar a lucratividade total por meio da gestão dos fluxos de informações e de seus produtos (Chopra; Meindl, 2010).

De acordo com Villa (Villa, 2001), uma cadeia produtiva pode ter duas definições complementares:

a) é uma *rede de mercados*, cada um considerado com seu próprio conjunto de fornecedores e clientes; ou
b) é uma *rede de produtores*, cada um operando em um mercado para adquirir e oferecer produtos.

A capacidade de lidar com os fluxos de entrada e saída de forma efetiva, permite que organizações adquiram vantagem competitiva pela sua habilidade em processar as operações de forma rápida, flexível e com o menor custo. Para desenvolver essa habilidade, as organizações devem integrar a cadeia produtiva com operações que acontecem no interior das suas fronteiras (Olhager; Selldin, 2003).

Para Vert (1991 apud (Borschiver, 1997)) cadeia produtiva é o processo que inicia com a produção da matéria-prima básica, continua com a ocorrência de fluxos de insumos, até a obtenção do produto final, sendo composta de três categorias principais de empresas: as produtoras de matéria-prima, as transformadoras ou formuladoras e as incorporadoras ou montadoras (Borschiver, 1997). Um esquema típico de uma cadeia produtiva, de acordo com essa concepção, é apresentado na Figura 3-2, onde *P1, P2 e P3* correspondem aos produtos/materiais que fluem ao longo da cadeia.

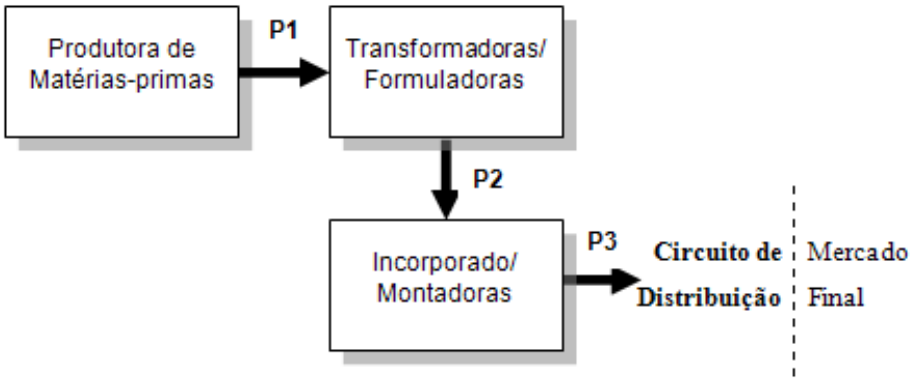


Figura 3-2 Esquema típico de uma cadeia produtiva. **Fonte**: (Borschiver, 1997)

No esquema apresentado por Borschiver, *P1* representa um material elaborado a partir de uma matéria-prima que se torna um insumo para as empresas transformadoras, *P2* é um produto transformado ou formulado, e *P3* é um produto acabado que é enviado ao consumidor final por meio de uma rede de distribuição.

Além disso, o esquema da cadeia produtiva evidencia duas observações apresentadas por Borschiver (1997):

a) As interconexões das cadeias são elos estratégicos relacionados à competição entre agentes econômicos;
b) As considerações dos elementos determinantes da cadeia evidenciam a interdependência entre os elos e à característica de que a ação de cada elemento modifica a resposta de outro.

De acordo com Morvan (1991 apud (Borschiver, 1997)), as cadeias produtivas podem ser analisadas sob quatro perspectivas:

a) Como um instrumento de descrição dos aspectos técnico-econômicos;
b) Como uma modalidade de corte do sistema produtivo;
c) Como um método de análise de estratégias de firmas; e
d) Como uma fonte para a definição de políticas.

Borschiver (1997) observa que as duas primeiras perspectivas são instrumentos para análise das estruturas da realidade industrial e sua evolução, enquanto que as demais se apresentam como instrumentos para a gestão dessa realidade.

O presente estudo terá como foco principal a definição de um modelo para avaliação da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel, por esse motivo, serão prioritariamente consideradas as perspectivas associadas às estratégias, à gestão e à descrição de aspectos tecnológicos e econômicos para abordar a referida cadeia.

Com relação à questão da dinâmica da competição nas cadeias produtivas, Borschiver (1997) recorre ao conceito de competitividade definido por Kupfer [28] (1994 apud (Borschiver, 1997)) para observar que o desempenho e a eficiência das empresas são resultado de capacitações acumuladas e estratégias competitivas adotadas em função das suas percepções quanto ao processo concorrencial e ao ambiente em que as mesmas estão inseridas.

Nesse sentido, a competitividade é determinada por fatores externos à organização e fortemente associada a um padrão específico no mercado. E esse padrão, que nesse contexto está associado à pesquisa de Rockart (1979), corresponde aos fatores críticos de sucesso de um determinado mercado, ou seja, os fatores determinantes da competitividade, que, de acordo com Kupfer (1994 apud (Borschiver, 1997)), são:

[28] Para Kupfer (1994 apud Borschiver, 1997) competitividade é a capacidade de a empresa formular e implementar estratégias concorrenciais que lhe permitam ampliar e conservar uma posição sustentável no mercado de forma duradoura.

a) **Fatores empresariais**: aqueles sobre os quais a empresa tem poder de decisão e controle, referindo-se, por exemplo, à *capacidade da gestão* em posicionar a empresa estrategicamente, de forma a integrar estratégia, capacitação e desempenho; *capacitação tecnológica* para implementar processos para a realização dos produtos; *capacitação produtiva* relacionada à atualização de máquinas, equipamentos e sistemas de medição; e *qualidade e produtividade* dos recursos humanos;
b) **Fatores estruturais**: referem-se à estrutura da indústria à qual a empresa está inserida, sendo caracterizados por especificidades do setor que determinam, por sua vez, o padrão de concorrência dominante da indústria. Entre os exemplos citados por Borschiver (1997) estão: *mercado*, *configuração da indústria* e *concorrência*; e
c) **Fatores sistêmicos**: relacionados à externalidades, ou seja, aspectos sobre os quais a empresa detém pouco ou nenhum controle, por exemplo, *carga tributária*, *política tarifária*, *custo de energia* e *acordos internacionais* (Borschiver, 1997).

3.2.2 Gestão de cadeias produtivas

O conceito de cadeia produtiva tem se mostrado bastante útil para pesquisadores e gestores públicos e privados, entretanto, conforme observam Scramin e Batalha (Scramim; Batalha, 2004), as ideias associadas a esse conceito têm se mostrado insuficientes em fornecer ferramentas gerenciais às empresas que permitam a operacionalização de ações integradas, com o nível de coordenação e eficiência necessários às organizações atuais. Assim, a necessidade de expandir o conceito além das fronteiras das empresas, de forma a atingir as fronteiras da cadeia produtiva, na direção do enfoque gerencial dos agentes, fez surgir o conceito de gestão da cadeia produtiva (Scramim; Batalha, 2004).

Os estudos relacionados à gestão das cadeias produtivas enfatizam a necessidade de integração das operações e entre os produtores, distribuidores e vendedores, por meio de cadeias que envolvam a gestão de matérias-primas e produtos, informações e capitais para atender às necessidades impostas pelo mercado, aumento da competitividade (Teller et al., 2011; Villa, 2001) e a importância das relações estratégicas entre empresas de manufatura e seus fornecedores (Kim, 2000; Petroni e Panciroli, 2002 apud (Assumpção, 2003)).

De acordo com Assumpção (Assumpção, 2003), a ênfase nesse aspecto é fundamentada na hipótese de que relacionamentos de longo prazo melhoram o desempenho do fabricante e dos seus fornecedores, desde que exista a necessária coordenação de ações entre os parceiros do

negócio. Neste caso, a coordenação é definida como o processo de gerenciar dependências entre atividades, considerando, entre outros, aspectos relacionados ao compartilhamento de recursos, designação de atividades e relacionamento entre as empresas (Malone e Crownston, 2000 apud (Assumpção, 2003)).

Nesse sentido, a literatura em geral tem reconhecido que a gestão de cadeias produtivas é a melhor maneira de abordar de maneira sistêmica os diferentes fluxos físicos, financeiros e de informação com o objetivo de melhorar o desempenho das organizações (Kaihara, 2001 apud (Villa, 2001); (Teller et al., 2011)).

A gestão de cadeias produtivas, de acordo com Villa (Villa, 2001), envolve um conjunto de questões técnicas e de gestão associadas à estruturação de produtos e processos distribuídos ao longo da cadeia, coordenação eficiente da produção de bens e serviços, relação com fornecedores e logística em geral, incluindo a gestão de estoques distribuídos, e lida com desafios importantes devido a sua complexidade e ao seu impacto no desempenho das organizações (Villa, 2001).

Para gerenciar os fluxos em uma cadeia produtiva é necessária a presença de gestores operando em partes estratégicas da cadeia. Villa (Villa, 2001) denomina esses gestores de "*agentes*" da cadeia, podendo os mesmos serem de uma mesma empresa ou de diferentes empresas pertencentes à uma determinada cadeia. Villa (Villa, 2001) observa que essa configuração, aliada à natural e esperada competição entre os agentes, conduz ao maior problema da gestão de cadeias de suprimento: *a coordenação de mútiplos agentes*. A esse respeito, Assumpção (Assumpção, 2003) propõe o desenvolvimento de novas capacitações que tenham impacto na presença de inovações tecnológicas em produtos e processos.

Um aspecto importante da gestão das cadeias produtivas é a medição do desempenho, que oferece a possibilidade de avaliar o desempenho passado da cadeia, bem como definir novas metas para o seu futuro. A medição do desempenho de cadeias produtivas tem sido um aspecto bastante abordado na literatura (Ramaa et al., 2009) e é definida como um sistema que provê um modelo mutualmente aceito sobre metas, indicadores, métodos de medição e que especificam procedimentos, responsabilidades dos participantes e o modo de gestão da cadeia (Neely, Platts e Gregory, 1995 apud (Ramaa et al., 2009)).

Nesse contexto, Neelly (1998 apud (Ramaa et al., 2009)) identificou sete razões que justificam o uso da medição de desempenho em geral: *mudanças na natureza do trabalho*,

melhoria da competitividade, iniciativas específicas de melhoria, prêmios nacionais de qualidade, mudanças no papel da organização, mudanças nas demandas externas e poder da informação tecnológica.

O Quadro 3-1 apresenta o resultado da pesquisa realizada por Ramaa (Ramaa et al., 2009) com propostas de indicadores relacionados à medição de desempenho de cadeias de suprimentos, bem como os respectivos autores[29].

Quadro 3-1 Indicadores de desempenho de cadeias de suprimentos genéricas.

Autor	**Indicadores ou estrutura do sistema de medição**	**Autor**	**Indicadores ou estrutura do sistema de medição**
Beamon (1999)	Recursos, resultados e flexibilidade	*Chan(2003)*	Custo, qualidade, utilização de recursos, flexibilidade, visibilidade, confiança e capacidade inovadora.
Holmberg,S. (2000)	Modelo de desempenho com perspectiva sistêmica, custo, velocidade e nível de serviços ao consumidor, agilidade.	*Chan and Qi (2003)*	Entradas, saídas e medidas compostas, processos de cadeia.
Suwignjo, U.S Bititci, and AS Came, (2000)	Modelo quantitativo.	*Chunhua Tian, Yeuting Chai, Yi Liu, Shouju Ren (2003).*	Qualidade, custo, entrega e medidas de desempenho sob uma perspectiva de flexibilidade.
Gunasekaran. A, Patel C and Tittiroglu E (2001)	Foco estratégico, tático e operacional.	*Felix T S Chan, H J Qi, H K Chan, Henry C W Lau, and Ralph W L, (2003).*	Método inovador de medição do desempenho.
Stephens, (2001)	Medições baseadas em processos.	*Stefan Tangen, (2003).*	*Finanças, medidas baseadas em prazos, "não custo".*
De Toni and Tonchia (2001)	Custo e não custo.	*Changrui Ren, Yueting Chai, Yi Liu, (2004)*	Sistema de gestão de desempenho ativo.
Hieber(2002)	Eficiência na colaboração em cadeia; eficiência na coordenação e configuração.	*Archie Lockamy III, Kevin McCormack*	Modelo SCOR[30].
David J. Parsons, Robin J. Clark, Kevin L. Payette, (2004)	Relação entre produção e desempenho da cadeia.	*Schonsleben (2004)*	Qualidade, custo, entrega e flexibilidade.
Gunasekaran A, Williams, H.J and Mcgaughey R. E.(2005)	Estrutura para medição de custos e desempenho.	*Li, S., Rao, S., Ragu- Nathan, T. S., & Ragu-Nathan, B.(2005)*	Parcerias estratégicas com fornecedores, CRM[31], compartilhamento de informações, qualidade, práticas internas limpas e [sem] demoras.
Liwen Wu, Yutao	Finanças, processos de	*Fynes,B., Voss,C.,*	Qualidade, estrutura que

[29] Algumas informações da Tabela, bem como os fatores citados ao longo do trabalho, serão consideradas e adaptadas quando da elaboração do conjunto preliminar de aspectos que originarão as variáveis que serão utilizadas no questionário a ser enviado aos participantes da pesquisa.

[30] *Supply Chain Operation Reference*

[31] *Customer Relationship Management*

Song (2005)	negócio, clientes, ambiente e habilidades essenciais da empresa.	*Búrca,S.D.,(2005)*	incorpora dimensões de relações na cadeia e desempenho com qualidade.
Abhijeet K. Digalwar, Bhimaraya A. Metri (2005)	Estrutura teórica para medidas de desempenho [do tipo] *World Class Manufacturing.*	*MAO Zhaofang et al.(2006)*	Avaliação do nível do suporte (humano, institucional, tecnológico e ambiente) e avaliação nível operacional (tempo, qualidade, finanças e serviços).
Z., Li, X. Xu, & Arunkumar (2007)	Abordagem de medição do desempenho da cadeia que avalie a cadeia a partir de níveis estruturais e operacionais.	*Tong Ren, (2008)*	Medições da cadeia baseada no Modelo SCOR.

Fonte: (Ramaa et al., 2009). Tradução livre.

Com relação aos efeitos da utilização de sistemas de medição de desempenho, Martinez (2005, apud (Ramaa et al., 2009)) destacou oito efeitos positivos associados ao uso desses sistemas:

- possibilitar que as pessoas foquem no que é importante para a organização;
- introduzir melhorias no negócio;
- melhorar a satisfação dos clientes;
- aumentar a produtividade;
- alinhar o desempenho da operação com os objetivos estratégicos;
- aumentar a satisfação das pessoas;
- alinhar o comportamento das pessoas em direção à melhoria contínua; e
- melhorar a reputação da organização.

A literatura estudada apresenta abordagens estratégicas que consideram o desenvolvimento de fornecedores, agentes de canais de distribuição e gestão ambiental na cadeia produtiva. Neste estudo, serão consideradas questões relacionadas à gestão sustentável da cadeia do biodiesel e fatores determinantes que possam afetar o seu desempenho. O estudo pressupõe que a abordagem de cadeias produtivas fornece uma visão sistêmica, pois envolve um conjunto de elementos (elos, agentes, fatores, atividades, fluxos, entre outros) interelacionados que fazem parte e se relacionam num ambiente institucional.

3.2.3 Cooperação e inovação no contexto das cadeias produtivas

No que diz respeito ao fenômeno da cooperação e sua relação com o processo inovativo Brito et al (2005 apud (Kato et al., 2008)) ressaltam que a cooperação entre os agentes econômicos da cadeia produtiva (Serra e Leite, 2003 apud (Kato et al., 2008)) pode ser vista como um mecanismo que contribui para o processo de inovação das empresas. Para os autores, a

integração funcional, a estrutura de redes, tamanho da firma, proximidade geográfica e a confiança entre as partes são fatores que devem ser considerados na busca pela inovação quando da realização de análises que tenham como objetivo a cooperação tecnológica.

De acordo com Serra e Leite (2003, apud KATO et al., 2008) a cooperação em cadeias produtivas pode ocorrer em função da quantidade de empresas que cooperam (bilateral ou multilateral) e da relação estabelecida entre os agentes econômicos relacionados às suas etapas. Nesse caso, as relações podem envolver empresas de um mesmo elo da cadeia, sendo denominada cooperação horizontal, empresas de diferentes elos da cadeia, ou entre fornecedores e consumidores interconectados, caracterizando a cooperação vertical. Em todo caso, concluem Kato et al. (2008), a cooperação é um fenômeno que está intrinsecamente associado aos processos sociais e, mesmo no cenário competitivo, representa uma oportunidade para que as empresas garantam o desenvolvimento de projetos de inovação. Nesse sentido, Kato et al. (2008) enfatizam a importância da análise setorial, conforme estudada por Pavitt (1984 apud KATO, 2008) [32] e discutida por Malerba (2002 apud Kato, 2008), como uma abordagem importante que possibilita o entendimento da estrutura setorial, dos elementos que a compõem (agentes, processos de aprendizagem, inovação e produção), e das suas fronteiras.

Pelos motivos expostos, neste trabalho serão enfatizados os aspectos relacionados ao conceito de cadeia produtiva, por esse ser o que mais se adapta aos propósitos da pesquisa que trata da sua sustentabilidade.

3.3 Aspectos sobre o desenvolvimento sustentável

O conceito de *limites ao crescimento* foi inicialmente apresentado por Thomas Robert Malthus no livro *An essay on the principle of population*, editado em 1798, e começou a se tornar assunto de maiores discussões a partir dos anos 60 (Nolin, 2010). Em 1972, durante a *The United Nations Conference on the Human Environment*, o tema sustentabilidade foi

[32] De acordo com Pavitt (1984 apud Kato, 2008) a mudança tecnológica é um processo cumulativo característico de cada empresa e que varia de acordo com o setor em que a mesma está inserida. O autor classifica os setores em quatro categorias: dominado pelo fornecedor (as fontes de inovação são externas à empresa), intensivo em escala (as fontes de inovação podem ser externas ou externas à empresa com alguma apropriabilidade), fornecedor especializado (com alto grau de apropriabilidade) e baseado em ciência (empresas altamente inovadoras e com alto grau de apropriabilidade).

amplamente discutido e expresso por meio da ideia de que era possível combinar crescimento econômico com proteção ambiental.

O conceito básico de sustentabilidade pode ser obtido a partir da expressão *desenvolvimento sustentável*, conforme apresentado pelo documento *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), mais conhecido por Relatório Brundtland, emitido pela *World Commission on Environment and Development (Nolin, 2010; WCED, 1987)* que à época era chefiado pela norueguesa Gro Harlem Brundtland:

> *Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades* (WCED, 1987).

Atualmente, o conceito de desenvolvimento sustentável envolve as questões associadas ao desenvolvimento econômico, social, respeito ao equilíbrio do meio ambiente e às limitações dos recursos naturais. Assim, em conssonância com o conceito apresentado pela Comissão Brundtland, o desafio atual é encontrar fórmulas e soluções que garantam o desenvolvimento e a qualidade de vida da humanidade, ao mesmo tempo que preserve os recursos naturais do planeta para o uso pelas gerações futuras.

O Relatório Brundtland foi bem aceito pela comunidade internacional por não apresentar críticas à sociedade industrial, mas, ao invés disso, demandar crescimento, tanto em países industrializados como em desenvolvimento, associando a superação da pobreza nesses últimos à continuidade do crescimentos dos primeiros. O Relatório reforça a necessidade de estabelecimento de relações entre a economia, tecnologia, sociedade e política e chama a atenção para a preservação do meio ambiente através do reforço de uma postura ética e responsável entre os integrantes da sociedade (Jacobi, 2003).

Para Jacobi (Jacobi, 2003), o desenvolvimento sustentável envolve aspectos econômicos, biofísicos e componentes sociopolíticos como referenciais para a interpretação do mundo e não se refere à problemas específicos ou limitados, mas a um modelo múltiplo para a sociedade que deve levar em consideração a viabilidade econômica e ecológica. Além disso, o desenvolvimento sustentável é caracterizado pela disposição de redefinir as relações entre o homem e a natureza, introduzindo o desafio de transformar os conceitos em ação.

O conceito de desenvolvimento sustentável, conforme apresentado no Relatório Brundtland, foi posteriormente elaborado, durante o Eco-92, por meio da Agenda 21 (ONU, 1992), e tem sido exaustivamente discutido nos encontros organizados pela ONU e por outras instituições ao redor do mundo (Nolin, 2010).

A Agenda 21 enfatiza o princípio da *integração* como um dos conceitos básicos do desenvolvimento sustentável e deve ser sistematicamente considerada, de forma a criar interrelações entre os aspectos social, econômico e de proteção ambiental (ONU, 1992).

Em suma, as ideias principais envolvidas no conceito de desenvolvimento sustentável são (Nolin, 2010; ONU, 1992; WCED, 1987):

- Integração dos aspectos econômicos e ambientais;
- Preocupações com as futuras gerações;
- Proteção ambiental;
- Uso dos recursos pelas gerações atuais;
- Qualidade de vida; e
- Participação, significando que mudanças nos padrões atuais de uso dos recursos devem ser feitas considerando o impacto para todos os habitantes da Terra.

Essas ideias podem ser representadas por meio da Figura 3-3 que apresenta o esquema representativo dos vários aspectos que compõem o desenvolvimento sustentável. O esquema conhecido como *Triple Bottom Line* é baseado na ideia apresentada por John Elkington, num livro de 1997, chamado *Cannibals with Forks* (Elkington, 1997 apud (Rodriguez et al., 2002)) de que negócios sustentáveis dependem da integração dos estoques positivos de recursos econômicos, ambientais e sociais.

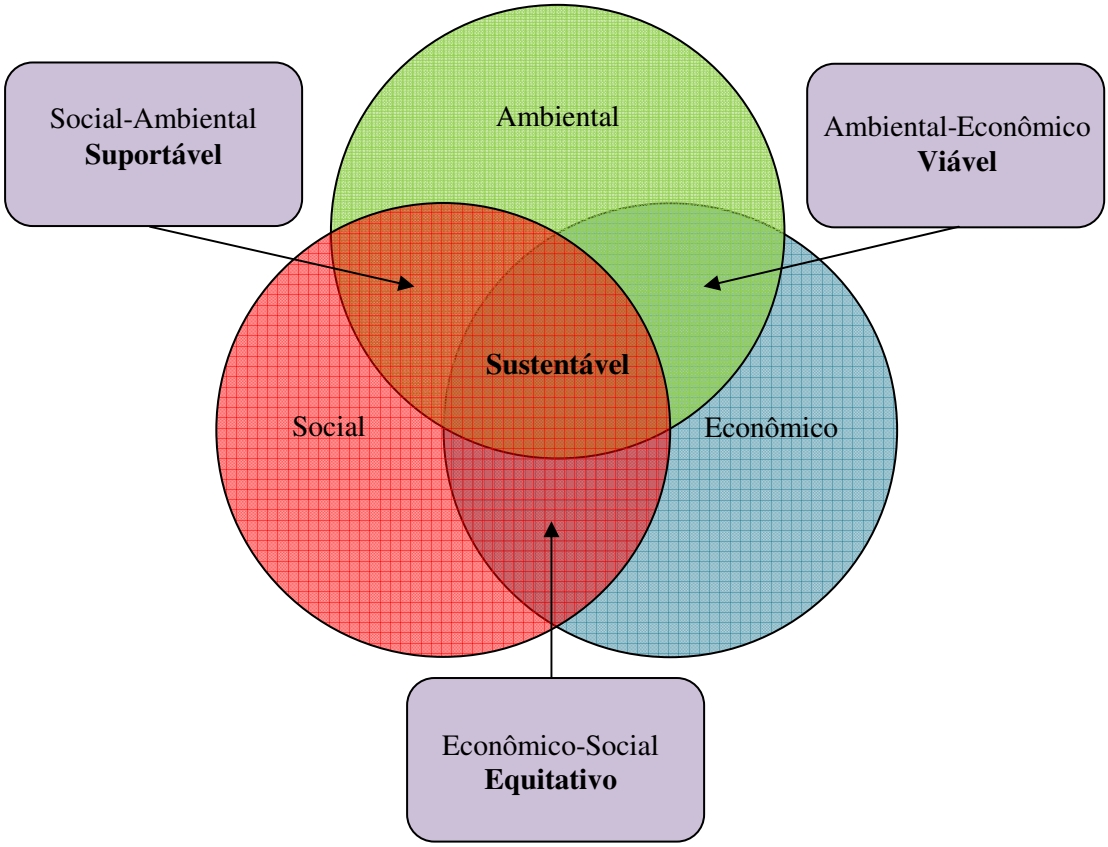


Figura 3-3 Esquema representativo do conceito de desenvolvimento sustentável. **Fonte**: elaborado pelo autor, baseado em (Rodriguez et al., 2002)

Diante dessas ideias, surge a questão: é possível crescer e, ao mesmo tempo, se adequar ao modelo de sustentabilidade? De acordo com especialistas (Rodriguez et al., 2002), uma das chaves para que isso ocorra é a inovação tecnológica, pois com tecnologia adequada é possível aumentar a produtividade, produzindo mais com o uso de menos recursos naturais. Por exemplo, estima-se que a produtividade da soja possa aumentar 50%, somente com o uso correto de irrigação, e a produtividade da cana-de-açúcar pode ser aumentada a partir do uso de tecnologias de melhoramento genético da cana (Fernando Reinach, 2010 apud (Carelli, 2010)).

Um exemplo do uso de inovações tecnológicas associada à produção de biodiesel é o desenvolvimento de tecnologias para reciclagem ou reaproveitamento de glicerina[33], convertendo-a em compostos químicos de alto valor. É o caso do uso da biotecnologia para transformar o rejeito de glicerina por meio da sua degradação com bactérias para transformá-la em biogás, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco (Tecnológica, 2008).

[33] A glicerina gerada corresponde a aproximadamente 11% do biodiesel produzido (MOURAD, 2008).

Tendo em vista os aspectos acima apresentados, este estudo irá abordar o tema sustentabilidade buscando, entre outros objetivos, a integração entre os fatores determinates e a busca de um modelo para avaliação da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

3.4 Fatores críticos de sucesso

O conceito de fatores críticos de sucesso (FCS) foi introduzido na literatura em 1961 por Ronald Daniel e difundido a partir de 1979 por Rockart (Huotari; Wilson, 2001); (Rockart, 1979) como um mecanismo para identificar as necessidades de informações para executivos de organizações (Rockart, 1979); (Boyton; Zmud, 1984). Rockart define os FCS como uma quantidade limitada de áreas chaves cujos resultados satisfatórios garantem o sucesso da organização e, por esse motivo, tais áreas devem receber atenção permanente, sob o risco de a organização não alcançar os resultados almejados (Rockart, 1979). Em outras palavras, FCS são condições, características ou variáveis cujos resultados positivos conduzem a impactos significativos para o sucesso da organização (Zhou et al., 2011), incluindo as questões vitais relacionadas às suas atividades atuais e futuras (Boyton; Zmud, 1984).

A abordagem dos FCS considera que, em geral, as necessidades de informação e a sua quantidade variam de acordo com os gestores e tipo de organização, e baseia-se no fato de que as organizações produzem um grande número de informações, mas somente uma pequena parte delas é relevante e de utilidade para o processo decisório. Por esse motivo, o método dos FCS tem como foco principal os gestores e as suas necessidades atuais e futuras para a gestão eficiente da organização (Rockart, 1979). O método FCS tem sido aplicado desde o nível operacional e corporativo até o nível da cadeia produtiva (Zhou et al., 2011).

O

Quadro 3-2 apresenta exemplos de fatores críticos de sucesso que podem ser identificados em três tipos de organizações. Nos exemplos, Rockart (Rockart, 1979) identifica quatro FCS para supermercados, quatro para a indústria automotiva, e três para um hospital público. De acordo como Rockart, essas organizações podem controlar muitos fatores, mas são os fatores críticos que determinam o sucesso e a competitividade nos seus mercados de origem.

Quadro 3-2 Exemplos de Fatores Críticos de Sucesso

Exemplos	Metas	Fatores Críticos de Sucesso
Organizações com fins lucrativos	Lucros por ação Retorno do investimento Fatia de mercado Sucesso de novos produtos	**Indústria Automotiva** Estilo Qualidade da rede de concessionárias Controle de custos Atendimento aos padrões de consumo de energia **Supermercados** Mix de produtos Inventário Promoção de vendas Preços
Organizações sem fins lucrativos	Excelência nos cuidados com a saúde Atender às futuras necessidades do ambiente de planos de saúde.	**Hospital Público** Integração regional com outros hospitais Uso eficiente dos recursos médicos Redução de custos

Fonte: Rockart (1979).

Nas suas pesquisas sobre FCS, Rockart investigou quais seriam as principais fontes de fatores críticos de sucesso e concluiu que essas fontes não estavam presentes somente no nível da empresa, mas também no nível da indústria em que ela está inserida. Assim, de acordo com Rockart, existem pelo menos as seguintes fontes de fatores críticos de sucesso (Rockart, 1979): a) estrutura de uma dada indústria em particular; b) estratégia competitiva adotada; c) fatores ambientais; e d) fatores temporais.

De acordo com Zhou et al. (Zhou et al., 2011), o processo de identificação dos FCS não deve somente considerar diferentes níveis de uma determinada organização, seus departamentos ou atividades específicas, mas, adicionalmente, deve avaliar a organização como um todo, no nível da indústria, incluindo os níveis social, político e econômico em que uma organização ou um conjunto de organizações está inserido. De fato, Razzaque e Sheng (1998, apud (Zhou et al., 2011)) aplicaram o conceito de FCS para uma cadeia de suprimento e avaliaram fatores como "*comunicação*", "*desenvolvimento de relações*", "*definição de padrões*", "*monitoramento de desempenho*" e "*taxa de retorno do investimento*".

Os FCS tem sido usados para identificar fatores em cadeias de suprimentos da área comercial (Power et al., 2001), gestão de emergências em desastres naturais, tecnologia da informação (Zhou et al., 2011) e construção civil (Salleh, 2009). Na sua pesquisa, Salleh (2009) comparou os seus resultados com os resultados obtidos por Ashley et al (1987, apud (Salleh, 2009)) para

a mesma área de construção civil, tendo conseguido basicamente os mesmos fatores críticos de sucesso, embora com ordenação de importância diferente. Nesse caso, as discrepâncias nos resultados foram explicadas pelo uso de metodologias diferentes para a determinação dos fatores.

3.5 Método PCI: princípios, critérios e indicadores

Nesta seção será apresentado o método PCI, sigla para princípios, critérios e indicadores, juntamente com as suas principais definições. Adicionalmente, serão detalhados aspectos sobre indicadores, suas características e a abordagem adotada pelo presente estudo.

O método PCI tem sido largamente aplicado para o desenvolvimento de padrões relacionados à sustentabilidade em bioenergia (Brandi, H. S., 2012; GBEP, 2011) e gestão sustentável de florestas (Stork et al., 1997), sendo uma ferramenta usada principalmente por desenvolvedores de documentos normativos. Um princípio pode estar associado a mais de um critério e esses, por sua vez, a mais de um indicador. A relação entre esses elementos é apresentada na Figura 3-4.

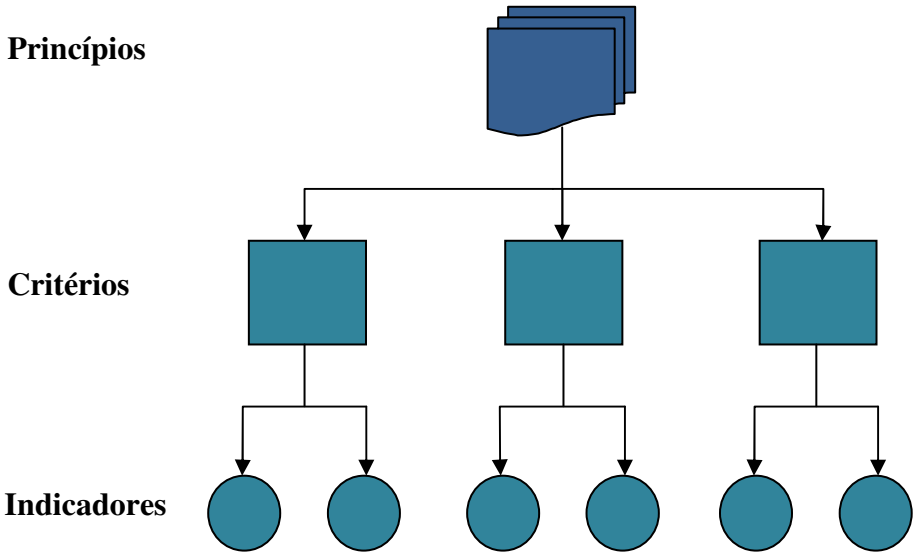


Figura 3-4 Estrutura de princípios, critérios e indicadores. **Fonte**: o autor, com base nas definições do BBOP (BBOP, 2012)

Stork et al (1997) definem princípios, critérios e indicadores no contexto da avaliação da sustentabilidade de gestão de florestas. Para os autores um "princípio" pode ser definido como uma verdade ou lei fundamental que baseia o raciocínio ou as ações; critérios são padrões por meio dos quais uma coisa é julgada; e indicadores são quaisquer variáveis ou componentes de

um sistema usados para inferir atributos sobre a sustentabilidade dos recursos e sua utilização. Podem ser qualquer tipo de variável ou componente usado para obter informações sobre um dado critério, devendo conter uma mensagem única e compreensível sobre o critério. Segundo Stork et al (1997) os critérios são uma espécie de princípios de "segunda ordem", pois servem para adicionar sentido e operacionalidade aos princípios, enquanto os princípios fornecem as justificativas para a definição dos critérios e indicadores.

No contexto da elaboração de padrões normativos para a produção sustentável de bioenergia, Brandi (Brandi, H. S., 2012) define princípios como ideias gerais, conceitos ou metas a serem atingidos; critérios como requisitos que definem o que buscar para alcançar um determinado princípio; e indicadores são medidas quantitativas, qualitativas ou descritivas que apoiam a avaliação de um dado critério.

Para Brandi (2012), a sustentabilidade de um dado produto pode ser avaliada a partir da análise do seu ciclo de vida e dos vários processos e subprocessos que o compõem. Nesse sentido, o desenvolvimento de padrões relacionados à sustentabilidade deve considerar a definição de princípios, critérios e indicadores associados a aspectos sociais, econômicos e ambientais, necessários para uma avaliação completa do grau de sustentabilidade do produto.

O método PCI tem sido usado no desenvolvimento de padrões para medição da sustentabilidade na área de produção de bioenergia. Nesse sentido, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos com destaque para as iniciativas conduzidas pelo *GBEP* (*Global Bioenergy Partnership*) e pela *ISO*. As ações conduzidas pelo *GBEP* envolveram o estabelecimento de uma Força Tarefa com a participação de 23 países, entre esses o Brasil, e 13 organizações internacionais, cujo objetivo era promover a produção e uso sustentável da bioenergia. Como resultado foi apresentado 24 indicadores sobre a produção e uso sustentável de bioenergia. A *ISO*, por meio do *ISO/PC 248* (*Sustainability criteria for bioenergy*) tem trabalhado na busca por critérios padronizados para a produção, cadeia produtiva e aplicação de bioenergia, incluindo terminologia e aspectos relacionados a sustentabilidade ambiental, econômica e social de sistemas de bioenergia (Brandi, H. S., 2012). A expectativa é que uma versão inicial da norma seja publicada pelo grupo de trabalho até abril de 2015. Em ambos os casos, o método PCI é usada para identificar e desenvolver critérios que possam ser aplicáveis para todas as formas de produção e uso de bioenergias, tendo em vista a necessidade de estabelecer meios de comparar as opções disponíveis de uso de energia.

Com relação ao uso de indicadores para avaliar sustentabilidade em geral, a literatura registra o desenvolvimento de várias iniciativas envolvendo a abordagem dos seguintes temas: estruturas para medição de sustentabilidade ambiental e econômica, pegadas ecológicas, indicadores de desenvolvimento humano e indicadores de eco eficiência (Hezri; Dovers, 2006; World Bank, 2003).

Embora a definição dos princípios e critérios seja o principal ponto de partida para a definição do sistema geral de avaliação, o processo de seleção dos indicadores desempenha um papel essencial, pois são eles que fornecerão as informações sobre o nível de atendimento aos requisitos definidos pelos princípios e critérios. Assim, faz-se necessário um aprofundamento dos conceitos relacionados aos indicadores e critérios para a sua seleção e aplicação no contexto da cadeia produtiva do biodiesel.

Os indicadores têm se mostrado como uma ferramenta fundamental para a gestão, formulação de políticas e para fornecer uma forma prática de comparar desempenho em várias áreas do conhecimento humano. Nesse sentido, Nardo et al (2005) definem indicadores compostos [34] como a combinação matemática de indicadores individuais que representam diferentes dimensões de um conceito, cuja descrição é o objetivo da análise (Nardo et al., 2005). Essa é uma definição similar à de escalas múltiplas, isto é, a combinação de diversas variáveis que medem o mesmo conceito em uma única variável como tentativa de aumentar a confiabilidade da medida por meio de medida variada (Hair, J. F. et al., 2005). Essas definições expõem uma importante característica dos indicadores compostos: eles são uma tentativa de representar fenômenos multidimensionais que em sua grande maioria são complexos e de difícil medição. É o caso da sustentabilidade, em geral descrita como uma composição das dimensões social, econômica e ambiental, sendo que cada uma dessas dimensões podem ser descritas por inúmeras variáveis.

Para abordar a questão da multidimensionalidade dos indicadores compostos e do tratamento de fenômenos complexos, a análise multivariada de dados tem se mostrado como uma importante ferramenta para investigar a estrutura dos indicadores e fornecer o nível de confiabilidade necessário para o seu uso (Hair, Joseph F. et al., 2005; Nardo et al., 2005).

Com relação aos critérios para a seleção, o *GBEP* (GBEP, 2011) recomenda que essa etapa considere os aspectos relevância e funcionalidade dos indicadores e que, além disso, eles

[34] do inglês *composite indicators.*

sejam baseados em dados científicos. Para que um indicador seja considerado relevante ele deve ser capaz de medir os critérios a ele associados da forma mais precisa possível. A funcionalidade refere-se à possibilidade de uso prático do indicador no contexto em que o mesmo é utilizado. Por fim, a seleção de indicadores deve considerar aspectos de operacionalidade, objetividade, transparência e credibilidade, isto é, deve ser baseados em práticas cientificamente aceitas. Esses critérios devem permitir o estabelecimento de sistemas de medição que facilitem o uso dos indicadores selecionados em comparações e, sempre que possível, considerar as diferenças de contexto e localização geográfica. A funcionalidade depende da disponibilidade de dados reconhecidos e da facilidade de obtenção dos dados que compõem o indicador.

No presente estudo, o método PCI será adaptado e aplicado para o desenvolvimento e seleção de critérios e indicadores no contexto da cadeia produtiva do biodiesel. Assim, será montada uma estrutura em que um conjunto de critérios baseados nos fatores determinantes e de indicadores baseados nos mesmos fatores será construído tendo como base um único princípio fundamental: a cadeia produtiva do biodiesel deve ser sustentável e competitiva. Isto é, deve produzir energia limpa, promover inclusão social, mitigar impactos ambientais e ser economicamente viável.

Para isso, a análise multivariada de dados será usada para capturar fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel, por meio da análise fatorial exploratória, e para compor conjuntos de indicadores associados aos fatores determinantes capturados. Em ambos os casos, critérios estatísticos como o coeficiente *Alpha de Cronbach* serão utilizados para medir o nível de confiabilidade dos conjuntos selecionados (Hair, J. F. et al., 2005; Nardo et al., 2005).

3.6 Aspectos teóricos sobre gestão de riscos

3.6.1 Introdução

O objetivo desta seção é apresentar os conceitos gerais sobre gestão de riscos. Os conceitos aqui apresentados serão adaptados para o contexto do estudo e utilizados para identificar os riscos associados à sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

Devido à complexidade e aos requisitos envolvidos, incluindo sustentabilidade, a realização de qualquer atividade requer um alto nível de transparência, efetividade, conhecimento do grau de risco envolvido e das formas de abordá-los. A falta de habilidade em gerenciar os riscos pode levar a crises, perda de oportunidades e impactos negativos ao meio ambiente, à sociedade e à competitividade. Por esse motivo, torna-se necessário que em todas as esferas, desde os indivíduos até os governos nos níveis nacionais, regionais e globais, haja uma mudança do estágio que o Banco Mundial chama de "lutadores dos tempos de crise" para o estágio de "gestores de risco proativos e sistemáticos." (World Bank, 2013).

Devido à velocidade com que as mudanças têm ocorrido atualmente, a gestão de riscos tem adquirido cada vez mais importância, não só para as empresas (Passenheim, 2010; Renn; Graham, 2005) como governos, sendo aplicada, por exemplo, por agências ligadas às Nações Unidas (*WHO, IAEA, UNICEF, UNESCO*, entre outras), Banco Mundial (World Bank, 2013) e em cadeias de suprimentos (Manuj; Mentzer, 2008; Mata et al., 2011; Panos Kouvelis, 2011).

3.6.2 Risco: definição e tipos

De acordo com Cameron e Raman (2005) *risco* pode ser definido como "a probabilidade de ocorrência de um evento que pode causar um nível específico de dano para pessoas, propriedades, meio ambiente ou perdas econômicas e financeiras em um período específico de tempo". Para a ISO risco é "o efeito da incerteza sobre os objetivos" (ABNT/ISO, 2009). Renn e Graham definem risco como uma consequência incerta de um evento ou atividade com respeito a algo de valor humano (Renn; Graham, 2005). Para a *UNESCO* risco é a expressão da probabilidade e impacto de um evento incerto, súbito e extremo que se ocorrer pode ter um impacto positivo (oportunidade) ou negativo (ameaça) na realização de um projeto ou programa (UNESCO, 2010). Os riscos podem se apresentar de diversas formas desde a perda de empregos a perdas econômicas ou danos ao meio ambiente, por exemplo.

É importante mencionar, conforme observado pelo Banco Mundial que nem sempre o risco é algo ruim. Em algumas situações correr risco pode ser necessário para criar oportunidades ou aumentar a possibilidade de obter ganhos. Por outro lado, o excesso de exposição ao risco pode tornar as pessoas vulneráveis ou suscetíveis a perdas, devido à combinação da grande exposição com condições internas e gestão de riscos deficientes (World Bank, 2013).

Em função da sua abrangência, os riscos podem ser classificados em pelo menos três tipos (UNESCO, 2010):

- Riscos existentes dentro das fronteiras da organização
  São os riscos que estão na área de influência da organização e, por isso, deve ser gerenciado de forma proativa pela própria organização ou indivíduos responsáveis pelas atividades. Esses riscos podem estar associados à estratégia da organização, processos e operações, gestão, informação, informação tecnológica e finanças.

- Riscos associados ao ambiente externo à organização
  São os riscos que estão fora da esfera de influência da organização e, por isso, podem requerer a elaboração de planos de contingência. Em geral, estão associados às relações e parcerias entre a organização e o ambiente externo.

- Riscos associados à interface entre a organização e o ambiente externo, ou a mais de uma organização.
  A gestão desse tipo de risco requer um alto nível de articulação e parcerias com outras organizações. Podem ser riscos políticos, econômicos, socioculturais, e riscos associados com o meio ambiente, nível tecnológico, segurança e atendimento a leis e regulamentos.

Como é possível observar a partir das definições de risco, eles são expressos em função de relações de causa e efeito. Por esse motivo, a compreensão das causas raízes pode ser útil para a formulação de ações com um maior grau de eficácia na redução das incertezas. Por outro lado, conhecer os efeitos mais importantes pode ajudar a definir planos de contingência mais adequados.

No presente estudo, indicadores selecionados para expressar fatores determinantes serão associados a riscos e utilizados para compreender as causas e tratar os efeitos por meio da comparação dos resultados dos indicadores entre países selecionados. Nessa etapa é importante saber diferenciar as causas, isto é o evento que origina o risco, e as consequências ou impactos nos objetivos da cadeia produtiva como um todo e das organizações que a compõem.

A compreensão dos tipos de riscos permite formular planos que envolvam os atores da cadeia produtiva que realmente disponha dos recursos para mitigá-los. Por exemplo, a definição de uma política que defina o percentual de mistura de biodiesel no diesel é uma ação que cabe,

exclusivamente, ao Governo (embora os demais atores possam atuar para convencê-lo). Os riscos envolvidos são, por um lado, o aumento da capacidade ociosa de produção e, por outro, ou o aumento da inflação decorrente do maior volume de matéria-prima utilizado (na maior parte soja, no caso do Brasil). Entretanto, nesse caso também existem oportunidades: o maior volume de soja corresponde a um maior volume de farelo de soja que, por sua vez, pode ser utilizado para alimentar gado e, portanto, impactar positivamente na inflação. Nesse contexto, é também essencial conhecer as fronteiras e o contexto onde os riscos são analisados. No presente estudo, o ambiente interno é a cadeia produtiva do biodiesel composta por várias organizações que interagem entre si, e entre outras organizações no ambiente institucional em que elas estão inseridas.

3.6.3 Gestão de riscos

Embora o risco não seja uma entidade física que possa ser medida diretamente, ele pode ser avaliado a partir dos efeitos que produz. Isso requer que os riscos sejam identificados, avaliados e controlados levando em consideração sua interação com outros riscos, isto é, que os riscos sejam gerenciados, para que seja evitada a repetição de erros acontecidos no passado. É nesse contexto que a gestão de riscos tem se apresentado como um instrumento para a abordagem sistemática das oportunidades e riscos que surgem nos processos de mudança cada vez mais acelerados.

A gestão de riscos é o conjunto de atividades coordenadas para a identificação, avaliação e priorização de riscos, seguida pela coordenação e aplicação de recursos econômicos para minimizar, monitorar e controlar a probabilidade de eventos indesejáveis ou maximizar a realização das oportunidades (ABNT/ISO, 2009). Trata-se de uma abordagem sistemática para gerenciar riscos ao longo da organização por meio da identificação, avaliação, compreensão, ação e comunicação das questões associadas aos riscos (UNESCO, 2010). Do ponto de vista da tomada de decisão, a abordagem sistemática e integrada para gerenciar riscos requer um equilíbrio e envolvimento entre as ações do estado, da iniciativa privada, da sociedade civil e dos indivíduos, com o objetivo de garantir que a gestão seja coordenada e que haja complementariedade das ações (World Bank, 2013). A gestão de riscos ajuda a criar as condições para que sejam consideradas as prioridades associadas aos diversos tipos de riscos que acontecem em diferentes contextos na busca pelo objetivo comum de obter maiores níveis de desenvolvimento sustentável. Trata-se do processo de confrontar os riscos, se

preparar para eles, e lidar com seus efeitos. Sua principal meta é reduzir as perdas e aumentar os benefícios que as pessoas experimentam quando se deparam com o risco (World Bank, 2013).

A gestão de riscos requer que as ações e responsabilidades sejam compartilhadas nos diferentes níveis da sociedade, desde os indivíduos até a comunidade internacional (World Bank, 2013). Nesse contexto, os governos desempenham um importante papel, criando as condições para a existência do ambiente necessário para o compartilhamento de ações e responsabilidades.

A identificação dos riscos envolve a busca, reconhecimento e registro com o objetivo de encontrar situações que possam afetar o alcance dos objetivos. A identificação pode incluir métodos baseados em evidências, utilização de painéis de especialistas ou técnicas de raciocínio indutivo (ISO, 2009).

A avaliação dos riscos deve ser um processo planejado que envolve a comparação de estimativas de níveis de risco de acordo com critérios que levem em consideração o contexto para determinar o nível de significância e o tipo de risco. A compreensão dos riscos permite o estabelecimento de parâmetros para tomada de decisão e esta, por sua vez, deve considerar os aspectos éticos, legais e financeiros como entradas para a decisão a respeito do tratamento do risco. A ação a respeito dos riscos identificados inclui a decisão sobre a necessidade de tratamento do risco, sua priorização ou que outros caminhos devem ser seguidos para o seu tratamento. A natureza das decisões e os critérios a serem usados devem ser decididos em função do contexto em que os riscos são identificados (ISO, 2009) e dos recursos disponíveis.

A gestão de riscos se apoia na ideia de que onde há mudança surge incerteza e que em uma situação de escolha de alternativas as pessoas decidem na presença dessas incertezas (World Bank, 2013). Além disso, em função dos níveis de incerteza, nem sempre os indivíduos fazem escolhas de uma forma racional, pois elas tornam o processo de decisão mais complicado. Por outro lado, os indivíduos, em geral, preferem fazer escolhas em grupo (de indivíduos ou comunidades em vários níveis), pois os resultados podem ser afetados pela forma como as pessoas agem quando interagem com outras pessoas (World Bank, 2013). Para o Banco Mundial o conhecimento do ambiente em que as escolhas ocorrem é vital para o desenvolvimento de ações coletivas, especialmente na presença de informações assimétricas, interesses divergentes e limitação de conhecimento sendo, portanto, vital para o

desenvolvimento da gestão de risco. Nesse sentido, o Banco Mundial propõe a seguinte estrutura para a gestão de riscos:

a) Avaliar as metas fundamentais e as motivações para a gestão de riscos;
b) Entender o ambiente em que os riscos e oportunidades ocorrem (o Banco Mundial denomina esse ambiente como "cadeia de riscos");
c) Considerar as implicações da gestão de riscos, ou seja, quais são os seus componentes;
d) Avaliar os obstáculos que os indivíduos ou grupos encontram ao gerenciar os riscos, incluindo as limitações de recursos, informações e incentivos;
e) Apresentar o papel dos grupos e as ações coletivas nos diferentes níveis sociais.

Além dessa estrutura geral, existem várias abordagens similares para gestão de riscos na literatura (ISO, 2009; Panos Kouvelis, 2011; Renn; Graham, 2005; UNESCO, 2010; WEF, 2014b). No presente estudo, adotaremos a estrutura proposta pela UNESCO, com as devidas adaptações decorrentes do contexto em que as atividades da cadeia produtiva do biodiesel ocorrem e os objetivos a elas associadas. De acordo com a UNESCO, um processo robusto de gestão de riscos envolve três passos (UNESCO, 2010):

a) Passo 1 - Definir as metas e as partes envolvidas;
b) Passo 2 - Identificar, priorizar e agir sobre os riscos;
c) Passo 3 - Analisar e comunicar as incertezas.

No presente estudo a principal meta está associada à identificação dos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel e as partes interessadas são os agentes envolvidos na realização das atividades da cadeia nos diversos níveis, principalmente os formuladores de políticas para a sua gestão. Por outro lado, o Passo 3 envolve ações que devem ser realizadas após a etapa de definição de recomendações para planos de ação e estão, portanto, fora do escopo do trabalho. Dessa forma, daqui por diante a maior ênfase será ao detalhamento do Passo 2.

3.6.4 Identificação e priorização de riscos

O Passo 2 do processo para a gestão de riscos envolve três fases: a identificação do risco, sua avaliação e priorização e o tipo de nível de resposta requerido para cada risco identificado. Várias abordagens, ferramentas e técnicas podem ser adotadas para a realização desse passo (ISO, 2009; Panos Kouvelis, 2011; Renn; Graham, 2005; WEF, 2014b; World Bank, 2013).

As abordagens envolvem avaliações internas ou externas, questionários, *workshop*, uso de técnicas estatísticas, entre outras. A priorização dos riscos se dá por meio da avaliação simultânea da probabilidade de ocorrência de um evento e do seu impacto, embora outros métodos e fatores adicionais possam ser utilizados (ISO, 2009; UNESCO, 2010; WEF, 2014b; Wiley et al., 2011; World Bank, 2013). As matrizes de riscos são largamente utilizadas e podem assumir diversas formas e conter diversas escalas. Em geral as matrizes assumem o aspecto geral apresentado na Figura 3-5 em que os riscos são associados a áreas específicas da matriz de acordo com a extensão das suas consequências e a probabilidade de ocorrência.

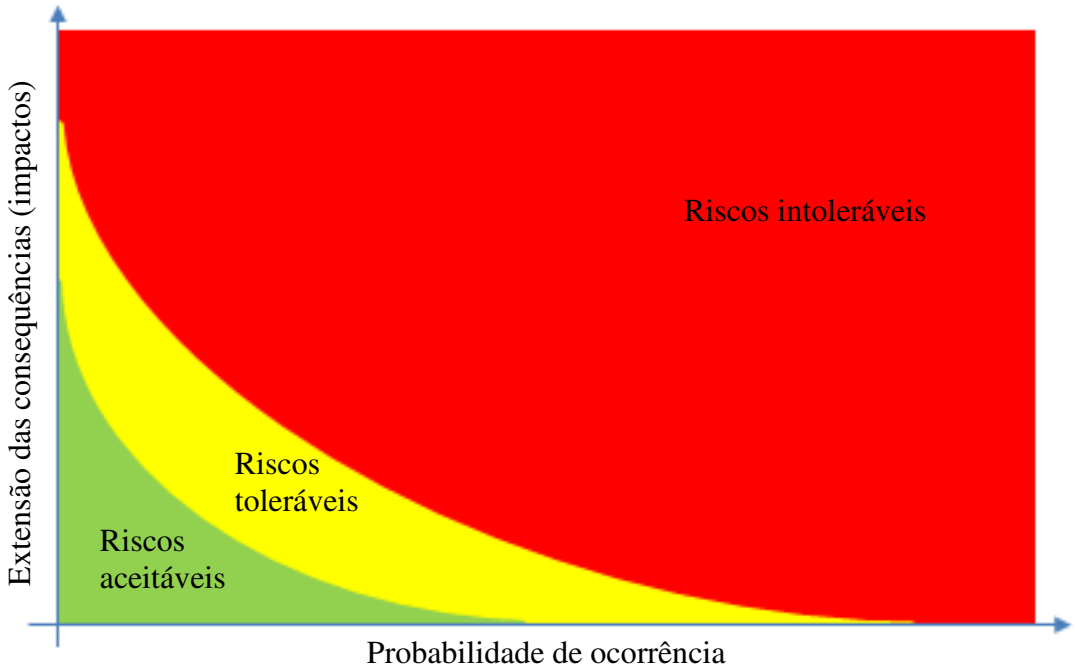


Figura 3-5 Matriz de riscos aceitáveis, toleráveis e intoleráveis. **Fonte**: adaptado de Renn e Graham (2005)

De acordo com Renn e Graham (2005), a fase de classificação e justificativa dos riscos é a parte mais controversa do processo de identificação e priorização dos riscos. Em geral, os riscos são classificados em aceitáveis, toleráveis e intoleráveis. Riscos aceitáveis se referem à categoria de riscos em que as suas consequências e probabilidade de ocorrência são tão pequenas que não é necessário esforço adicional para a redução do risco. Os riscos toleráveis referem-se aos riscos que requerem esforços para a sua redução, mas dentro de limites razoáveis. Os riscos intoleráveis são os que possuem alta probabilidade de ocorrência e grande extensão de suas consequências. Dependendo do tipo de risco as seguintes situações são possíveis (Renn; Graham, 2005):

- Riscos intoleráveis. Nessa situação a fonte ou causa do risco deve ser eliminada, ou quando isso não for possível, as vulnerabilidades e exposição ao risco devem ser reduzidas.
- Riscos toleráveis. O risco precisa ser reduzido ou contido em função dos recursos disponíveis. Nesse caso a ação pode ser conduzida no nível corporativo ou governamental (por meio de agências reguladoras, por exemplo), ou ambos.
- Riscos aceitáveis. Esses são casos em que os riscos são tão pequenos que esforços para a sua redução podem ser desnecessários e até negligenciados.

Essa abordagem é similar a uma das abordagens recomendadas pela norma ISO/IEC 31010 (ISO, 2009) em que são identificados três níveis em que os riscos podem ser categorizados:

- O nível mais alto, onde estão os riscos intoleráveis, cujo tratamento é essencial "seja qual for o seu custo";
- O nível intermediário, onde os custos e benefícios são considerados e equilibrados com as oportunidades e consequências advindas da atuação para mitigá-los.
- O nível mais baixo de risco, em que os riscos podem ser aceitáveis ou tão pequenos que nenhum tratamento é necessário.

Embora com algumas variações em termos da escala adotada, categorização dos riscos e opções de priorização, existem outras configurações para a matriz de risco que podem ser usadas em função do contexto, das circunstâncias e dos recursos disponíveis (ISO, 2009; Panos Kouvelis, 2011; Renn; Graham, 2005; WEF, 2014b; World Bank, 2013).

Outra abordagem adotada para a priorização é o método desenvolvido pela UNESCO, em que os riscos são alocados em quadrantes de uma matriz, de acordo com as probabilidades de ocorrência e impactos, conforme Figura 3-6 e descrição a seguir.

- O Quadrante I, vermelho, é a área que corresponde aos riscos mais críticos, pois nela os riscos têm alta probabilidade de acontecer e os seus impactos nos objetivos são altos. Por isso, são os riscos que requerem mais recursos e mais controles para a sua redução.
- O Quadrante II, parte na cor laranja, é área que corresponde riscos cujas probabilidades variam de baixa a média, mas que possuem alto impacto sobre os objetivos. Nesses casos, geralmente é necessário a implementação de planos de

contingência (ou planejamento de risco) e a consideração de disponibilização de mais recursos.

- O Quadrante III, amarelo, corresponde a riscos com probabilidade alta de acontecer, mas cujo impacto sobre os objetivos variam de baixo a médio. Nesses casos, os riscos devem ser monitorados, pois os recursos, em geral, são suficientes.
- O Quadrante IV, verde, corresponde aos riscos que possuem baixa probabilidade e baixo impacto sobre os objetivos. Nesses casos, os procedimentos de rotina devem ser mantidos e os controles e recursos podem ser mantidos nos mesmos níveis ou até liberados.

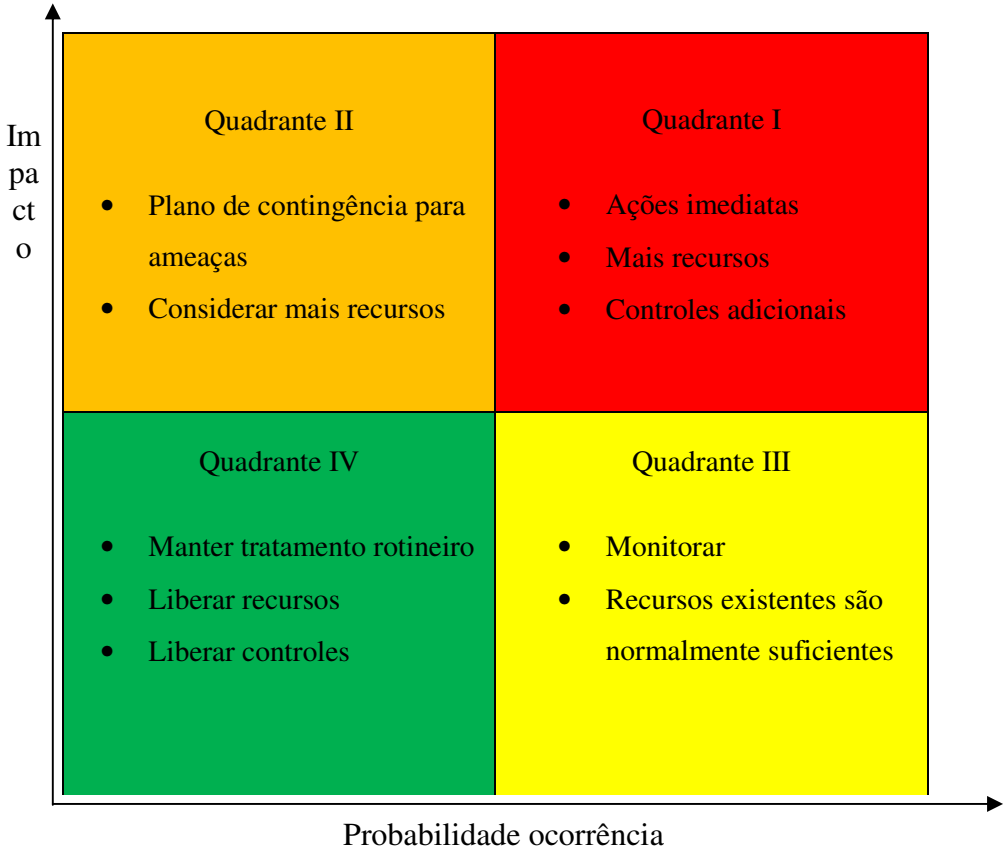


Figura 3-6 Matriz de impacto e probabilidade de ocorrência. **Fonte**: adaptado pelo autor de UNESCO (2010)

3.6.5 O conceito de vulnerabilidade

Vulnerabilidade refere-se à combinação entre o impacto que um risco tem sobre os objetivos e a probabilidade de ocorrência do risco (UNESCO, 2010). A vulnerabilidade pode ser usada para estabelecer a prioridade dos riscos servindo, portanto, como um parâmetro adicional para a decisão sobre a importância do risco as ações a serem implementadas para o seu tratamento.

Quanto maior a vulnerabilidade maior a importância do risco. Riscos que provocam alto impacto e possuem alta probabilidade de ocorrência aumentam a vulnerabilidade e tornam mais difícil o alcance das metas. Mesmo que os riscos estejam situados num mesmo quadrante da matriz de risco eles podem ter diferentes graus, dependendo do seu nível de vulnerabilidade.

3.6.6 Tratamento de riscos

O tratamento de riscos envolve a seleção de opções para modificar os riscos e a implementação das opções selecionadas. Em geral, as opções de tratamento incluem os seguintes aspectos (ABNT/ISO, 2009; Passenheim, 2010; Renn; Graham, 2005; UNESCO, 2010):

3.6.6.1 *Transferir ou compartilhar os riscos*

Trata-se da ação de transferir os riscos para outras partes. Nesse caso ele é apenas movido, mas não eliminado ou atenuado. Embora a transferência de riscos funcione em casos específicos, é necessário ter o devido cuidado ao usar essa opção, pois é essencial que a outra parte tenha capacidade de lidar com ele. O compartilhamento implica na divisão dos riscos para que diferentes partes atuem de forma a poupar recursos e aumentar a eficácia das ações para a sua redução.

3.6.6.2 *Evitar os riscos*

A ação de evitar os riscos implica na decisão de não iniciar ou descontinuar as atividades que lhe dão origem. Essa pode ser uma ação drástica, pois pode significar o abandono de planos ou atividades. Um exemplo de como evitar um risco pode ser continuar usando uma tecnologia estabelecida ao invés de tentar uma tecnologia experimental que poderia aumentar o desempenho de um processo ou atividade (Passenheim, 2010).

3.6.6.3 *Mitigar os riscos*

A mitigação de riscos envolve reduzir as suas consequências (impactos), ou ainda reduzir a probabilidade de ocorrência do mesmo. Em geral, a redução da probabilidade de ocorrência

envolve menos recursos que a do impacto, por esse motivo, a redução da ocorrência é preferível. Em caso de a primeira opção falhar, recorre-se à redução do impacto.

3.6.6.4 *Aceitar ou reter os riscos*

A aceitação ou retenção só deve ser feita quando a possibilidade do risco é tão baixa que ele pode ser aceito, ou ainda quando a decisão for bastante consciente e embasada. Nesses casos, aceitar o risco pode ser a melhor do que tentar transferi-lo ou reduzi-lo, podendo, em alguns casos, o mesmo ser completamente ignorado.

3.6.6.5 *Controlar os riscos*

A etapa seguinte do processo é o controle de riscos, que envolve (Passenheim, 2010):

- A execução das ações definidas para tratar os riscos, de acordo com a sua importância, probabilidade de ocorrência e impacto;
- O monitoramento das ações, incluindo o acompanhamento para detecção do aparecimento de novos riscos;
- Quando necessário, a preparação de planos de contingência.

Essa etapa exige alto nível de controle, pois durante a implementação dos planos de ação pode haver necessidade de mudança do escopo, prazos, recursos e responsabilidades. Por esse motivo, torna-se necessário a atualização dos planos de forma que se crie e mantenha o ambiente necessário para o acompanhamento do progresso e garantia que os objetivos sejam atingidos.

3.6.7 Conclusão

Tendo em vista as definições apresentadas, para os efeitos do presente estudo, risco será definido como uma *consequência incerta de um evento ou atividade sobre os objetivos, podendo causar perdas e danos, ou gerar oportunidades*. Nesse sentido, os riscos se referem aos impactos positivos ou negativos sobre os objetivos políticos, estratégicos ou operacionais de um dado sistema: indivíduo, empresa, cadeia produtiva, governos ou comunidades internacionais.

As classificações de Renn e Graham (2005) e da ISO (ISO, 2009) sobre riscos intoleráveis, toleráveis e aceitáveis, e o conceito de vulnerabilidade (UNESCO, 2010), serão adaptados para as necessidades do presente estudo, tendo em vista a necessidade de priorização dos riscos. A adaptação e a forma adotada para a estimativa da vulnerabilidade serão apresentadas no Capítulo 4. Os resultados da aplicação das adaptações realizadas serão apresentados no Capítulo 7.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Introdução

No presente estudo, os métodos, procedimentos e conceitos apresentados no *Capítulo 3* (Fundamentação Teórica) serão integrados e adaptados para formular a proposta aqui apresentada, considerando o contexto da cadeia produtiva do biodiesel.

Assim, os conceitos associados a cadeias produtivas em geral e os elementos que a compõem, juntamente com os conceitos de fatores críticos de sucesso servirão de base para, por meio de uma pesquisa de campo e do uso de ferramentas estatísticas de análise multivariada de dados, capturar os fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. Uma vez que os fatores tenham sido identificados, o método PCI (princípios, critérios e indicadores) será aplicado para selecionar indicadores que formem conjuntos representativos dos fatores determinantes. Mais uma vez, técnicas estatísticas multivariadas serão utilizadas para garantir a confiabilidade, a dimensionalidade e a validade dos conjuntos de indicadores selecionados. Entretanto, como não é suficiente que os conjuntos de indicadores sejam internamente consistentes e dimensionais (pois é importante que eles sejam coerentes com outros sistemas reconhecidos) eles serão comparados com o sistema do *Global Bioenergy Partnership* (*GBEP*) (GBEP, 2011).

Uma vez que ambos os sistemas sejam compatíveis, os conceitos de similaridades e distâncias, em particular a distância de Canberra, conforme apresentado na proposta de modelo teórico descrita no Capítulo 5, serão utilizados para medir índices de sustentabilidade gerais e relativos aos fatores determinantes e às dimensões da sustentabilidade (econômica, social e ambiental). Adicionalmente, as medições de distâncias serão utilizadas para identificar e classificar os indicadores e, dessa forma, por meio de uma proposta um pouco diferente da geralmente aplicada na literatura estudada, identificar os riscos que impactam a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil. Como qualquer medição implica a comparação de grandezas quantitativas (Inmetro, 2012), essa etapa será feita por meio da comparação dos resultados dos indicadores do Brasil com os resultados de cinco países com altos níveis de produção de biodiesel.

Os procedimentos gerais adotados durante a realização do estudo e as etapas correspondentes apresentadas sumariamente na Figura 4-1 serão descritas neste capítulo. Ao final de cada etapa são apresentados resultados que serão utilizados como entradas para as etapas seguintes.

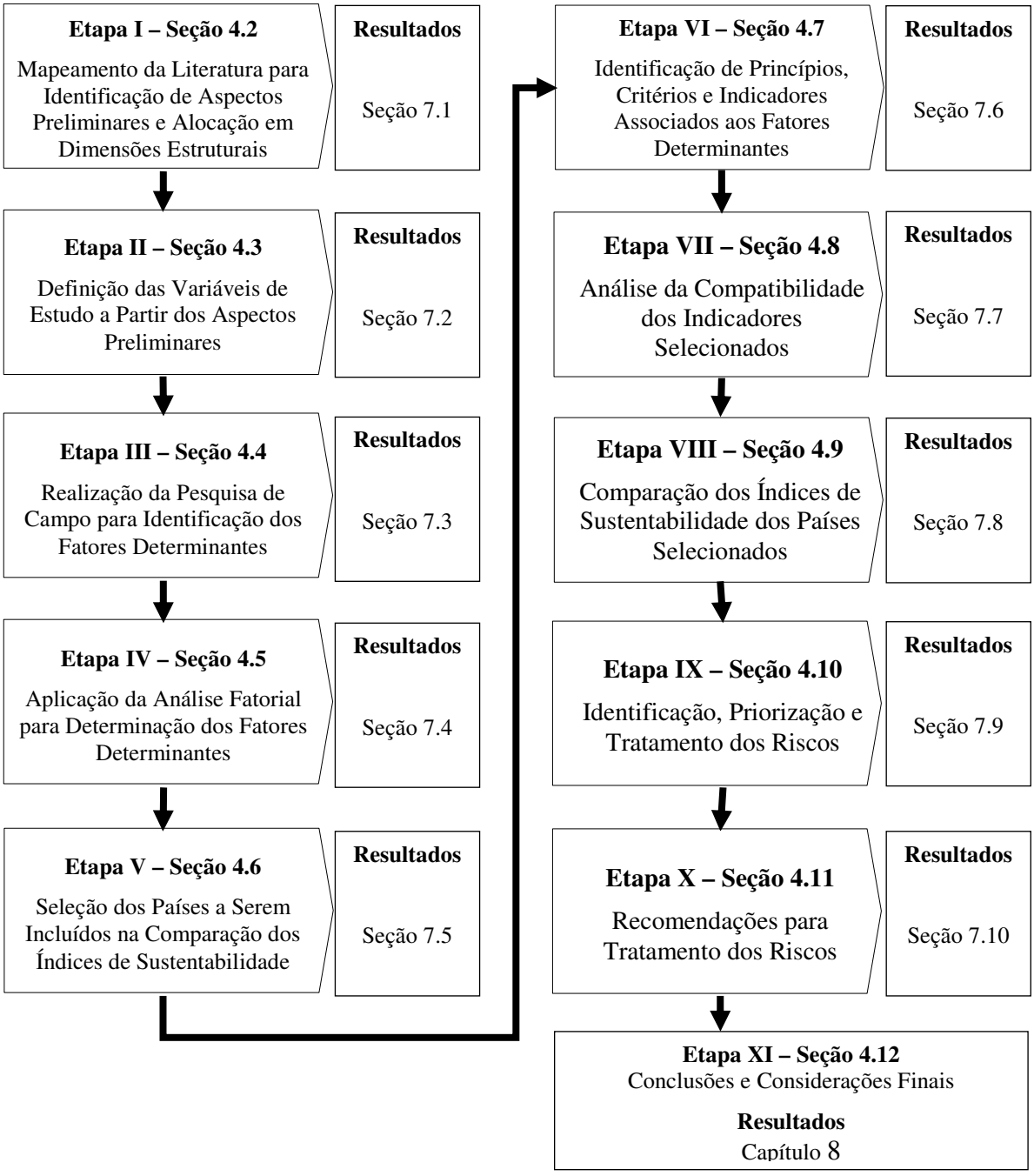


Figura 4-1 Etapas para a realização do estudo. **Fonte**: o autor

O processo inicia com a identificação de aspectos preliminares relacionados ao objeto de estudo até a etapa final onde são apresentadas as conclusões gerais e recomendações.

Para a realização da Etapa VII foi elaborado um modelo específico para a medição de índices de sustentabilidade baseado em distâncias e similaridades, conforme detalhado no Capítulo 5. De forma similar uma proposta de método para identificação, priorização e tratamento dos riscos associados aos indicadores será desenvolvida no Capítulo 6 tendo como referência o modelo apresentado no referencial teórico. Os procedimentos relacionados às demais etapas serão descritos no presente capítulo e os resultados serão apresentados no Capítulo 7.

4.2 Etapa I: mapeamento da literatura para identificação de aspectos preliminares e alocação em dimensões estruturais

4.2.1 Introdução

Nesta etapa será definido o método para realizar o mapeamento bibliográfico e análise das publicações relacionadas aos temas sustentabilidade, biodiesel, gestão de cadeias produtivas, fatores críticos de sucesso e suas inter-relações. Os resultados da análise serão utilizados para identificar aspectos preliminares que formarão as variáveis a serem utilizadas na elaboração do questionário estruturado que, por sua vez, servirá de instrumento para identificação dos fatores determinantes por meio de consulta a atores da cadeia produtiva e aplicação da técnica de análise fatorial. A alocação em aspectos estruturais, baseados na abordagem *6M* (matérias-primas, métodos, meio ambiente, mão de obra, materiais e medição), com a inclusão dos aspectos econômicos e financeiros, tem como objetivo sistematizar a identificação dos aspectos e torná-los mais abrangentes.

As publicações foram analisadas com vistas a levantar aspectos preliminares a serem utilizados como ponto de partida para a identificação de variáveis. Em seguida, os aspectos preliminares foram analisados quanto às suas inter-relações e agrupados, formando um conjunto reduzido de variáveis. As variáveis, por sua vez, foram utilizadas para a confecção de um questionário estruturado e esse, por sua vez, serviu de base para a obtenção dos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. Nas seções a seguir serão apresentadas as etapas para a realização do levantamento bibliográfico, bem como o processo que conduziu à elaboração do questionário estruturado. Os resultados dessa etapa estão descritos na Seção 7.1.

4.2.2 Busca e seleção do material bibliográfico

O método empregado no presente estudo envolveu buscas por publicações em bases de dados de publicações tais como *Scopus*, *Web of Science*, entre outras, que são bases de dados referenciais disponíveis no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) (Capes, 2014). Além disso, foram analisados documentos e dados estatísticos disponibilizados por organizações nacionais e internacionais, tais como: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Ministério das Minas e Energia (MME), no Brasil, *Energy Information Administration (EIA),* nos Estados Unidos, e a *European Biodiesel Board*, na Europa, conforme apresentado nas referências citadas nas seções a seguir.

Assim, a literatura básica identificada compreendendo 162 publicações, publicadas no período total de 1979 a 2012, foi classificada em quatro categorias, compatíveis com o tema do estudo. A primeira categoria envolve documentos relativos ao tema biodiesel (105 publicações) e sustentabilidade (16 publicações). As demais categorias são: fatores críticos de sucesso (sete publicações), gestão em geral (nove publicações) e gestão de cadeias produtivas (25 publicações) (Figura 4-2).

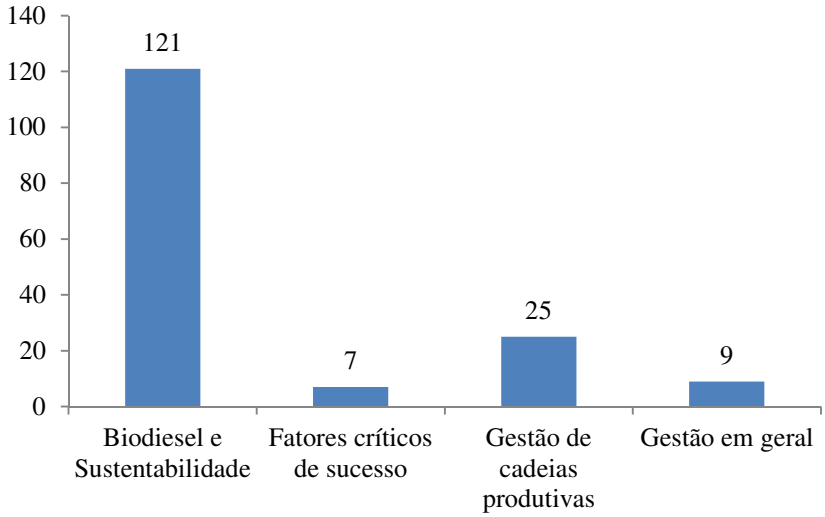


Figura 4-2 Categorias de documentos de acordo com os temas estudados. **Fonte**: o autor.

O foco principal das buscas foi publicações (artigos, relatórios, regulamentos, teses) cujos temas envolvessem, principalmente, biodiesel e sustentabilidade, gestão em geral, gestão de cadeias produtivas e fatores críticos de sucesso. Essa é uma abordagem coerente com a definição de Yin (Yin, 2001) segundo a qual as pesquisas exploratórias se utilizam de diversas

fontes de dados e informações para investigar um fenômeno contemporâneo no seu contexto real, em situações em que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas.

4.2.3 Análise descritiva do material bibliográfico

Conforme mencionado, a amostra básica de 162 publicações compreende o intervalo de tempo que vai de 1979 até o ano de 2012. Esse período cobre três dos documentos que envolvem os temas centrais da pesquisa: a publicação do artigo "*Chief executives define their own data needs*", J. F. Rockart (Rockart, 1979), que apresenta as bases para a definição dos fatores críticos de sucesso (aqui denominados fatores determinantes), e dois documentos que são referência para o tema sustentabilidade: o primeiro, o *Brundtland Report* (WCED, 1987), é um documento que reforça a necessidade de estabelecimento de relações entre a economia, tecnologia, sociedade e política, com foco na preservação do meio ambiente e no desenvolvimento sustentável. O segundo, a Agenda 21 (ONU, 1992), enfatiza o princípio da integração entre os aspectos social, econômico e de preservação do meio ambiente como um conceito básico para o desenvolvimento sustentável, além de aspectos de gestão também abordados pelas publicações da ISO/ABNT (ISO, 2004a;2004b).

A maioria das publicações são artigos (83), incluindo aqueles disponíveis em páginas *Web* (19), periódicos (31), revistas (26) e jornais (sete). Além dos artigos, a amostra é composta de 17 livros, 15 resumos, 33 relatórios, duas normas ISO (ISO, 2004a;2004b), seis teses e seis documentos relacionados a políticas governamentais (Figura 4-3).

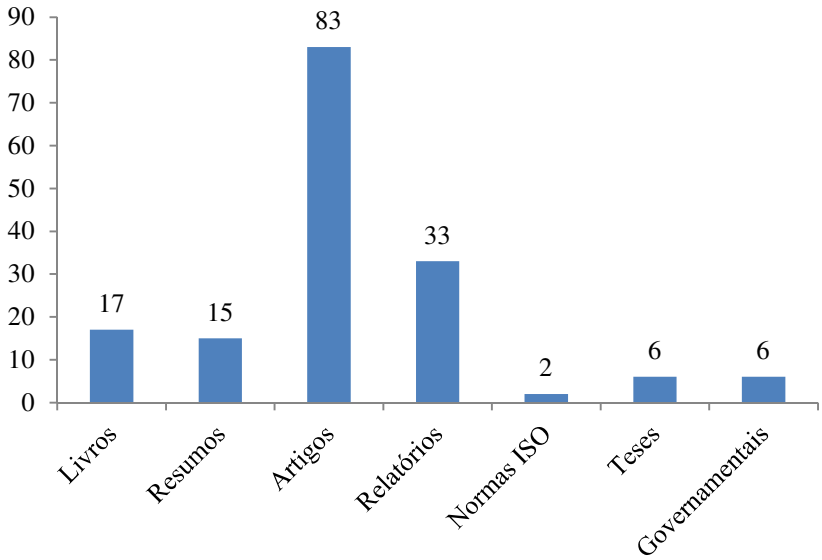


Figura 4-3 Quantidade de publicações analisadas de acordo com os tipos. **Fonte**: o autor

Como a quantidade de documentos relativos ao tema biodiesel e sustentabilidade é maior do que a dos demais temas, para facilitar a interpretação, as informações foram apresentadas por meio de dois gráficos. Assim, na Figura 4-4 são apresentadas informações sobre fatores críticos de sucesso, gestão de cadeias produtivas e gestão em geral e na Figura 4-5 as informações sobre os temas biodiesel e sustentabilidade.

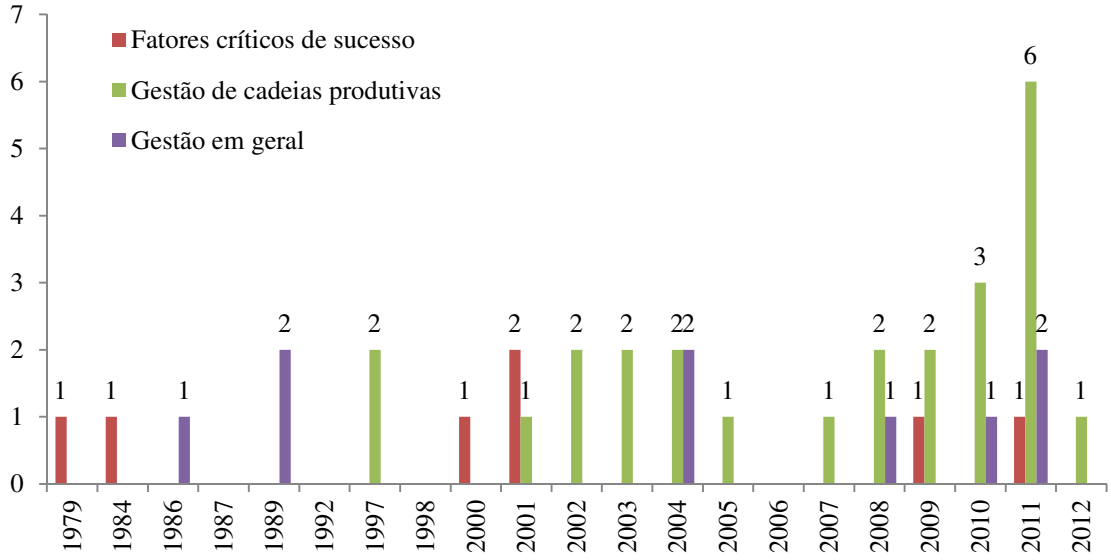


Figura 4-4 Quantidade de documentos de acordo com os temas estudados. **Fonte**: o autor.

Como pode ser observado a partir da Figura 4-4, o tema gestão de cadeias produtivas é bastante recorrente. Nessa categoria foram observadas questões específicas de gestão (Chopra; Meindl, 2010; Olhager; Selldin, 2003; Teller et al., 2011; Villa, 2001), incluindo logística (Frazelle, 2002; Gold; Seuring, 2011; Silva, 2005; Valle, 2009), avaliações da cadeia produtiva (Borschiver, 1997; Galiassi; Scur, 2008; Mourad, 2008), além de aspectos conceituais (Aziz; Zailani, 2011; Batalha, 1997; Villa, 2001), entre outros temas.

Os fatores críticos de sucesso são abordados em uma grande quantidade de áreas que vão da indústria de livros (Kha, 2000), projetos de construção (Salleh, 2009), gestão de emergências (Zhou et al., 2011) até estudos empíricos sobre a gestão de cadeias produtivas com base em fatores críticos de sucesso (Power et al., 2001).

No caso dos aspectos relacionados ao tema biodiesel e sustentabilidade a pesquisa buscou envolver as principais questões que afetam a cadeia produtiva do biodiesel no Brasil, tendo em vista os propósitos do estudo e as questões associadas aos gargalos na logística, determinação de preços, uso da terra, escolha de matérias-primas e tecnologias, entre outros,

embora também tenham sido considerados sistemas adotados por outras economias (Aranda, 2011; Board, 2009; Covrig; Bosch-Gual, 2010; Lima et al., 2008).

A Figura 4-5 apresenta as informações relativas ao tema biodiesel e sustentabilidade. Embora tenha sido feita uma distinção entre as publicações, é praticamente impossível dissociar completamente as questões sobre sustentabilidade das publicações que tratam do biodiesel. Assim, conforme apresentado na Figura 4-2 as informações da amostra revelam um número crescente de publicações a partir de 2003. As publicações envolvem todos os elos da cadeia produtiva do biodiesel desde a produção das matérias-primas (BiodieselBR, 2008a; Embrapa-Soja, 2011; Embrapa, 2007; Lopes, 2006; Nunes, 2007; Ramos, 2008a), passando pela produção do biodiesel (Gnothe; Gerpen, 2005; Morgan Stanley-Seattle Times, 2006; Parente, 2006b) até ao uso do biodiesel (Araújo, 2005; Lobo et al., 2009; Pieprzyk et al., 2009; Vargas, 2011). Além disso, nessa categoria de publicações são discutidas questões relativas a alternativas tecnológicas de produção (Dunn, 2005; Khalil, 2006), análises de mercado do biodiesel (Amaral, 2009;2010; Lima et al., 2008; Mendes; Costa, 2010), entre outros aspectos que serão analisados nas seções a seguir.

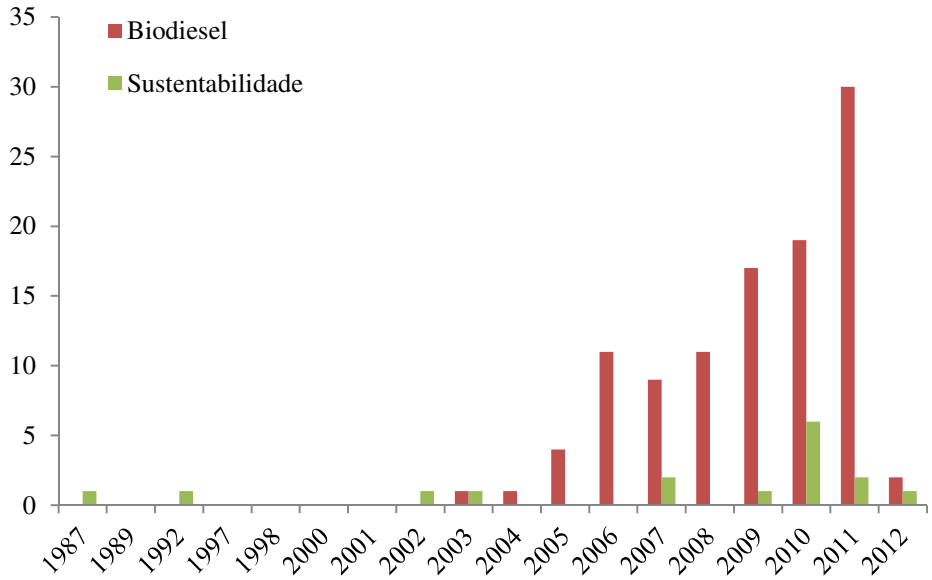


Figura 4-5 Quantidade de documentos sobre os temas biodiesel e sustentabilidade. **Fonte**: o autor.

Com relação às questões associadas ao tema sustentabilidade, além das publicações já mencionadas (ONU, 1992; WCED, 1987), são observadas publicações que abordam análises socioeconômicas (Aranda, 2007; Guilhoto; Cunha, 2012; Jacobi, 2003; MME, 2011a), questões ambientais (Economist, 2011; Jacobi, 2003; Vasudevan; Fu, 2010) e questões

relacionadas aos conceitos gerais de sustentabilidade (Delgado, 2007; Kurki et al., 2010; Nolin, 2010; ONU, 1992; Rodriguez et al., 2002; Walker et al., 2010; WCED, 1987).

Todos esses temas, assim como as questões relacionadas à gestão em geral, incluindo competitividade e inovação (Castro et al., 2002; Porter, 1986;1989a;1989b; Tecnológica, 2008) serão a base para, no primeiro momento, coletar os aspectos preliminares, seguidos de variáveis e, por fim a determinação dos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

É importante destacar que o estudo como um todo não se limitará à bibliografia apresentada neste capítulo. Ela será fundamental para a determinação dos aspectos, variáveis e fatores, mas outras publicações serão usadas para identificar questões associadas aos fatores capturados pela pesquisa, bem como às ferramentas adotadas para as análises estatísticas, como é o caso das publicações associadas à análise multivariada de dados (Abdi; Williams, 2010; Hair, J. F. et al., 2005).

4.2.4 Identificação dos aspectos preliminares e alocação de acordo com dimensões estruturais

O processo para identificar os aspectos preliminares foi realizado por meio da alocação dos aspectos em dimensões estruturais. A alocação nessas dimensões consiste basicamente da exploração e integração dos aspectos contidos nas publicações da amostra analisada e tem como objetivo sistematizá-los de forma a torná-los mais abrangentes. Esta etapa consistirá do agrupamento de aspectos relevantes, de forma a permitir que conclusões gerais a respeito dos mesmos levem a um conjunto de variáveis relacionadas à gestão da cadeia produtiva do biodiesel.

Conforme apresentado no Quadro 4-1 as seguintes dimensões estruturais, baseadas na abordagem 6M (matéria-prima, métodos, meio-ambiente, mão de obra, máquina e medição), incluindo aspectos econômicos e financeiros foram utilizadas para identificar os potenciais fatores que tenham relação com a forma como as organizações pertencentes à cadeia produtiva do biodiesel gerenciam seus negócios:

Quadro 4-1 Dimensões estruturais

Dimensões estruturais	Aspectos envolvidos
Matérias-primas	Matérias-primas, insumos e recursos naturais, tecnologias.
Métodos	Métodos, processos, procedimentos, sistemas, políticas ou planos, inovações no produto e no processo.
Meio ambiente	Meio ambiente, aspectos ambientais e de infraestrutura da cadeia; legislação; incentivos.
Mão de obra	Mão de obra, aspectos sociais, recursos humanos, competências, responsabilidade social, comunicação interna, *marketing,* e relação com os clientes e fornecedores.
Materiais	Materiais, equipamentos e tecnologias.
Medição	Medição ou sistemas de medição; controles.
Econômica e financeira	Políticas tarifárias, custos, preços.

Considera-se que essas dimensões, bastante difundidas nos círculos de gestão, para análise das causas e efeitos de problemas de gestão em geral, são úteis para os propósitos da pesquisa, pois permitem a estruturação e distribuição equitativa dos aspectos preliminares que originarão as variáveis a serem incluídas nos questionários, bem como garante uma abordagem completa dos temas considerados na pesquisa.

Os resultados da presente etapa são apresentados na Seção 7.1.

4.3 Etapa II: definição das variáveis de estudo a partir dos aspectos preliminares

4.3.1 Introdução

Na etapa anterior foram identificados 93 aspectos preliminares. Nas seções a seguir esses aspectos serão agrupados de acordo com a similaridade e o resultado será utilizado para compor variáveis de estudo. Essas variáveis servirão de base para a elaboração do questionário estruturado a ser utilizado na pesquisa de campo junto aos atores envolvidos na cadeia produtiva do biodiesel.

4.3.2 Agrupamento dos aspectos preliminares em variáveis

O agrupamento dos 93 aspectos preliminares em variáveis foi realizado por meio do exame das relações e similaridades entre os aspectos preliminares e resultou em um subconjunto final, reduzido, composto de 24 variáveis, codificadas de *X1* a *X24*. Nesse processo, algumas

variáveis foram compostas, enquanto outras foram eliminadas do conjunto, por já apresentarem variáveis similares. Ressalta-se, entretanto, que nessa etapa também é recomendável que existam variáveis com algum grau de correlação para que seja possível aplicar a análise fatorial (Hair, Joseph F. et al., 2005) e, dessa forma, os fatores resultantes do processo tenham um mínimo de correlação entre si, e as variáveis que o compõem tenham o máximo de correlação possível.

Os resultados dessa etapa são apresentados na Seção 7.2.2.

4.4 Etapa III: realização da pesquisa de campo para identificação dos fatores determinantes

4.4.1 Introdução

Nessa etapa foi elaborado e utilizado um questionário estruturado para identificar os fatores determinantes de acordo com a percepção de especialistas envolvidos com aspectos relacionados à cadeia produtiva do biodiesel. Essa etapa envolveu a identificação dos respondentes, envios de mensagens e contatos para a obtenção das respostas.

4.4.2 Questionário estruturado para determinação dos fatores determinantes

Para a identificação dos fatores determinantes, tendo em vista a estratégia adotada, dados foram coletados por meio de questionários estruturados e eventuais entrevistas respondidas por especialistas da área, escolhidos de acordo com a sua atuação nos diversos elos da cadeia produtiva do biodiesel e o seu conhecimento sobre o tema.

O questionário estruturado, baseado em uma página *web* (ver Apêndice B – Questionário), continha as seguintes partes:

a) Uma seção para obter informações gerais sobre os especialistas, tais como nome, endereço eletrônico, áreas de interesse e nível de conhecimento sobre a cadeia produtiva do biodiesel;
b) Uma seção onde os especialistas declarariam suas percepções sobre o grau em que eles consideravam os conceitos declarados nas variáveis *muito determinantes*,

determinantes, *moderadamente determinantes* ou *não determinantes* para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

Para a elaboração do questionário, foi utilizado o método de combinação de diversas variáveis relacionadas a um mesmo conceito, expresso na descrição da variável.

Cada variável (de *X1* a *X24*) foi considerada como um vetor que conteria os resultados das percepções e respostas dos especialistas de acordo com o nível de determinância para cada uma das variáveis. Assim, para uma resposta *muito determinante* a variável receberia um escore de *4* pontos; para *determinante*, *3* pontos; para *moderadamente determinante*, *2* pontos; e para *não determinante*, *0* ponto. O escore total para cada variável foi obtido a partir da soma dos escores de cada resposta.

4.4.3 Estratégia da pesquisa de campo

Para tornar possível a abordagem sistemática do tema proposto, o presente estudo adotou o método *survey* como estratégia para a pesquisa de campo, coleta de dados e definição dos processos de medição a serem adotados para o estabelecimento dos fatores determinantes.

O método *survey* pode ser descrito como o conjunto de procedimentos para a obtenção de dados ou informações características de um fenômeno associado a um determinado grupo de representantes de uma população-alvo, por meio de um instrumento de medição, usualmente um questionário (Fowler, 1984; Freitas, H. et al., 2000; Yin, 2001).

A utilização do método *survey* é adequada em situações em que o objetivo da pesquisa é descrever um fenômeno e como e porque o mesmo está acontecendo no seu ambiente natural, sem o necessário interesse em controlar variáveis dependentes ou independentes. Considera-se que o método é compatível com os objetivos da pesquisa, pois o seu propósito é produzir descrições quantitativas, por meio de estatísticas sobre aspectos presentes na amostra representativa utilizada, nesse caso, agentes da cadeia produtiva do biodiesel (Fowler, 1984; Freitas, H. et al., 2000; Yin, 2001).

4.4.4 Respondentes

A fim de obter informações confiáveis e relevantes foram enviadas mensagens por e-mail, em alguns casos, após contatos prévios pessoalmente ou por telefone, para convidar os especialistas a responder o questionário.

Após a submissão dos questionários aos especialistas da cadeia produtiva do biodiesel, os dados recebidos foram tratados estatisticamente antes da aplicação da análise fatorial e determinação dos fatores determinantes, conforme descrito nas seções a seguir.

Os resultados dessa etapa estão descritos na Seção 7.3.

4.5 Etapa IV: aplicação da análise fatorial para determinação dos fatores determinantes

4.5.1 Introdução

Nessa etapa, os resultados dos escores atribuídos às variáveis serão analisados por meio da aplicação da técnica de análise fatorial (Hair, J. F. et al., 2005). Os resultados obtidos permitirão a obtenção dos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

Os fatores determinantes, resultantes dos agrupamentos obtidos com técnicas multivariadas, terão as seguintes características, que são ilustradas na Figura 4-6:

a) As variáveis que os formam são altamente correlacionadas entre si, com o mínimo de variância possível;
b) Os grupos de fatores determinantes serão heterogêneos entre si e com o máximo de variância possível entre fatores.

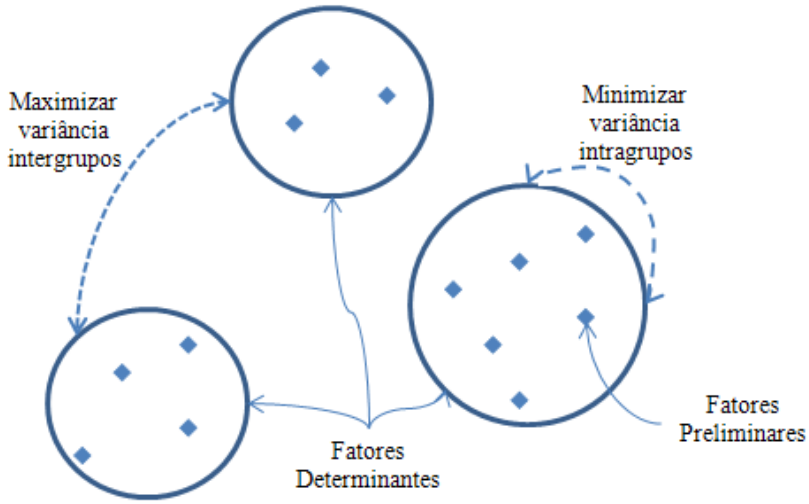


Figura 4-6 Representação esquemática dos fatores determinantes. **Fonte:** o autor.

A análise dos fatores determinantes complementará a visão global sobre o desempenho passado da cadeia e permitirá a determinação de índices de sustentabilidade baseados em indicadores associados aos fatores. Os índices e indicadores possibilitarão detectar aspectos em que haja necessidade de realizar as correções para a obtenção de resultados que conduzam ao desenvolvimento sustentável de toda a cadeia produtiva.

Para análise dos dados e obtenção dos fatores determinantes, foi empregada a análise fatorial utilizando a análise de componentes principais como método de extração dos fatores associado ao método *Varimax* para rotação dos fatores obtidos (Hair, J. F. et al., 2005). A análise fatorial é uma técnica de redução de dados para classificar variáveis em um conjunto menor de fatores. A ideia básica da análise fatorial é descrever um conjunto de variáveis n $x_1, x_2, \ldots, x_n$ em termos de um número menor de fatores representativos das relações entre as variáveis. Ao resumir os dados, a análise fatorial captura as dimensões latentes que representam o conjunto de dados em um número menor de conceitos do que as variáveis individuais originais (Hair, J. F. et al., 2005). Em geral, o modelo da análise fatorial pode ser representado por (Johnson; Wichern, 2007; Nardo et al., 2005):

$$x_1 = \alpha_{11}F_1 + \alpha_{12}F_2 + \cdots + \alpha_{1m}F_m + \varepsilon_1$$
$$x_2 = \alpha_{21}F_1 + \alpha_{22}F_2 + \cdots + \alpha_{2m}F_m + \varepsilon_2$$
$$\ldots$$
$$x_n = \alpha_{n1}F_1 + \alpha_{n2}F_2 + \cdots + \alpha_{nm}F_m + \varepsilon_n$$

Onde x_i é uma variável com média zero e variância unitária; $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \ldots, \alpha_{im}$ são as cargas fatoriais relacionadas às variáveis x_i; $F_1, F_2, \ldots, F_m$ são os m fatores comuns não correlacionados, com média zero e variância unitária; ε_i são os n fatores específicos supostamente independentes e identicamente distribuídos com média zero.

A abordagem mais comum da análise fatorial é usar o método de análise de componentes principais para extrair as m primeiras componentes e considerá-las como fatores, desconsiderando as demais por não explicarem suficientemente a variância total do sistema (Baldini et al., 2012; Hair, J. F. et al., 2005).

A análise fatorial será aplicada no presente estudo com o propósito de proporcionar uma melhor identificação e interpretação dos aspectos envolvidos na sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. A fim de determinar uma solução que atendesse da melhor maneira possível todos os critérios requeridos para a análise fatorial, a análise foi conduzida nos estágios apresentados nas seções a seguir, que são os mais utilizados na literatura (Hair, J. F. et al., 2005).

4.5.2 Avaliação preliminar da amostra

Os dados obtidos dos especialistas foram estatisticamente analisados em busca de um padrão de valores perdidos (*missing values*), a fim de substituí-los por valores estimados a partir de métodos apropriados de imputação de dados. A análise de valores perdidos ajuda a corrigir dados incompletos e evita interpretações erradas dos resultados e redução da precisão das estatísticas calculadas. Além disso, muitos procedimentos estatísticos, como é o caso da análise fatorial, usada na presente tese, são baseados em casos completos (Hill, 1975). Existem vários métodos para imputação de dados disponíveis na literatura, entre esses a múltipla imputação e regressão. Entretanto, na presente tese foi utilizada a substituição pela média, por ser esse o método mais usado e recomendado pela literatura(Hair, J. F. et al., 2005; Hill, 1975).

Os resultados desse passo são apresentados na Seção 7.4.2.

4.5.3 Testes de adequação da amostra

Para testar a conveniência de usar os resultados do modelo de análise fatorial, foram realizados dois testes (Hair, J. F. et al., 2005; Malhotra, 2001):

- O *Teste de Esfericidade de Bartlett,* que fornece a probabilidade estatística de que a matriz de correlação tenha correlações significantes entre as variáveis. Nesse caso, valores altamente significantes (*p<0.001*) indicam a presença de correlações não nulas na amostra; e
- A Medida de Adequação da Amostra (*MSA*)[35] de *Kaiser-Meyer-Olkin* que indica o grau de intercorrelação entre as variáveis. Baixos valores desse índice (menores do que de 0,50) indicam baixo grau de intercorrelação entre as variáveis. O *MSA* deve ser observado não só para as variáveis como um todo, mas também para as correlações parciais presentes nas variáveis da matriz anti-imagem (Field, 2005; Hair, J. F. et al., 2005), disponibilizada pelo *software* utilizado para a análise fatorial.

Os resultados desse passo são apresentados na Seção 7.4.3.

4.5.4 Determinação do número de fatores

Para a determinação do número de fatores a serem extraídos foi adotado o critério da raiz latente ou autovalor, em conjunto com o percentual total de variância explicada. O critério da raiz latente é mais confiável quando o número de variáveis está entre 20 e 50 (Hair, J. F. et al., 2005; Malhotra, 2001). De acordo com Hair et al. (Hair, J. F. et al., 2005), quando o número de variáveis é menor do que 20 poucos fatores são extraídos; quando é maior do que 50, existe a tendência de que um número excessivo de fatores sejam extraídos. O critério da percentagem de variância é baseado na obtenção de um percentual cumulativo de variância total extraída pelos fatores. Para esse critério, são consideradas satisfatórias soluções fatoriais que expliquem pelo menos 60% da variância total (Hair, J. F. et al., 2005). Outro critério presente na literatura é o teste de *scree (Hair, J. F. et al., 2005)*. Ele não foi adotado porque, em geral, resulta em mais fatores do que o critério da raiz latente. Em complemento a esse critério, foram avaliadas as comunalidades de cada variável. Variáveis com valores de comunalidades inferiores a 0,50 são consideradas como tendo um nível insuficiente de explicação na solução fatorial (Hair, J. F. et al., 2005).

O método de rotação dos fatores adotado na análise fatorial foi o *Varimax*. Esse é um método ortogonal que foi escolhido por ser o mais comumente adotado pela literatura e por apresentar a vantagem de minimizar o número de variáveis com altas cargas sobre um fator, além de facilitar a interpretação dos mesmos. Existem outros métodos de rotação ortogonal como o

[35] Do inglês, *Measure of Sampling Adequacy*

Equamax, *Promax* e *Quartimax*, além do método de rotação oblíqua, conhecido como *Direct Oblimin*. Informações sobre os métodos, seus usos e vantagens podem ser encontradas na literatura disponível sobre o assunto (Field, 2005; Hair, J. F. et al., 2005; Malhotra, 2001).

Como não há consenso sobre o número mínimo de variáveis por fator (Hair, J. F. et al., 2005; Malhotra, 2001) no presente estudo, por seu caráter exploratório, será adotado um mínimo de duas variáveis para esse parâmetro (ver Tabela 7-3).

A análise fatorial foi realizada usando o *software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* e os resultados desse passo são apresentados na Seção 7.4.4.

4.5.5 Determinação do ajuste do modelo

A partir da solução fatorial adotada, foi realizada a avaliação do ajuste do modelo fatorial obtido. Esse procedimento permitiu avaliar os resíduos obtidos a partir das diferenças entre as correlações observadas (apresentadas na matriz de correlação de entrada) e as correlações reproduzidas (estimadas com base na matriz de fatores). Para esse parâmetro é aceitável que até 50% dos resíduos sejam maiores do que 0,05 (Field, 2005; Malhotra, 2001).

Os resultados desse passo são apresentados na Seção 7.4.5.

4.5.6 Determinação da confiabilidade do questionário (escala)

A medida da confiabilidade geral das variáveis usadas na pesquisa foi obtida por meio do cálculo do *Alpha de Cronbach* para todas as variáveis consideradas como uma escala. O *Alpha de Cronbach* é a medida mais comum de medição da consistência interna ou confiabilidade de escalas e varia de 0 a 1, sendo usada para determinar se questionários com múltiplas questões formam uma escala estatisticamente confiável. A confiabilidade é definida como o grau em que uma variável ou conjunto de variáveis é consistente com o que se pretende medir. O limite inferior para o *Alpha de Cronbach* aceito é, geralmente, 0,70, podendo diminuir para 0,60 em pesquisas exploratórias (Hair, J. F. et al., 2005).

A avaliação da confiabilidade é importante porque na sua ausência é impossível obter validade do agregado de indicadores analisados. Para a análise de confiabilidade será utilizada a rotina *Reliability Analysis* do *software SPSS* para obter o *Alpha de Cronbach* para o conjunto de indicadores associados a cada um dos seis fatores determinantes encontrados na

pesquisa de campo. O índice *Alpha de Cronbach* pode ser definido como (Cronbach, 1951; Nardo et al., 2005):

$$\propto = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum_{j=1}^{k} s_j^2}{s_T^2}\right] \quad (4\text{-}1)$$

Onde: k é o número de itens (indicadores); $s_j^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_{ij} - \bar{x}_j)^2$ é a variância do item j ($j = 1, ..., k$) e s_T^2 é a variância dos totais de um dado conjunto de indicadores.

Os resultados desse passo são apresentados na Seção 7.4.6.

4.5.7 Comparação dos resultados com outros métodos de rotação

Para avaliar a validade da configuração dos fatores encontrados foi realizada a comparação com dois métodos diferentes de rotação, além do *Varimax*: o método Equamax, que é um método de rotação ortogonal e o método *Direct Oblimim*, que é um método de rotação oblíqua. O objetivo da comparação é verificar se o padrão de fatores encontrados com o método de rotação *Varimax* é compatível com o padrão resultante dos métodos mencionados, o que é uma indicação da validade dos resultados encontrados.

Os resultados desse passo são apresentados na Seção 7.4.7.

4.5.8 Resultados da análise fatorial e nomeação dos fatores

Após a aplicação da análise fatorial e a realização das demais etapas do processo, o próximo passo é nomear os fatores. Isso é feito a partir da análise do padrão das cargas fatoriais das variáveis que compõem cada fator. Dessa forma, variáveis com maiores cargas terão maior influência sobre o nome do fator, embora todas as variáveis sejam significativas e possam, a princípio, ser usadas para a atribuição do nome. Nessa etapa é importante avaliar os sinais das cargas fatoriais, pois eles demonstram o tipo de relação entre as variáveis de um mesmo fator, pois cargas com sinais iguais significam que as variáveis estão diretamente relacionadas, e cargas com sinais diferentes indicam relação indireta; os sinais não têm influência sobre a denominação do fator (Hair, J. F. et al., 2005; Malhotra, 2001).

Os resultados gerais dessa etapa bem como uma análise dos fatores encontrados são apresentados na Seção 7.4.8. A análise geral dos fatores determinantes é realizada na Seção 7.4.9.

4.6 Etapa V: seleção dos países a serem incluídos na comparação dos índices de sustentabilidade

A fim de estabelecer uma base de comparação de índices de sustentabilidade do Brasil baseados nos fatores determinantes e nas dimensões da sustentabilidade foram selecionados seis países produtores de biodiesel. O principal critério para a escolha dos países foi o volume de produção, exceto no caso da China, incluída na comparação devido ao papel de destaque desse país no cenário global, principalmente nos aspectos que envolvem competitividade e sustentabilidade, e à sua capacidade de se tornar um grande produtor do biocombustível.

É importante mencionar que comparações baseadas na metodologia aqui desenvolvida podem ser realizadas em diversos níveis (empresas, setores, nacional, regional ou internacional) e contextos, não se limitando à cadeia produtiva do biodiesel As comparações podem ser realizadas entre duas ou mais entidades, desde que existam indicadores disponíveis e comuns às entidades participantes da comparação.

Os resultados dessa etapa são apresentados na Seção 7.5.

4.7 Etapa VI: identificação de princípios, critérios e indicadores associados aos fatores determinantes

4.7.1 Introdução

Nesta seção serão apresentados os critérios e procedimentos adotados para: a) seleção das bases de dados usados como fontes de indicadores preliminares associados aos fatores determinantes; b) para a seleção dos indicadores obtidos com base no método PCI; c) para a formação de indicadores compostos; e d) para a associação dos indicadores com as dimensões da sustentabilidade.

4.7.2 Identificação das bases de dados para seleção dos indicadores

Os seguintes critérios foram adotados para a seleção dos repositórios e bases de dados adotados como fontes dos indicadores preliminares:

- Elas deveriam ser reconhecidas nacional ou internacionalmente e serem de acesso aberto;

- Elas deveriam dispor de indicadores relacionados aos temas da pesquisa como sustentabilidade, competitividade, produção de bioenergia, biocombustíveis ou biodiesel, gestão e gestão de cadeias produtivas, sustentabilidade, competitividade, entre outros; e
- Elas deveriam conter dados completos para os seis países envolvidos na comparação.

Dessa forma, os seguintes repositórios e bases de dados foram utilizados no presente estudo:

- *The Global Competitiveness Index data platform (GCI)*, Forum Econômico Mundial
  Trata-se de uma base de dados mantida pelo *World Economic Forum* em que são listados indicadores para avaliar a competitividade de 148 economias globais (WEF, 2014a).

- *Global Health Observatory Data Repository (GHO)*, Nações Unidas
  O *GHO* é um repositório que disponibiliza acesso *online* a mais de 50 bancos de dados. Esse repositório também mantem o *Millennium Development Goals*, um conjunto de oito metas e indicadores que envolvem dados sobre pobreza e fome, saúde infantil, imunização, saúde materna e reprodutiva, *AIDS*, malária e outras doenças, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento de parcerias globais (WHO, 2014).

- *Environmental Performance Index (EPI)*, Universidade de Yale (EUA)
  O *EPI* disponibiliza *online* um banco de dados que agrega 20 indicadores envolvendo nove aspectos em dois grandes grupos: saúde ambiental e vitalidade do ecossistema. Os indicadores do primeiro grupo compreendem impactos na saúde, qualidade do ar e água e saneamento; o segundo grupo envolve: recursos hídricos, agricultura, florestas, pesca, biodiversidade, e clima e energia (EPI/Yale, 2014).

- *World Development Indicators (WDI)*, Banco Mundial
  O *WDI* é uma de base dados que mantém um conjunto de indicadores de várias fontes internacionais envolvendo 214 economias. Cobre áreas como mudanças climáticas, meio ambiente, desenvolvimento social, infraestrutura, saúde, empregos, comércio, entre outras (World Bank, 2014).

- *International Energy Statistics, U.S Energy Information Administration* (EUA)
  A base de dados da Agência Americana de Informações sobre Energia contém dados anuais sobre petróleo e gás, eletricidade, carvão e energias renováveis. Além disso, dispõe

de informações sobre emissões de CO_2, dados sobre população e preços do petróleo (EIA, 2014).

- *United Nations Statistics Division (UNSD)*, Nações Unidas
  A divisão de estatística das Nações Unidades mantem um repositório *online* com vários bancos de dados como o *Commodity Trade Statistics (Comtrade), Census Knowledge Base, Good Practices database, Social Indicators*, e o *Millenium Indicators Database*, entre outros. O *Millenium Development Goals Indicators* foi o principal banco de dados do repositório usado para a pesquisa dos indicadores. Trata-se de um conjunto de dados oficiais envolvendo mais de 60 indicadores para medir as Metas do Milênio para o Desenvolvimento (ONU/MDG, 2014).

- *FAO Statistical Databases & Data-sets (FAOSTAT)*, Nações Unidas
  A *FAOSTAT* é um repositório da *Food and Agriculture Organization* (FAO), organização das Nações Unidas que disponibiliza séries históricas de dados relacionadas a alimentos e agricultura sobre 245 países e territórios e 35 regiões, desde 1961 (FAO, 2014).

- *World Intellectual Property Organization (WIPO)*
  A *WIPO* é um banco de dados *online* que disponibiliza cerca de 30 indicadores sobre propriedade intelectual, incluindo patentes, marcas, design indústria e modelos de utilidade (WIPO, 2014).

Com relação aos indicadores disponíveis nas bases de dados, o principal critério adotado para a seleção foi identificar os dados mais recentes disponíveis.

4.7.3 Critérios para seleção dos indicadores

O método conhecido como PCI, sigla para princípios, critérios e indicadores (apresentada na Seção 3.5) serviu como a principal referência para a determinação dos elementos que formam a estrutura de indicadores apresentados no presente estudo. Nessa etapa, os aspectos preliminares, as variáveis e os conceitos associados aos fatores determinantes foram norteadores para a elaboração do conjunto de critérios e seus respectivos indicadores. Assim, a hierarquia apresentada na Figura 4-7, adaptada do método PCI, foi adotada para o desenvolvimento da estrutura de indicadores.

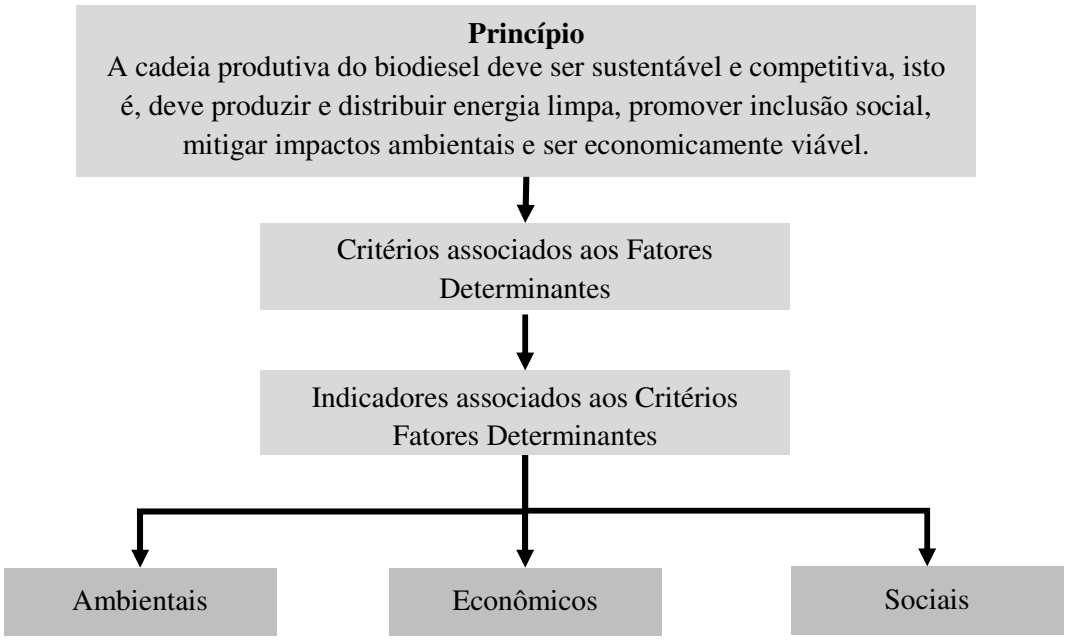


Figura 4-7 Hierarquia dos Indicadores. **Fonte**: o autor.

Dessa forma, a partir das informações contidas na Tabela 7-5 (*Estrutura dos fatores determinantes*), e tendo em vista o princípio fundamental apresentado na Figura 4-7 foram identificados critérios associados a cada fator determinante. Os critérios, por sua vez, foram os elementos que permitiram a identificação e seleção dos indicadores nas bases de dados para compor cada um dos fatores determinantes, conforme previsto pelo método *PCI*, descrita na Seção 3.5. Os critérios são essenciais para a definição dos indicadores e estão fortemente relacionados às variáveis que conduziram aos fatores determinantes, bem como com os aspectos preliminares que deram origem às variáveis. Eles são os elementos que acrescentam sentido ao princípio fundamental: *a cadeia produtiva do biodiesel deve ser sustentável e competitiva, isto é, deve produzir e distribuir energia limpa, promover inclusão social, mitigar impactos ambientais e ser economicamente viável*.

A comparação com outros países depende dos propósitos da pesquisa e da disponibilidade de dados. Para tornar possível a avaliação do nível relativo de sustentabilidade entre os países selecionados, de acordo com os princípios e critérios desenvolvidos no estudo, os seguintes critérios foram adotados para a seleção dos indicadores preliminares:

- Disponibilidade de dados completos sobre o indicador nas bases mencionadas na Seção 4.7.2 para todos os países envolvidos na comparação;

- Indicadores associados aos temas da pesquisa (bioenergia, biodiesel, gestão, sustentabilidade, competitividade), e relação com os fatores determinantes e critérios a eles associados, conforme a hierarquia apresentada na Figura 4-7.

É importante mencionar que essa etapa envolveu a busca por indicadores preliminares, com os dados mais recentes disponíveis, que serão submetidos a testes de confiabilidade, dimensionalidade e validade antes de formarem a estrutura definitiva a ser utilizada nas demais etapas do estudo. São esses passos que serão descritos nas seções a seguir.

4.7.4 Critérios para formação de indicadores compostos associados aos fatores

Os conjuntos de indicadores, conhecidos na literatura como indicadores compostos (Nardo et al., 2005) ou escalas múltiplas (Hair, J. F. et al., 2005), são uma combinação de diversas variáveis ou indicadores em uma única medida composta. Essa combinação, de acordo com Hair et al (Hair, J. F. et al., 2005) apresenta duas vantagens: é um meio de superar o erro de medida[36] inerente aos indicadores e possui a capacidade de representar múltiplos aspectos de um conceito com uma medida única.

Para a construção dos conjuntos de indicadores associados aos fatores determinantes serão avaliados quatro aspectos (definição conceitual, dimensionalidade, validade e confiabilidade), conforme recomendação disponível na literatura (Hair, J. F. et al., 2005).

A *definição conceitual* está relacionada com a base teórica para a composição dos indicadores e o contexto da pesquisa. Na presente pesquisa a definição conceitual está associada com aos conceitos de princípios, critérios e indicadores. São esses elementos que fornecem a base teórica para a formação dos conjuntos de indicadores.

A análise de *dimensionalidade* tem por objetivo comprovar que os indicadores dos conjuntos são fortemente associados uns com os outros, representando um conceito único. A dimensionalidade será verificada por meio da realização de análises fatoriais realizadas por meio do método de análise de componentes principais[37] (ver Seção 4.5). O critério

[36] Erro de medida é o grau com os valores observados não são representativos dos valores "verdadeiros", devido, por exemplo, a erros de entrada de dados e falta de habilidade dos indivíduos de fornecerem dados precisos (Hair, J. F. et al., 2005).

[37] A análise de componentes principais é um método que tem por finalidade básica reconhecer padrões por meio da análise e redução de dados com o objetivo de escolher formas representativas dos dados originais (Hair, J. F. et al., 2005).

recomendado pela literatura é que os conjuntos formados tenham cargas altas num único fator (Hair, J. F. et al., 2005).

A *validade de conteúdo* é a avaliação da correspondência dos indicadores a serem incluídos nos conjuntos e a definição conceitual. Trata-se de uma avaliação subjetiva cujo objetivo é garantir que a seleção dos itens dos conjuntos aborde não somente questões empíricas, mas considere aspectos práticos e teóricos (Hair, J. F. et al., 2005). No presente estudo, a validade de conteúdo foi realizada por meio da avaliação da correspondência ou compatibilidade entre os conjuntos de indicadores do estudo e o sistema de 24 indicadores apresentados pelo *Global Bioenergy Partnership* (GBEP, 2011). A principal suposição é que quanto maior a compatibilidade, maior a correspondência entre os indicadores e os conceitos baseados nos princípios e critérios associados aos fatores determinantes, sendo essa, portanto, uma maneira suficiente de comprovar a validade de conteúdo do conjunto de indicadores selecionados. O motivo da escolha do sistema de indicadores do *GBEP* é que essa parceria é a maior e mais importante iniciativa para o desenvolvimento de indicadores para sistemas produtivos de bioenergia (GBEP, 2011)[38].

A *confiabilidade* é uma avaliação do grau de consistência entre múltiplas medidas de uma variável, isto é, o quanto os indicadores individuais de um dado conjunto medem o mesmo conceito e são altamente intercorrelacionados (Hair, J. F. et al., 2005). No presente estudo, a análise do nível de consistência interna dos conjuntos de indicadores será medida por meio do índice *Alpha de Cronbach*, correlações item-com total e correlações interitens. O critério para o índice de consistência interna é que o valor de *Alpha de Cronbach* seja superior a 0,700, conforme recomendado pela literatura, embora valores acima de 0,600 possam ser aplicados em pesquisas exploratórias (Hair, J. F. et al., 2005). Os valores do índice *Alpha de Cronbach* variam de 0 a 1 e um conjunto de dados com índice 0,60, por exemplo, significa que 60% da variância do conjunto pode ser considerada confiável e o conjunto de dados internamente consistente. O *Alpha de Cronbach* pode ser interpretado como o coeficiente médio de todas as estimativas de consistência interna que se obteriam se todas as divisões possíveis da escala fossem feitas (Cronbach, 1951; Hair, J. F. et al., 2005).

---

[38] A *ISO*, por meio do *ISO/PC 248*, está em fase de desenvolvimento de um padrão normativo *Sustainability criteria for bioenergy*, cujo escopo é a padronização de critérios para a produção, cadeia produtiva e aplicações de bioenergia. A norma deverá incluir terminologia e aspectos relacionados a sustentabilidade de bioenergia. Para mais informações ver: http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee.html?commid=598379.

A determinação da adequação de indicadores é um processo interativo em que um conjunto preliminar é testado quanto à sua consistência interna. Caso os limites não sejam atingidos, indicadores podem ser excluídos ou incluídos do conjunto até que seja alcançado um limite adequado de confiabilidade. A análise da confiabilidade foi realizada de acordo com a descrição apresentada na Seção 4.5.6.

Além dos resultados da análise do *Alpha de Cronbach*, o procedimento para análise de confiabilidade envolve a avaliação complementar da matriz de correlação inter-itens, isto é as correlações entre os indicadores. O critério adotado foi o nível de significância das correlações de *Pearson* entre os indicadores. Assim, para os efeitos do presente estudo foi adotado que os indicadores pertencentes a um dado fator tivessem pelo menos uma correlação significante no nível 0,05 (*p-level* $\leq$ 0,05) com um ou mais indicadores do agregado. Para realizar essa etapa foi utilizada a rotina *Bivariate Correlations do SPPS*.

Os indicadores excluídos dos conjuntos foram avaliados para testar se isoladamente eles possuíam o nível de confiabilidade suficiente para formar um novo conjunto de dados consistente. Alguns indicadores excluídos de um dado conjunto foram incluídos em outros e testados quanto à sua capacidade de agregação, ou seja, de se integrar de forma consistente a outros fatores, de acordo com os critérios já mencionados.

No caso das correlações item-total, o nível geralmente aceito são valores acima de 0,500 (Hair, J. F. et al., 2005). Com relação às correlações inter-itens, embora haja um limite recomendado pela literatura, todos os conjuntos formados tiveram um número expressivo de correlações significativas no nível de 0,01 e 0,05.

Os critérios de confiabilidade e dimensionalidade serão aplicados na seleção dos conjuntos de indicadores conforme descrito na Seção 7.6. A validade de conteúdo será avaliada por meio da análise de compatibilidade entre o conjunto de indicadores selecionados e os indicadores do *GBEP*, conforme descrito na Seção 4.8.

4.7.5 Associação com as dimensões da sustentabilidade

Em adição à utilização do sistema de 24 indicadores do *GBEP* para a análise da compatibilidade e garantia da comprovação da validade de conteúdo, o sistema também serviu a outro propósito: como aquele sistema possui embutida uma categorização dos indicadores de acordo com as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) essa

categorização foi usada para, indiretamente, classificar os indicadores dos conjuntos do presente estudo de acordo com as mesmas dimensões. A associação é realizada para fins de análise e não afeta os resultados gerais dos índices de sustentabilidade, nem o resultado das comparações entre os países selecionados. Conforme mencionado no Capítulo 5 outras dimensões podem ser definidas por meio, por exemplo, do uso de técnicas estatísticas de análise multivariada de dados.

4.7.6 Codificação dos indicadores

A fim de facilitar a referência aos indicadores e a sua associação aos fatores, os mesmos foram codificados como *F1_1, F1_2*, etc.. Assim, o indicador *F1_1* é o primeiro indicador do fator *F1*, *F1_2* é o segundo, e assim por diante. Detalhes sobre cada um dos indicadores, no que diz respeito às suas unidades, origem, nome original, interpretação, descrição e processo para obtenção são apresentados no Apêndice A.

Como somente foram usados dados completos, não houve a necessidade de utilização de nenhum procedimento de substituição de dados perdidos.

Para a realização dos testes estatísticos todos os indicadores foram convertidos para um mesmo padrão, o *z-score*, com média 0 (zero) e desvio padrão 1. A normalização é necessária, pois os indicadores podem possuir diferentes unidades. A normalização dos dados foi realizada de acordo com a equação: $z = \frac{x-\bar{x}}{s}$, onde: z = *z-score;* $\bar{x}$ = média dos valores de um dado indicador; e s = desvio padrão dos valores de um dado indicador. Os resultados da Etapa VI são apresentados na Seção 7.6.

4.8 Etapa VII: análise da compatibilidade dos indicadores selecionados

Conforme mencionado na Seção 4.7.4, a análise da compatibilidade do conjunto de indicadores selecionados terá como objetivo comprovar a validade de conteúdo do conjunto, isto é, o quanto ele corresponde aos conceitos apoiados no princípio e nos critérios associados aos fatores determinantes. Essa etapa será feita por meio de uma avaliação qualitativa do nível de correspondência entre os indicadores selecionados e os indicadores do *Global Bioenergy Partnership* (GBEP, 2011). Assim, quanto maior a correspondência, maior a compatibilidade entre os dois sistemas de indicadores e maior a probabilidade de que os indicadores selecionados representem os conceitos envolvidos pelos fatores por eles representados.

O *GBEP* é uma parceria global que envolve 23 nações e 13 organizações internacionais que se uniram para iniciar o desenvolvimento de um sistema de indicadores para sistemas produtivos de bioenergia. Trabalhando desde 2008, em 2011 o grupo concluiu o desenvolvimento de 24 indicadores. Entretanto, de acordo com o *GBEP*, os indicadores devem servir somente como referência, pois não possuem nenhum valor associado e a maioria deles não possui dados disponíveis (GBEP, 2011).

Os resultados dessa etapa são apresentados na Seção 7.7.

4.9 Etapa VIII: comparação dos índices de sustentabilidade dos países selecionados

Para avaliar a sustentabilidade da cadeia produtiva por meio da comparação de resultados de indicadores de países selecionados foi elaborado um modelo teórico específico tomando como referência os conceitos sobre distância e similaridade. A proposta do modelo teórico é apresentada no Capítulo 5 e os resultados da sua aplicação aos indicadores e países selecionados são apresentados na Seção 7.8.

4.10 Etapa IX: identificação, priorização e tratamento dos riscos associados aos indicadores

O método para identificação, priorização e tratamento dos riscos associados aos indicadores está descrito no Capítulo 6. Os resultados da sua aplicação aos indicadores e países selecionados são apresentados na Seção 7.9.1.

4.11 Etapa X: recomendações para tratamento dos riscos

As recomendações para tratamento dos riscos serão elaboradas tomando como referência os conceitos descritos nas seções 3.6.6 e 6.4. Os resultados dessa etapa serão apresentados na Seção 7.10.

4.12 Etapa XI: conclusões e considerações finais

Nessa etapa serão apresentadas as conclusões finais da pesquisa realizada, bem como as recomendações decorrentes dos resultados obtidos e dos procedimentos realizados. Inclui

ainda considerações finais e propostas para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema.

A Figura 4-8 apresenta a representação geral do processo de obtenção do Índice Total de Sustentabilidade (ITS). Conforme descrito nas seções anteriores, o processo inicia com a identificação de aspectos preliminares (*A1, A2, ..., A93*). Os aspectos são usados para formar as variáveis de estudo (*X1, X2, ..., X24*), por meio da primeira forma de redução dos dados. Em seguida, por meio da análise fatorial são determinados os fatores determinantes *F1* a *F6*. A próxima etapa será a construção dos indicadores (*I1, I2, ..., I45*), associados aos fatores determinantes e , finalmente a sua agregação em um indicador único, o ITS. Todas as etapas resumidas na Figura 4-8 serão abordadas ao longo do desenvolvimento da tese, conforme a metodologia descrita no presente capítulo.

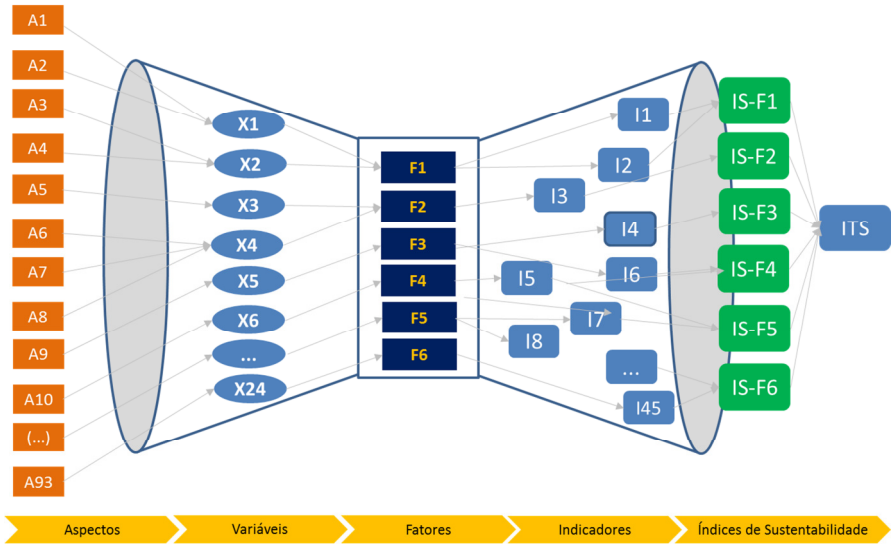


Figura 4-8 Representação geral do processo de obtenção dos índices de sustentabilidade e do Índice Total de Sustentabilidade. **Fonte**: o autor

5 PROPOSTA DE MODELO TEÓRICO PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

5.1 Introdução

Neste capítulo, os conceitos de distância e similaridade serão usados para determinar um modelo para a medição de índices de sustentabilidade com base nos resultados da comparação de indicadores de países selecionados.

A principal suposição para a medição de índices de sustentabilidade é que a comparação entre os países pode ser feita a partir da medição da similaridade (ou dissimilaridade) entre resultados de indicadores em relação a um estado de referência identificado a partir dos melhores (mais sustentáveis) resultados dos indicadores. Os indicadores serão extraídos de bases de dados reconhecidas nacional e internacionalmente e podem ser alocados em dimensões conhecidas (como é o caso das três dimensões de sustentabilidade) ou determinadas a partir de métodos de agregação como análise de correlação canônica ou análise fatorial, por exemplo.

O modelo que será desenvolvido a seguir será aplicado para comparar índices de sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel de um grupo de países produtores do biocombustível, incluindo o Brasil. Indicadores associados a fatores determinantes relacionados à cadeia e com resultados disponíveis em bases de dados de reconhecimento internacional serão utilizados para a comparação. Adicionalmente, para efeito de análise, os indicadores serão também alocados nas dimensões ambiental, econômica e social e relacionados aos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

Como resultado, para um dado país serão obtidos índices de sustentabilidade, conforme apresentado no Quadro 5-1.

Quadro 5-1 Estrutura dos Índices de Sustentabilidade

Dimensões / Fatores	Ambiental	Econômica	Social	Índices de Sustentabilidade
F_1				IS_1
F_2				IS_2
F_3		Índices de sustentabilidade		IS_3
F_4				IS_4
F_5				IS_5
F_6				IS_6
	IS_{amb}	IS_{eco}	IS_{soc}	Índice Total de Sustentabilidade (*ITS*)

5.2 Uso de distâncias para medição de similaridade entre objetos

Em geral, a medição da similaridade entre objetos pode ser feita por meio de pelo menos três métodos: medidas correlacionais, medidas de associação e medidas de distância. Esses métodos podem ser selecionados em função dos objetivos e dos tipos de dados envolvidos no estudo. As medidas de associação, por exemplo, são usadas para dados não métricos, enquanto que as medidas correlacionais e de distância são usados para dados métricos (Hair, J. F. et al., 2005).

No presente estudo os indicadores são representados por dados métricos expressos em diferentes unidades. Por esse motivo, as medidas de associação não são apropriadas para a medição de similaridade entre eles. Por outro lado, embora as medidas correlacionais sejam intuitivas e usadas em técnicas multivariadas como a análise fatorial e a análise de correlação canônica, por exemplo, elas não são comumente utilizadas quando o objetivo do estudo envolve a medição de proximidade ou distância entre observações ao longo das variáveis estatísticas. Nesse caso, as medições de distância são os métodos mais apropriados, pois são capazes de estabelecer a distância ou a dissimilaridade entre as observações. Dessa forma, quanto mais distante um dado objeto está de outro tomado como referência, maior a dissimilaridade entre eles.

Existem várias medidas de distância disponíveis, incluindo a distância Euclidiana, a distância de Mahalanobis (Hair, J. F. et al., 2005) e a distância de Minkowsky [39] (Brandi, H. S et al., 2013), por exemplo. A distância de Canberra se mostrou aplicável para a agregação de métricas, tendo sido considerada adequada para medição da sustentabilidade de sistemas que envolvem a decisão para a escolha de processos industriais sustentáveis, devido, principalmente ao seu poder de discriminação (Brandi, H. S et al., 2013). Além disso, a distância de Canberra é relativamente simples de usar e possui a vantagem de separar bem estados próximos da referência. Por esse motivo, o presente estudo fará uma extensão do modelo sugerido por Brandi et al por meio do desenvolvimento de índices de sustentabilidade com base em resultados de indicadores associados aos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel e, em seguida, aplicará o modelo para comparar os resultados do Brasil com os resultados de outros cinco produtores de biodiesel no mundo.

5.3 Uso da distância de Canberra para medição de índices de sustentabilidade

A distância de Canberra é uma medida numérica da distância entre dois estados de um objeto, tendo sido introduzida por Lance e Williams (1967) para análise de similaridade em ciências da computação. A distância de Canberra também tem sido utilizada para a detecção de invasões na área de segurança de sistemas computacionais, como uma métrica para a determinação de relações (*ranked lists*) (G. Jurman, 2009) e como medida para agregação de métricas e de avaliação da sustentabilidade de processos industriais (Brandi, H. S et al., 2013).

A distância de Canberra entre dois estados v e w em um espaço de n dimensões (R^n) é definida como:

$$d(v,w) = \sum_{i=1}^{n} \frac{|v_i - w_i|}{|v_i| + |w_i|} \tag{5-1}$$

Onde:

$v = (v_1, v_2, \dots, v_i, \dots v_n)$ e $w = (w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_n)$

[39] A distância de Minkowski, definida como $d(x,y) = \left(\sum_{i=1}^{n} |x_i - y_i|^{\frac{1}{p}}\right)^p$, é uma métrica que é a generalização das distâncias euclidiana (quando $p = {}^1/_2$) e de Canberra (quando $p = 2$) (Brandi, H. S et al., 2013; G. Jurman, 2009).

Conforme apresentada na equação (5-1) a distância de Canberra é uma métrica, pois satisfaz as seguintes propriedades (Brandi, H. S et al., 2013):

i) $d(v,w) \geq 0$ (não negatividade)
ii) $d(v,w) = d(w,v)$ (simetria)
iii) $d(v,v) = 0$ (marca de identificação)
iv) $d(v,w) = 0 \leftrightarrow v = w$
v) $d(v,z) \leq d(v,w) + d(v,z)$(desigualdade triangular)

Quando as parcelas da soma na equação (5-1) possuem diferentes pesos c_i, a distância de Canberra entre v e w pode ser normalizada de acordo com a seguinte equação geral:

$$d^N(v,w) = \frac{1}{\sum_i^n c_i} \sum_{i=1}^{n} c_i \frac{|v_i - w_i|}{|v_i| + |w_i|} \tag{5-2}$$

Entretanto, na maioria dos casos, $c_i = 1$, dessa forma $\sum_i^n c_i = n$ e a distância de Canberra normalizada para o intervalo [0,1], pode ser descrita de acordo com a seguinte equação:

$$d^N(v,w) = \frac{1}{n} d(v,w) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{|v_i - w_i|}{|v_i| + |w_i|}, \qquad 0 \leq d^N(v,w) \leq 1 \tag{5-3}$$

Onde: n representa a dimensão do estado e é igual ao número de observações (indicadores) medidas para cada país; d^N = medida da distância de Canberra normalizada no intervalo [0,1].

Assim, quanto maior o valor de d^N, isto é, quanto mais próximo da unidade, mais distantes as observações estão umas das outras e, portanto, são consideradas mais dissimilares. Quando é estabelecido um valor de referência, como será feito no presente estudo, distâncias maiores (mais próximas da unidade) significam maiores dissimilaridades com uma referência apropriadamente determinada.

Uma das vantagens do uso da distância de Canberra é que o seu numerador evita o problema de trabalhar observações (indicadores) que possuam diferentes unidades, uma vez que ela padroniza os dados envolvidos na medição.

Conforme mencionado as medidas de distância medem a dissimilaridade (ou a similaridade) entre dois estados. Dependendo dos propósitos do estudo, como é o caso do presente, pode ser

necessária a obtenção dos resultados em termos de similaridades. A medida de similaridade, aqui denominada *S*, entre dois conjuntos de observações pode ser definida num intervalo $[0,1]$ como (ver equação (5-3)):

$$S(v,w) = 1 - d^N(v,w) \tag{5-4}$$

Assim, quanto menor a distância a um dado estado de referência, maior será a similaridade entre as observações.

Para os efeitos do presente estudo a medida de similaridade será usada para determinar índices de sustentabilidade (*IS*), conforme segue:

$$IS = S(v,w) = 1 - d^N(v,w) \tag{5-5}$$

ou

$$IS = 1 - \frac{1}{n} d(v,w) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{|v_i - w_i|}{|v_i| + |w_i|} \qquad 0 \leq IS \leq 1 \tag{5-6}$$

Conforme definido, o índice de sustentabilidade possui as seguintes propriedades:

- Satisfaz as propriedades esperadas para uma métrica;
- É independente das unidades; e
- Está relacionado a estados de referência apropriadamente selecionados.

A equação (5-6) mede o índice de sustentabilidade entre dois conjuntos de indicadores representados pelos estados v e w, em que um conjunto é analisado tomando o outro conjunto como referência. Entretanto, em geral, um número maior de conjuntos de indicadores precisa ser analisado. Para isso, torna-se necessário o estabelecimento de um estado de referência apropriado a partir do qual os demais resultados são comparados. Por esse motivo, antes de apresentar o processo de escolha do estado de referência, serão apresentadas as principais características dos conjuntos de dados escolhidos para a medição dos índices de sustentabilidade.

5.4 Determinação do estado de referência para comparação

No presente estudo *n* indicadores de *m* diferentes países são associados a fatores determinantes obtidos a partir da pesquisa de campo e aplicação do modelo de análise fatorial

exploratória. Os *n* indicadores são comuns aos países selecionados e possuem dados completos para comparação. Dessa forma, para cada fator determinante os dados podem ser organizados em uma matriz *m* x *n, M*$[a_{ij}]$, em que as linhas correspondem aos indicadores e as colunas aos países. O elemento a_{ij} corresponde ao valor do indicador *i* para o país *j*. Assim a matriz *M* pode também ser descrita como:

$$\boldsymbol{M} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \tag{5-7}$$

Os valores dos *n* indicadores de um dado país *j* podem ser descritos por $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})$. Da mesma forma, os dados associados a um indicador *i* para o conjunto de *m* países podem ser descritos por $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$. Dessa forma, como cada um dos indicadores possui suas próprias unidades, o conjunto de dados relativos aos países possui diferentes unidades. Esse aspecto é abordado pela padronização embutida na métrica de Canberra, conforme apresentado na equação (5-1).

Para cada fator determinante serão escolhidos conjuntos de indicadores por meio de métodos apropriados, sendo que alguns dos indicadores serão utilizados como referência para a comparação. Serão escolhidos como referências os melhores resultados dos indicadores entre os países considerados. Embora em alguns casos seja possível identificar as referências entre os melhores resultados disponíveis nas bases de dados, optou-se pela escolha entre os países, visto que esses têm em comum a produção de biodiesel. A escolha de valores de referência de países diferentes do grupo selecionado poderia levar a valores muito distantes do contexto representado pelo sistema de indicadores associados à cadeia produtiva do biodiesel.

A determinação do estado de referência é uma tarefa que requer o conhecimento das características e propósitos de cada indicador. Assim, dados os resultados de um indicador *i*, representados por $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$, associados a cada um dos *m* países, um valor específico e apropriado a_{ij} pode ser escolhido como referência. Para isso, o critério para a escolha é o melhor resultado do indicador (melhor nível de sustentabilidade) em relação aos demais resultados envolvidos na comparação. É importante observar que alguns indicadores requerem valores máximos, pois quanto maior o valor do indicador, maior o nível de sustentabilidade; outros requerem valores mínimos, pois quanto menor o valor do indicador, maior o nível de sustentabilidade.

A partir da escolha dos indicadores, o estado de referência, r, pode ser descrito da seguinte forma:

$$r = (r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n) \tag{5-8}$$

Onde r_i = valor de referência para o indicador *i.*

Os indicadores do estado de referência r podem substituir os valores de w na equação (5-6), conforme segue:

$$IS = 1 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|v_i - r_i|}{|v_i| + |r_i|} \qquad 0 \leq IS \leq 1 \tag{5-9}$$

Da mesma forma $\boldsymbol{v}$ pode ser substituído por $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})$ que representa dos resultados dos indicadores *1* a *n* do país *j.* Assim, o índice de sustentabilidade para um dado país *j* (IS_j) pode ser calculado conforme segue:

$$IS_j = 1 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|a_{ij} - r_i|}{|a_{ij}| + |r_i|} \qquad 0 \leq IS_j \leq 1 \tag{5-10}$$

O índice de sustentabilidade IS_j de um país *j* é mínimo (podendo atingir o valor $IS_j = 0$) quando a distância entre o conjunto de seus indicadores e o estado de referência é máxima. Por outro lado, o índice de sustentabilidade é máximo (podendo atingir o valor $IS_j = 1$) quando a distância é mínima.

É importante mencionar que outros critérios podem ser estabelecidos para a determinação do estado de referência. Por exemplo, é possível escolher todos os resultados dos indicadores de um país como referência e comparar os resultados dos demais países. O estado de referência pode não ser, necessariamente, o mais sustentável, mas, ainda assim, servir como uma base de comparação.

O método pode ser utilizado para estabelecer *rankings* de acordo com os índices de sustentabilidade. Assim, se três países possuem índices $IS_1 = k_1$, $IS_2 = k_2$ e $IS_3 = k_3$, e, por exemplo, $k_3 > k_1 > k_2$, então: $IS_3 > IS_1 > IS_2$. Ou seja, o país três possui o nível mais elevado de sustentabilidade quando comparado com os países um e dois.

A escolha adequada do estado de referência, principalmente quando do estabelecimento de *rankings*, é uma etapa importante do método. No presente estudo, a principal suposição é que a definição do estado de referência baseada nos melhores resultados é a mais apropriada, pois permite a escolha objetiva de valores de referência e que podem ser utilizados como ponto de partida para as medidas de distâncias.

5.5 Procedimentos para análise dos índices de dimensões ou fatores

Deve-se observar que a medição do índice de sustentabilidade (IS_j) deve ser seguida de uma análise dos indicadores e suas relações. Um dado país pode ter um índice total elevado, mas não possuir um equilíbrio adequado entre os índices ambientais, econômicos e sociais, ou quaisquer outras dimensões[40] subjacentes.

Nesse sentido, uma etapa complementar de alocação dos indicadores em dimensões pode ser introduzida no processo. Essa etapa visa facilitar a análise e não tem influência nos resultados gerais obtidos para os índices de sustentabilidade. No presente estudo, por exemplo, o conjunto total de indicadores será subdividido em conjuntos compostos por indicadores alocados em dimensões da sustentabilidade. Dessa forma, a partir da equação (5-10) é possível medir índices de sustentabilidade para cada país *j* em relação às dimensões, conforme segue:

$$IS_j^{amb} = 1 - \frac{1}{n_{amb}} \sum_{i=1}^{n_{amb}} \frac{|a_{ij} - r_i|}{|a_{ij}| + |r_i|} \tag{5-11}$$

$$IS_j^{eco} = 1 - \frac{1}{n_{eco}} \sum_{i=1}^{n_{eco}} \frac{|a_{ij} - r_i|}{|a_{ij}| + |r_i|} \tag{5-12}$$

$$IS_j^{soc} = 1 - \frac{1}{n_{soc}} \sum_{i=1}^{n_{soc}} \frac{|a_{ij} - r_i|}{|a_{ij}| + |r_i|} \tag{5-13}$$

Onde:

[40] As dimensões podem ser interpretadas como conjuntos de indicadores obtidos da separação do conjunto total por meio de algum critério conveniente. Por exemplo, um conjunto total de indicadores podem ser separados em indicadores referentes às dimensões ambiental, social e econômica.

IS_j^{amb}, IS_j^{eco} e IS_j^{soc} representam, respectivamente, os índices de sustentabilidade do país *j* para as dimensões ambiental, econômica e social;

n_{amb}, n_{eco} e n_{soc} representam o número de indicadores associados às dimensões ambiental, econômica e social, respectivamente; e

$n = n_{amb} + n_{eco} + n_{soc}$, sendo *n* o número total de indicadores.

a_{ij} representa os resultados dos indicadores previamente associados às dimensões analisadas.

e,

$$IS_j = \frac{1}{n}\left(n_{amb} IS_j^{amb} + n_{eco} IS_j^{eco} + n_{soc} IS_j^{soc}\right) \quad (5\text{-}14)$$

As equações (5-11) a (5-14) podem ser generalizadas de forma a compreender *k* dimensões gerais, obtidas a partir, por exemplo, da redução do conjunto de dados por meio de técnicas multivariadas, da seguinte forma:

$$IS_j^k = 1 - \frac{1}{n_k}\sum_{i=1}^{n_k} \frac{|a_{ij} - r_i|}{|a_{ij}| + |r_i|} \quad (5\text{-}15)$$

Onde:

$IS_j^k \rightarrow$ Índices de sustentabilidade do país *j* para a dimensão *k*.

n_k= quantidade de indicadores da dimensão *k,* de forma que $n = \sum_{i=1}^{k} n_i$, sendo *n* o número total de indicadores.

De forma similar, a equação (5-14) pode ser generalizada da seguinte forma:

$$IS_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} n_i I_j^i \quad (5\text{-}16)$$

A separação do conjunto total de indicadores em dimensões, conforme mencionado, deve ser interpretada como uma etapa complementar à análise, pois ajuda a identificar dimensões que requerem maior atenção no processo de tratamento dos resultados e tomada de decisão. A separação dos indicadores pode ser feita por meio de critérios predefinidos, como é o caso das

dimensões de sustentabilidade (ambiental, econômica e social), ou a partir da aplicação técnicas estatísticas como a análise fatorial, em que dimensões adjacentes ao conjunto de dados são extraídas de forma a obter dimensões representativas do conjunto total de dados.

Como os indicadores a_{ij}, da equação (5-10) não foram ponderados ($c_i = 1$, na equação (5-2)), os índices de sustentabilidade das dimensões ambiental, econômica e social possuem o mesmo nível relativo de importância nos resultados dos índices de sustentabilidade.

5.6 Índice Total de Sustentabilidade (*ITS*)

No presente estudo, quando todo o conjunto de indicadores do país for utilizado, o índice será denominado Índice Total de Sustentabilidade (*ITS*). Assim, dado um conjunto de *m* países, com *n* indicadores, o Índice Total de Sustentabilidade (ITS_j) de um dado país *j* (*j = 1 até m*) pode ser calculado conforme segue:

$$ITS_j = 1 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|a_{ij} - r_i|}{|a_{ij}| + |r_i|} \qquad 0 \leq ITS_j \leq 1 \qquad (5\text{-}17)$$

Na Seção 7.8 a equação (5-17) será aplicada aos resultados dos indicadores associados a um grupo selecionado de países produtores de biodiesel, de forma a se obter uma base de comparação dos índices de sustentabilidade da cadeia produtiva do Brasil em relação a indicadores associados aos países selecionados.

6 PROPOSTA DE MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E TRATAMENTO DOS RISCOS ASSOCIADOS A INDICADORES

6.1 Introdução

Neste capítulo será apresentada a adaptação do referencial teórico sobre gestão de riscos apresentado na Seção 3.6. A adaptação visa atender aos propósitos do estudo e considerar o contexto da cadeia produtiva do biodiesel. Assim, para a identificação e formulação de ações para tratamento dos riscos, os resultados dos indicadores associados a fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel serão categorizados e priorizados por meio do uso de uma matriz de risco adaptada. Essa é uma abordagem diferente da geralmente adotada na literatura, pois a identificação dos riscos se dará indiretamente, por meio da associação dos indicadores aos riscos potenciais por eles representados.

6.2 Categorização e priorização de indicadores associados a riscos

Nesta etapa os riscos serão categorizados de acordo com a sua probabilidade de ocorrência e o seu impacto. A probabilidade (p) de ocorrência será medida pela relação entre a distância de um dado indicador com a soma das distâncias dos demais indicadores do país. O impacto (i) (no nível de sustentabilidade) está associado à relação entre a mesma distância do indicador e a soma das distâncias (do mesmo indicador) dos demais países da comparação.

Assim, de forma similar à apresentada na Figura 3-6 do Capítulo 3, os resultados das probabilidades de ocorrência (p) e os resultados de impactos (i) serão mapeados numa matriz de risco adaptada de forma a identificar regiões de enquadramento dos indicadores e, assim, definir as ações e formas de tratamento específicas para os riscos associados aos indicadores.

No caso da probabilidade de ocorrência (p) uma dada distância de um indicador é comparada com a soma das distâncias dos demais indicadores de um mesmo país, ou seja, trata-se de uma comparação interna, ou vertical, considerando os indicadores de todos os fatores ou dimensões consideradas. No segundo caso (impacto), trata-se de uma comparação externa, ou horizontal, em que é medida a relação entre uma dada distância de um indicador e as

distâncias do mesmo indicador dos demais países da comparação. Esse resultado representará o impacto (*i*) no índice de sustentabilidade devido à uma dada distância de um indicador.

Os resultados dos impactos são representados no eixo vertical de uma matriz de risco, e os resultados das probabilidades de ocorrência no eixo horizontal. Ambos os resultados obtidos nessas etapas são padronizados para uma escala de 0 a 4 para fins de enquadramento em categorias. O objetivo desse processo é classificar os indicadores de acordo com o seu potencial de risco e assim produzir uma matriz de risco adaptada.

Assim, dado um conjunto de *n* indicadores associados a resultados de *m* países é possível obter uma matriz *D* de distâncias d_{kj} (*k = 1,..., m*; *j = 1,..., n*) em relação a um dado estado de referência (o método para os cálculos das distâncias *d* é apresentado no Capítulo 5):

$$D = \begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1k} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2k} & \dots & d_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & & \dots & \\ d_{j1} & d_{j2} & \dots & \boldsymbol{d_{jk}} & \dots & d_{jm} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nk} & \dots & d_{nm} \end{vmatrix}$$

Na matriz D, as linhas são indicadores associados ao sistema sob estudo (a cadeia produtiva, no caso do presente estudo) e as colunas são sistemas o ambiente onde os sistemas estão inseridos; países no caso do presente estudo.

De acordo com a descrição acima, a probabilidade de ocorrência (*p)* e o impacto (*i)* de um dado indicador podem ser estimados conforme segue:

$$p_{jk} = \frac{d_{jk}}{\sum_{j=1}^{n} d_{jk}} \tag{6-1}$$

$$i_{jk} = \frac{d_{jk}}{\sum_{i=1}^{m} d_{jk}} \tag{6-2}$$

Onde: i_{jk} é o valor do impacto devido ao indicador *j* (*j = 1* a *n;* *n* é o número de indicadores) do país P_k (*k = 1* a *m*; *m* é o número de países); p_{jk} é o valor da probabilidade de ocorrência, devido à distância d_{jk}, do indicador *j,* do país P_k*;* e d_{jk} é a distância do indicador *j* (do país P_k) a um dado estado de referência r_j, isto é, a distância de Canberra (ver equação (5-17), do

Capítulo 5). O estado de referência é, caso não seja especificado de outra forma, o *melhor* (*mais sustentável*) valor do indicador entre os países da comparação.

Conforme mencionado, os resultados de p e i para cada indicador serão mapeados numa matriz de risco de forma a enquadrar os seus resultados em um dos quadrantes da Figura 6-1 e, dessa forma, definir as ações e tratamentos mais adequados para cada caso. Para facilitar a interpretação e permitir o enquadramento dos resultados de *p* e *i* nos quadrantes da Figura 6-1, os resultados desses parâmetros foram normalizados para uma escala de 0 a 4, de acordo com a seguinte fórmula:

$$p'_{jk} = \frac{4 * p_{jk}}{p_{jk_{máx}}} \tag{6-3}$$

$$i'_{jk} = \frac{4 * i_{jk}}{i_{jk_{máx}}} \tag{6-4}$$

Onde p'_{jk} e i'_{jk} são os resultados de p_{jk} e i_{jk} na nova escala para cada distância d_{jk}, e $p_{jk_{máx}}$ ($p_{jk_{máx}} > 0$) e $i_{jk_{máx}}$ ($i_{jk_{máx}} > 0$) são os máximos valores de p_{kj} e i_{kj}, respectivamente, na escala original.

Em geral a matriz de risco apresentada na Figura 3-6 (Seção 3.6.4) é utilizada para categorizar os riscos e definir o conjunto de ações específicas para cada categoria. Entretanto, esta matriz não considera o nível de vulnerabilidade (ou importância do risco) de maneira adequada, pois, por exemplo, riscos de impacto mediano e alta probabilidade de ocorrência podem ter o mesmo tratamento de riscos de médio impacto e média probabilidade de ocorrência. Da mesma forma, riscos de média probabilidade de ocorrência e alto impacto podem ser associados ao mesmo conjunto de ações definidos para riscos de baixa probabilidade e médio impacto. Por esse motivo, no presente estudo será feita uma adaptação da matriz de risco para considerar o parâmetro vulnerabilidade, de acordo com a adaptação que descrita a seguir.

Conforme mencionado na Seção 3.6.5, a vulnerabilidade é a combinação entre o impacto dos riscos (sobre os objetivos) e a probabilidade de ocorrência. O conceito de vulnerabilidade é geralmente usado para estabelecer prioridades sendo importante para determinar a importância do risco (UNESCO, 2010).

Embora avaliações qualitativas do nível de vulnerabilidade sejam bastante utilizadas (UNESCO, 2010), no presente estudo optou-se por estabelecer uma avaliação quantitativa

devido à existência de dados (indicadores) que possibilitam essa abordagem. Assim a vulnerabilidade, *v*, será calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$v_{jk} = \sqrt{i_{jk}^2 + p_{jk}^2} \tag{6-5}$$

Onde i_{jk} e p_{jk} são calculados de acordo com as equações (6-1) e (6-2).

De forma similar às equações 6-3 e 6-4 a equação 6-5 pode ser normalizada para o intervalo [0, 4] fazendo $N = 4$ na seguinte expressão:

$$v_{jk}^N = \frac{N * v_{jk}}{v_{jk_{max}}} \tag{6-6}$$

A combinação entre os parâmetros *i* e *p* poderia ser feita por outras fórmulas (por exemplo, $v = i\ x\ p$). Entretanto, no presente estudo, optou-se pela definição apresentada na equação (6-5) por ser a que melhor representa a distância (euclidiana) de uma dada combinação à origem dos eixos (ver Figura 6-1).

Para efeito de priorização dos indicadores associados a riscos, a matriz apresentada na Figura 3-6 (Seção 3.6.4) será adaptada de forma se obter a delimitação de novas regiões a partir da junção das regiões nela definidas com as definidas pela equação (6-5). As novas regiões serão utilizadas para produzir uma matriz adequada para os propósitos do estudo.

De acordo com a Figura 3-6:

- Indicadores situados na região vermelha (quadrante Q1) são considerados associados a riscos “intoleráveis”;
- Indicadores situados nas regiões laranja e amarela (quadrantes Q2 e Q3) são associados a “riscos toleráveis”; e
- Indicadores situados na região verde (quadrante Q4) são associados a riscos “aceitáveis”.

Por outro lado, em relação ao índice vulnerabilidade (*v*) e, portanto, a importância do indicador, a seguinte delimitação, definida no presente estudo, será utilizada:

- Indicadores com $v \geq 3$ são considerados associados a riscos intoleráveis;
- Indicadores com $2 \leq v < 3$ serão associados a riscos toleráveis; e
- Indicadores com $v < 2$ serão associados a riscos aceitáveis

Assim como no caso dos parâmetros *i* e *p*, a suposição é que o índice de vulnerabilidade está distribuído numa escala que varia de 0 a 4. Se outras escalas forem utilizadas, as faixas associadas aos valores de *v* devem ser submetidas a um reescalonamento.

O resultado da junção das regiões acima definidas é descrito nas regras apresentadas no Quadro 6-1. Nele são consideradas as novas regiões e categorias de riscos a ela associadas, bem como os procedimentos adotados para cada categoria.

Quadro 6-1 Procedimentos adotados de acordo com as regiões do indicador

Região do Indicador		Categoria	Procedimentos a serem adotados
Região R1	$v \geq 3$	Risco intolerável	Ações imediatas Mais recursos Controles adicionais
Região R2	$2 \leq v < 3$ e $i \geq 2$	Risco tolerável	Plano de contingência para tratamento de ameaças Considerar mais recursos
Região R3	$2 \leq v < 3$ e $p \geq 2$	Risco tolerável	Monitorar Manter recursos existentes
Região R4	$p < 2$ e $i < 2$	Risco aceitável	Manter tratamento rotineiro Liberar recursos Liberar controles

Fonte: o autor

A descrição do Quadro 6-1 permite delimitar as regiões apresentadas na Figura 6-1.

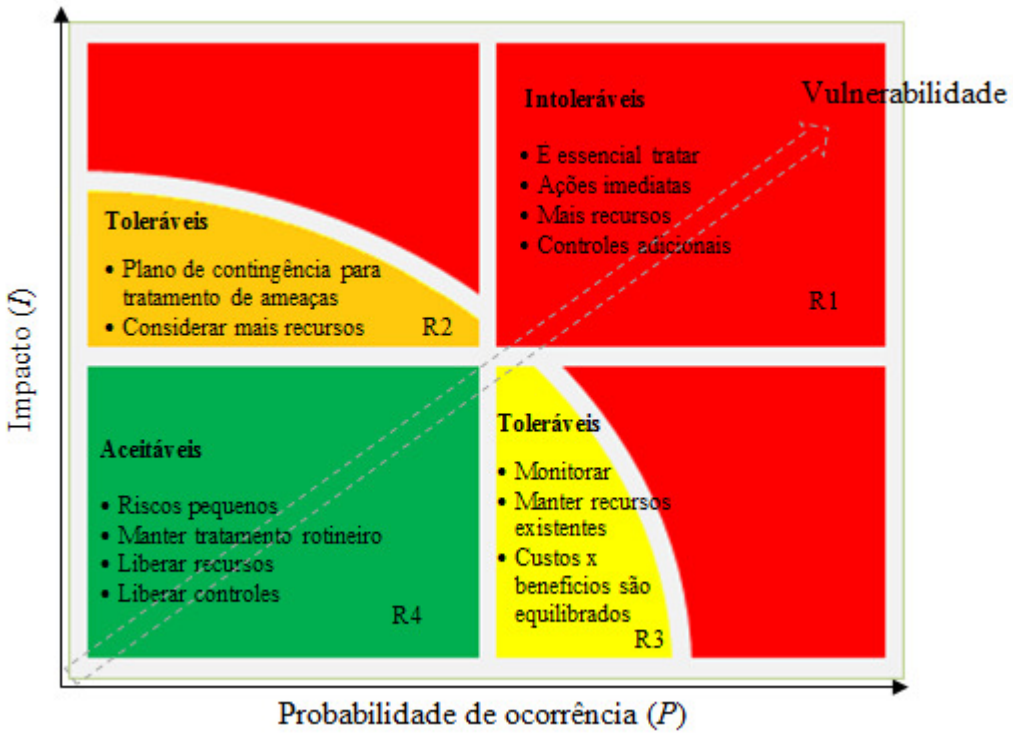


Figura 6-1 Regiões de indicadores associados a riscos intoleráveis, toleráveis e aceitáveis.
Fonte: o autor

A abordagem representada na Figura 6-1 é similar à proposta da UNESCO (2010), entretanto ela tem a vantagem de incorporar elementos adicionais como o conceito de vulnerabilidade e a categorização dos riscos. Além disso, no que se refere aos indicadores associados a riscos intoleráveis o procedimento é mais conservador, pois leva em consideração a importância dos riscos, medida em termos de vulnerabilidade.

Durante a classificação, priorização dos riscos e definição das ações, é essencial considerar a quantidade de riscos capaz de ser suportada ou tolerada. Isso envolve a análise cuidadosa dos riscos situados nas regiões de fronteiras marcadas em cinza na Figura 6-1, especialmente as que delimitam os riscos intoleráveis. Essa análise depende das probabilidades de ocorrência e dos impactos dos riscos sobre os objetivos, e, em alguns casos, pode ser necessária a avaliação de especialistas ou consulta às partes interessadas para a definição de ações adequadas (UNESCO, 2010). Os níveis de tolerância e a maneira como os riscos são gerenciados podem ser definidos em planos, procedimentos e políticas, e comunicados às partes interessadas.

As regiões de fronteira delimitam os "pontos de escalada", regiões em que os limites de tolerância aos riscos ultrapassam o raio de abrangência das ações de um dado nível gerencial ou as fronteiras da organização (Renn; Graham, 2005; UNESCO, 2010). Nesses casos, os riscos devem ser analisados quanto a sua transferência para níveis superiores, incluindo ambientes externos à organização, ou serem compartilhados com outras esferas de decisão.

A delimitação das fronteiras é similar à abordagem adotada para os fatores da competitividade apresentada por Kupfer (1994 apud (Borschiver, 1997)) em que os fatores são definidos como fatores empresariais, estruturais e sistêmicos, conforme descrito na Seção 3.2.1. Tendo em vista aquelas definições e os conceitos sobre gestão de riscos aqui apresentadas, os riscos podem ser definidos como:

- **Riscos empresariais**: são os riscos sobre os quais a empresa tem poder de decisão e controle, e tem capacidade de implementar planos para o seu tratamento de forma efetiva;

- **Riscos estruturais**: referem-se aos riscos associados à estrutura do setor ou cadeia produtiva em que a empresa está inserida, podendo ser geridos ou controlados pelas empresas de forma compartilhada com os agentes externos à empresa, incluindo outras empresas ou o Governo.

- **Riscos sistêmicos**: são riscos relacionados à externalidades ou aspectos sobre os quais as empresas detêm pouco ou nenhum controle. Nesse caso, os riscos devem ser transferidos, restando à empresa controlar a implementação das ações para o seu tratamento.

Para efeito de análise dos resultados do presente estudo, os riscos serão também categorizados em ambientais, sociais e econômicos, em função do conjunto de indicadores que compõem essas dimensões.

6.3 Associação dos indicadores aos riscos

A associação entre os indicadores e os riscos tem como base a descrição dos indicadores e os objetivos para a sua medição (a descrição dos indicadores é apresentada no Apêndice A).

Por exemplo, *Tratamento de águas residuais*, que será um dos indicadores analisados no presente estudo, pode ser associado aos seguintes riscos: risco de poluição de fontes naturais com resíduos químicos, risco de proliferação de algas nos rios, risco de aumento de problemas de disfunção no sistema endócrino humano, risco de aumento da mortalidade infantil.

A principal suposição é que o tratamento adequado dos riscos melhora os resultados dos indicadores e reduz as distâncias entre esses e os estados de referência, aumentando os níveis de sustentabilidade.

Os indicadores associados a riscos aceitáveis não terão os mesmos listados uma vez que, conforme apresentado na Figura 6-1, nenhuma ação adicional é requerida para esse tipo de risco, devido aos seus baixos valores relativos de impacto e probabilidade de ocorrência.

Os resultados da associação dos riscos são apresentados na Seção 7.9.2.

6.4 Tratamento dos riscos

As recomendações para tratamento dos riscos seguirão as orientações gerais apresentadas na Figura 6-1, respeitando-se os domínios de ações em função dos tipos de riscos (empresariais, estruturais ou sistêmicos), conforme descrito na Seção 6.2.

Uma vez que nenhuma ação adicional é requerida para os riscos aceitáveis, o presente estudo se limitará às prescrições apresentadas para esse tipo de riscos, isto é: manter tratamento rotineiro e liberar recursos e controles (ver Figura 6-1).

As etapas posteriores à definição do tratamento de riscos, como comunicação dos riscos, análise crítica das ações e auditorias para verificação da eficácia das ações acontecem após o início da implementação das ações estando, portanto, fora do escopo do presente estudo.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados e discutidos os pontos de destaque, de acordo com as etapas I a XI, descritas no Capítulo 4, Metodologia da Pesquisa.

7.1 Resultados Etapa I: mapeamento da literatura para identificação de aspectos preliminares e alocação em dimensões estruturais

7.1.1 Introdução

Nas seções a seguir, são apresentados os resultados da alocação dos aspectos preliminares identificados em sete dimensões estruturais. As dimensões serviram de orientação para a busca e alocação sistemática dos aspectos. A ideia central é buscar, de maneira sistemática, aspectos preliminares associados às dimensões da sustentabilidade, aos elos da cadeia produtiva e aos temas envolvidos no estudo que possam servir de ponto de partida para a definição de variáveis compostas a serem utilizadas em um questionário estruturado.

Os resultados aqui apresentados seguem os procedimentos descritos na Seção 4.2.

7.1.2 Dimensão estrutural: matérias-primas

Nesta dimensão buscou-se capturar os aspectos relacionados às matérias-primas e insumos e identificar aspectos associados ao monitoramento dos recursos naturais e desenvolvimento de matérias-primas alternativas (Quadro 7-1).

Quadro 7-1 Aspectos preliminares associados à dimensão matérias-primas

Aspectos preliminares e referências bibliográficas	Elo da Cadeia Produtiva	Dimensão de Sustentabilidade
1. Monitorar as tendências quanto ao uso dos recursos naturais (ONU, 1992)	Produção de matéria-prima	Ambiental
2. Potencialidade da oleaginosa (em função da região geográfica) (Khalil, 2006)	Produção de matéria-prima	Econômico
3. Custos para a produção da matéria-prima (RADICH, 2004)	Produção de matéria-prima	Econômico
4. Produtividade (produção de óleo por unidade agrícola) (Khalil, 2006)	Produção de matéria-prima	Econômico
5. Desenvolver novas oleaginosas (Olivério 2006; Amaral 2009; Embrapa 2007; Nunes 2007; Dunn 2005; Ramos 2008)	Produção de matéria-prima	Econômico
6. Adquirir matéria-prima da agricultura familiar (PNPB, 2004a)	Produção de matéria-prima	Econômico

7.1.3 Dimensão estrutural: métodos

Nessa dimensão buscou-se identificar aspectos relacionados ao estabelecimento de métodos, processos, procedimentos, sistemas, políticas ou planos, e inovações em geral. Essa dimensão aborda ainda os sistemas de gestão que visam documentar e implementar metodologias associadas às políticas energéticas, e aos aspectos econômicos, sociais e ambientais da cadeia produtiva do biodiesel (Quadro 7-2).

Quadro 7-2 Aspectos preliminares associados à dimensão métodos

Aspectos preliminares e referências bibliográficas	Elo da Cadeia Produtiva	Dimensão de Sustentabilidade
7. Integrar os aspectos econômicos, sociais e ambientais nos diversos níveis de decisão da organização (ONU, 1992)	Toda a cadeia	Sustentável[41]
8. Estruturar os processos para a adoção de políticas oriundas dos diversos níveis governamentais (ONU, 1992)	Toda a cadeia	Sustentável
9. Considerar os links entre os aspectos políticos, econômicos, ambientais e sociais no processo de decisão (ONU, 1992)	Toda a cadeia	Sustentável
10. Estabelecer meios para garantir a coerência entre as políticas, planos e instrumentos e conciliá-los para o desenvolvimento do negócio (ONU, 1992)	Toda a cadeia	Sustentável
11. Integrar os aspectos econômicos, sociais e ambientais nos diversos níveis de decisão da organização (ONU, 1992)	Toda a cadeia	Sustentável
12. Avaliar periodicamente o atendimento aos requisitos legais associados aos aspectos ambientais (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
13. Assegurar que as operações associadas aos aspectos ambientais sejam realizadas sob condições especificadas (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
14. Assegurar a disponibilidade de recursos essenciais para estabelecer, implementar e manter um sistema de gestão ambiental (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
15. Estabelecer, implementar e manter objetivos e metas ambientais nas atividades relevantes da organização (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
16. Identificar e ter acesso a requisitos legais relacionados aos aspectos ambientais (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
17. Identificar e controlar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços novos ou em desenvolvimento (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
18. Definir políticas, metas e objetivos da responsabilidade social, consultando partes interessadas (ISO, 2004a)	Toda a cadeia	Social
19. Desenvolvimento de relações (ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011).	Toda a cadeia	Social
20. Capacidade de gestão (KUPFER, 1994)	Toda a cadeia	Sustentável
21. Capacidade inovadora (RAMMA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
22. Foco estratégico, tático e operacional (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
23. Foco na qualidade, custo, entrega e flexibilidade (RAMAA et al,	Toda a cadeia	Econômico

[41] No contexto do presente estudo "sustentável" significa que o aspecto está associado às três dimensões da sustentabilidade.

2009)		
24. Compartilhamento de informações (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
25. Qualidade e práticas limpas e sem demoras (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
26. Estrutura que incorpore as dimensões de relações na cadeia (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
27. Localização (Porter, 1989a)	Toda a cadeia	Econômico
28. Manejo da cultura (Khalil, 2006)	Produção de matéria-prima	Sustentável
29. Número de patentes relacionadas à produção do biodiesel (Cepal, 2011)	Produção de biodiesel	Econômico

7.1.4 Dimensão estrutural: meio-ambiente

A dimensão meio ambiente da cadeia produtiva buscou-se capturar aspectos ambientais e de infraestrutura da cadeia, requisitos legais, incentivos, e logística, incluindo ainda a relação das organizações da cadeia com o mercado e a concorrência, além dos aspectos que envolvem acordos internacionais (Quadro 7-3).

Quadro 7-3 Aspectos preliminares associados à dimensão meio-ambiente

Aspectos preliminares e referências bibliográficas	Elo da Cadeia Produtiva	Dimensão de Sustentabilidade
30. Identificar e controlar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços novos ou em desenvolvimento (ISO, 2004a)	Toda a cadeia	Ambiental
31. Identificar e ter acesso a requisitos legais relacionados aos aspectos ambientais (ISO, 2004a)	Toda a cadeia	Ambiental
32. Identificar e responder potenciais situações de emergência ou acidentes que possam ter impacto sobre o meio-ambiente (ISO, 2004a)	Toda a cadeia	Ambiental
33. Configuração da indústria, mercado e concorrência (KUPFER, 1994)	Toda a cadeia	Econômico
34. Acordos internacionais (BORSCHIVER, 1997)	Distribuição, Uso	Econômico
35. Adequar a legislação à natureza do negócio do biodiesel (OLIVÈRIO, 2006)	Toda a cadeia	Sustentável
36. Desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados (OLIVÈRIO, 2006)	Distribuição	Econômico
37. Consumidores, fornecedores, substitutos, novos entrantes e os competidores (PORTER, 1986).	Toda a cadeia	Econômico
38. Minimizar emissões e impacto na atmosfera (Furlan, 2007; Young, 2009)	Uso	Ambiental
39. Minimizar consumo de água (FURLAN, 2007)	Produção de matéria-prima, produção do biodiesel	Ambiental
40. Minimizar geração de resíduos (Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Cocco, 2007; Coppead, 2007; Furlan, 2007)	Produção de biodiesel	Ambiental

Jacobi, 2003)		
41. Capacidade de armazenamento e problemas relacionados ao transporte do biodiesel. (BRASIL/MAPA, 2007)	Distribuição	Econômico
42. Superação de barreiras técnicas (IBF, 2007; Souza, 2010; Ubrabio, 2010)	Distribuição	Econômico
43. Desenvolvimento de parcerias institucionais (McCormick; Kåberger, 2005)	Toda a cadeia	Sustentável
44. Desenvolvimento de relações na cadeia (Zhou et al., 2011)	Toda a cadeia	Sustentável

7.1.5 Dimensão estrutural: mão de obra

Refere-se aos aspectos associados aos recursos humanos, aspectos sociais, e de comunicação em geral. Trata ainda das competências e responsabilidade social, comunicação interna e relação com os clientes e fornecedores, e *marketing* (Quadro 7-4).

Quadro 7-4 Aspectos preliminares associados à dimensão mão de obra

Aspectos preliminares e referências bibliográficas	Elo da Cadeia Produtiva	Dimensão de Sustentabilidade
45. Monitorar os processos por meio de avaliações regulares das condições de desenvolvimento dos recursos humanos, sociais e econômicos (ONU, 1992)	Toda a cadeia	Sustentável
46. Assegurar a competência das pessoas que realizem tarefas que tenham potencial de causar impactos ambientais (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Sustentável
47. Realizar comunicação externa sobre os aspectos ambientais significativos (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
48. Estabelecer procedimentos de comunicação interna relacionados aos aspectos ambientais e ao sistema de gestão ambiental (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
49. Identificar os aspectos da responsabilidade social para determinar os que tenham impacto significativo (ISO, 2004a)	Toda a cadeia	Social
50. Identificar as partes interessadas e suas percepções e determinar os que tenham impacto significativo (ISO, 2004a)	Toda a cadeia	Ambiental
51. Qualidade e produtividade dos recursos humanos (KUPFER, 1994)	Toda a cadeia	Econômico
52. Desenvolvimento de novas capacitações (ASSUMPÇÃO, 2003)	Toda a cadeia	Econômico
53. Foco na velocidade e no nível de serviços ao consumidor (RAMAA et al, 2009)	Uso	Econômico
54. Parcerias estratégicas com fornecedores (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
55. Empregabilidade (Khalil, 2006); potencial de geração de empregos no campo (BRASIL/MME, 2011)	Produção de matéria-prima	Social
56. Comunicação (ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)	Toda a cadeia	Econômico
57. Sistemas de informações de emergências (ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011).	Toda a cadeia	Sustentável
58. Facilitar a negociação entre a organização e os clientes. (KHA,	Toda a cadeia	Econômico

2000)		
59. Desenvolver a capacidade dos gestores do negócio. (SALLEH, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
60. Motivar as equipes com orientação para metas. (SALLEH, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
61. Relacionamento com fornecedores (PORTER, 1986)	Toda a cadeia	Econômico

7.1.6 Dimensão estrutural: materiais

Para essa dimensão o objetivo foi integrar os aspectos relacionados aos recursos materiais, equipamentos e tecnologias para a realização das operações na cadeia produtiva do biodiesel (Quadro 7-5).

Quadro 7-5 Aspectos preliminares associados à dimensão materiais

Aspectos preliminares e referências bibliográficas	Elo da Cadeia Produtiva	Dimensão de Sustentabilidade
62. Usar tecnologia logística moderna (ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)	Distribuição	Econômico
63. Implantar tecnologias sustentáveis para realização das operações (Amaral, 2010; Furlan, 2007)	Toda a cadeia	Sustentável
64. Maturidade da tecnologia de processamento (BRASIL/MAPA, 2007)	Produção de biodiesel	Econômico
65. Aumentar o grau de mecanização (Khalil, 2006) Hall et al., 2011; McCormick; Kåberger, 2005	Produção de matéria-prima	Econômico
66. Desenvolver sistemas agrícolas alternativos (Achten et al., 2010; Buainain; Batalha, 2007; Lal, 2007)	Produção de matéria-prima	Econômico
67. Indicadores relativos a patentes para a produção de biodiesel	Produção de biodiesel	Econômico
68. Desenvolver inovações tecnológicas (OECD, 1996)	Toda a cadeia	Econômico
69. Considerar inovações tecnológicas, organizacionais e sociais quando da definição de estratégias relativas à sustentabilidade (Cocco, 2007; Demirbas, 2008; Hall; Matos, 2010; McCormick; Kåberger, 2005)	Toda a cadeia	Econômico
70. Fluxo de materiais, informações e recursos (Frazelle, 2002)	Toda a cadeia	Econômico

7.1.7 Dimensão estrutural: medição

Os sistemas de controle medição e sistemas de medição são os aspectos mais relevantes que se buscou relacionar a esta dimensão. Ela inclui os sistemas de controle que envolvem todos os elos da cadeia produtiva do biodiesel, com destaque para os sistemas de monitoramento e fiscalização, mais fortemente associado aos elos distribuição e uso (Quadro 7-6).

Quadro 7-6 Aspectos preliminares associados à dimensão medição

Aspectos preliminares e referências bibliográficas	*Elo da Cadeia Produtiva*	*Dimensão da Sustentabilidade*
71. Os equipamentos utilizados para o monitoramento e medição devem ser calibrados ou verificados (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Econômico
72. Monitorar e medir regularmente as principais características das operações que possam ter impacto ambiental (ISO, 2004b)	Toda a cadeia	Ambiental
73. Uso de métodos inovadores para medição de desempenho (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
74. Medições baseadas em processos (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
75. Eficiência na colaboração em cadeia (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
76. Estrutura de medição de custos e desempenho (RAMAA et al, 2009)	Toda a cadeia	Econômico
77. Monitoramento do desempenho (ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011).	Toda a cadeia	Econômico
78. Usar sistemas de controle de custos (SALLEH, 2009).	Toda a cadeia	Econômico
79. Assegurar a qualidade do biodiesel (OLIVÈRIO, 2006)	Produção do biodiesel; Uso	Ambiental
80. Implementar de sistemas de monitoramento e fiscalização (ANP, 2012; IFQC, 2003a)	Uso, Distribuição	Sustentável
81. Monitoramento do desempenho dos processos e produtos considerando a sustentabilidade da cadeia (ANP, 2012; Remmen et al., 2007; Zhou et al., 2011)	Toda a cadeia	Sustentável
82. Monitorar a geração de resíduos (FURLAN, 2007; Jacobi, 2003)	Toda a cadeia	Sustentável

7.1.8 Dimensão estrutural: econômica e financeira

Embora os aspectos econômicos permeiem as demais dimensões, o objetivo aqui é capturar aspectos específicos que afetam diretamente a estrutura econômica e financeira da cadeia produtiva do biodiesel (Quadro 7-7).

Quadro 7-7 Aspectos preliminares associados às dimensões econômica e financeira

Aspectos preliminares e referências bibliográficas	**Elo da Cadeia Produtiva**	**Dimensão Sustentabilidade**
83. Política tarifária; Carga tributária (BORSCHIVER, 1997)	Toda a cadeia	Econômico
84. Melhorar a produtividade agrícola (Khalil, 2006)	Produção de matéria-prima	Econômico
85. Demanda por biodiesel (EIA, 2011)	Produção do biodiesel; Uso	Econômico
86. Custos de produção do biodiesel (RADICH, 2004; (BRASIL/MAPA, 2007(Khalil, 2006)	Produção do biodiesel	Econômico
87. Garantia de oferta constante e estável (BRASIL/MAPA, 2007)	Produção do biodiesel	Econômico
88. Redução de tarifas de importação e revisão de cotas e extra cotas	Produção do	Econômico

	(BRASIL/MAPA, 2007)	biodiesel; Distribuição	
89.	Nível de produção para o cumprimento das metas estabelecidas pelo Programa Nacional de Produção e Uso do Biocombustível (BRASIL/MAPA, 2007)	Produção do biodiesel	Econômico, Social
90.	Custo da terra (Khalil, 2006)	Produção de matéria-prima	Econômico
91.	Definição adequada de preços (OLIVÈRIO, 2006)	Produção do biodiesel; Uso	Econômico
92.	Definição de mecanismos de desoneração do consumidor final pelo uso de misturas BX em substituição ao diesel (OLIVÈRIO, 2006)	Uso	Econômico
93.	Desenvolver a capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado (Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Demirbas, 2008; Pradhan et al., 2009)	Produção de matéria-prima	Econômico, Ambiental

7.1.9 Abrangência dos aspectos preliminares

As figuras 7-1 e 7-2 apresentam a distribuição dos aspectos preliminares, identificados na literatura analisada e associados às dimensões estruturais na etapa anterior, ao longo dos elos da cadeia produtiva do biodiesel e das dimensões de sustentabilidade. Para elaborar essa estimativa alguns dos aspectos foram associados a mais de um elo ou dimensão, conforme apresentado nos quadros 7-1 ao 7-7. Outros aspectos foram associados aos elos ou dimensões em que a relação era mais forte, de acordo com o julgamento do autor. Com essa análise procura-se demonstrar que aspectos importantes são considerados na abrangência necessária ao escopo do estudo. O elo produção de matéria-prima, com 29%, é o que possui mais aspectos associados, seguido de produção do biodiesel, com 28% e uso do biodiesel, com 26%. A diferença mais significativa está no elo distribuição que possui 17% dos aspectos preliminares a ele associados.

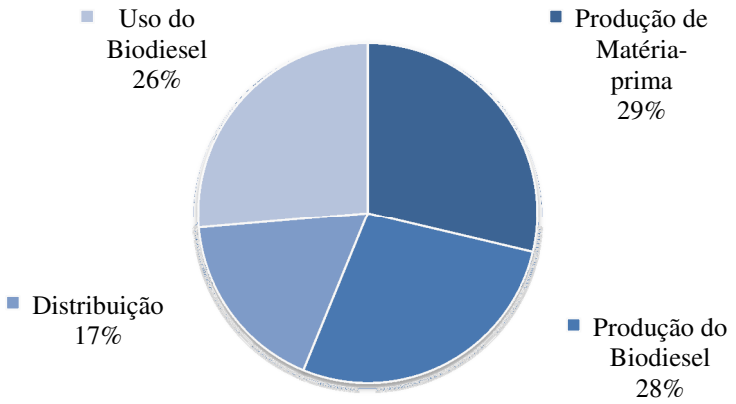


Figura 7-1 Abrangência dos aspectos em termos de distribuição nos elos da cadeia produtiva do biodiesel. **Fonte**: o autor

Conforme apresentado na Figura 7-2, na literatura analisada existe a predominância de aspectos relacionados à dimensão econômica. Essa dimensão possui 55% dos aspectos a ela associados, seguida dos aspectos ambientais, com 28% das associações e dos aspectos sociais com 17% das associações. Essa configuração sugere a necessidade de que os estudos relacionados à cadeia produtiva do biodiesel intensifiquem o debate em torno dos aspectos sociais, de forma a promover um maior equilíbrio das três dimensões. A esse respeito, McCormick & Kåberger (2005) enfatizaram a necessidade de considerar o equilíbrio entre três dimensões quando da definição de estratégias para o desenvolvimento sustentável. Para a *OECD* (2008b), a dimensão social não só é mais difícil de integrar, mas também a mais difícil de medir. Em geral, os esforços nesse sentido envolvem a medição direta de aspectos como bem-estar, resultados sobre educação, saúde, direitos humanos, diversidade de gênero e algumas medições com alto grau de subjetividade.

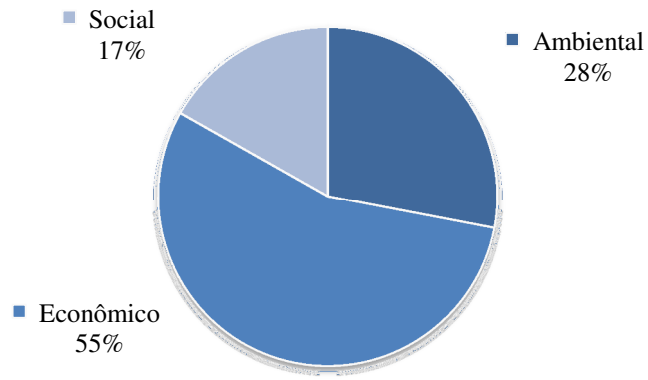


Figura 7-2 Abrangência dos aspectos em termos de distribuição nas dimensões de sustentabilidade. **Fonte**: o autor

É importante destacar que, por razões operacionais relacionadas à elaboração e implementação do questionário, os aspectos preliminares serão agrupados de forma a se obter um conjunto inicial e reduzido de variáveis. Além disso, embora, em alguns casos, um dado aspecto pudesse ser considerado em mais de uma dimensão estrutural, nesta etapa cada aspecto foi alocado nas dimensões estruturais que mais o representavam. Por exemplo, o aspecto número 70, *fluxo de materiais, informações e recursos*, foi alocado na dimensão *Materiais*, embora também pudesse ter sido alocado na dimensão *Matérias-primas*, sem prejuízos para a compreensão geral do estudo.

7.1.10 Conclusão

Os resultados da aplicação dos procedimentos descritos na Seção 4.2.4 para o mapeamento e análise da literatura, permitiram identificar 93 aspectos preliminares por meio de sete dimensões estruturais serviram de base inicial para a busca e alocação sistemática dos aspectos. A literatura analisada envolveu 162 publicações cobrindo o período de 1979 a 2012 e considerou os temas associados com o objeto de estudo: a cadeia produtiva do biodiesel, sustentabilidade, fatores críticos de sucesso, e gestão de cadeias produtivas e suas inter-relações.

Os 93 aspectos preliminares encontrados abrangem os elos da cadeia produtiva do biodiesel e as dimensões da sustentabilidade na extensão necessária para o desenvolvimento do estudo e, por isso, serão utilizados na próxima etapa para compor variáveis (ou escalas compostas) a serem usadas no questionário estruturado.

7.2 Resultados Etapa II: definição das variáveis de estudo a partir dos aspectos preliminares

7.2.1 Introdução

Nesta seção são apresentados os resultados do processo descrito na Etapa II (Seção 4.3.2) em que os aspectos foram agrupados para compor variáveis de estudo.

7.2.2 Resultados da composição dos aspectos em variáveis

O Quadro 7-8 apresenta a descrição das variáveis (*X1* a *X24*), os aspectos que as compõem, bem como as referências bibliográficas que os contém.

Quadro 7-8 Variáveis de estudo, aspectos e referências bibliográficas.

X1: Fomentar a produção de oleaginosas em função da região geográfica e do seu impacto social; investir na diversificação de matérias-primas.	
• Potencialidade da oleaginosa (em função da região geográfica)	(Khalil, 2006)
• Empregabilidade; potencial de geração de empregos no campo	(MME, 2011a)
• Desenvolver novas oleaginosas	(Amaral, 2009; Dunn, 2005; Embrapa, 2007; Nunes, 2007; Olivério, 2006; Ramos, 2008a;2009)
• Produtividade (produção de óleo por unidade agrícola)	(Khalil, 2006)
• Manejo da cultura	(Khalil, 2006)
• Aumentar o grau de mecanização	(Khalil, 2006) Hall et al., 2011; McCormick; Kåberger, 2005
• Melhorar a produtividade agrícola	(Khalil, 2006)

X2: Definir políticas, metas e objetivos da responsabilidade social e avaliar o atendimento aos requisitos legais associados aos aspectos de sustentabilidade.	
• Avaliar periodicamente o atendimento aos requisitos legais associados aos aspectos ambientais	(ISO, 2004b)
• Assegurar que as operações associadas aos aspectos ambientais sejam realizadas sob condições especificadas	(ISO, 2004b)
• Assegurar a disponibilidade de recursos essenciais para estabelecer, implementar e manter um sistema de gestão ambiental	(ISO, 2004b)
• Estabelecer, implementar e manter objetivos e metas ambientais nas atividades relevantes da organização	(ISO, 2004b)
• Identificar e ter acesso a requisitos legais relacionados aos aspectos ambientais	(ISO, 2004b)
• Identificar e controlar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços novos ou em desenvolvimento	(ISO, 2004b)
• Definir políticas, metas e objetivos da responsabilidade social, consultando partes interessadas	(ISO, 2004a)
• Monitorar os processos por meio de avaliações regulares das condições de desenvolvimento dos recursos humanos, sociais e econômicos	(ONU, 1992)
X3: Estruturar os processos da CPB considerando a adoção de políticas dos diversos níveis governamentais	
• Estruturar os processos para a adoção de políticas oriundas dos diversos níveis governamentais	(ONU, 1992)
• Integrar os aspectos econômicos, sociais e ambientais nos diversos níveis de decisão da organização	(ONU, 1992)
• Foco na qualidade, custo, entrega e flexibilidade	(Ramaa et al., 2009)
• Assegurar a competência das pessoas que realizem tarefas que tenham potencial de causar impactos ambientais	(ISO, 2004b)
• Nível de produção para o cumprimento das metas estabelecidas pelo Programa Nacional de Produção e Uso do Biocombustível	(BRASIL/MAPA, 2007)
X4: Desenvolver a integração e colaboração, por meio do compartilhamento de informações e conhecimento entre os elos da CPB	
• Compartilhamento de informações	(Ramaa et al., 2009)
• Estrutura que incorpore as dimensões de relações na cadeia	(Ramaa et al., 2009)
• Integrar os aspectos econômicos, sociais e ambientais nos diversos níveis de decisão da organização	(ONU, 1992)
• Eficiência na colaboração em cadeia	(Chen; Paulraj, 2004; Ramaa et al., 2009; Villa, 2001)
X5: Considerar os aspectos políticos, econômicos, ambientais e sociais no processo de decisão relativo à gestão da CPB	
• Monitorar as tendências quanto ao uso dos recursos naturais	(ONU, 1992)
• Integrar os aspectos econômicos, sociais e ambientais nos diversos níveis de decisão da organização	(ONU, 1992)
• Considerar dos links entre os aspectos políticos, econômicos, ambientais e sociais no processo de decisão	(ONU, 1992)
• Estabelecer meios para conciliar e garantir a coerência entre as políticas, planos e instrumentos para o desenvolvimento do negócio	(ONU, 1992)
• Identificar e controlar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços novos ou em desenvolvimento	(ISO, 2004a)
• Identificar e ter acesso a requisitos legais relacionados aos aspectos ambientais	(ISO, 2004a)
X6: Desenvolver a capacidade tecnológica e de inovação da CPB	
• Desenvolver sistemas agrícolas alternativos	(Achten et al., 2010; Buainain; Batalha, 2007; Lal, 2007)
• Indicadores relativos a patentes para a produção de biodiesel	(OECD, 1996)
• Desenvolver inovações tecnológicas	(Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Atabani et al., 2012; Carriquiry et al., 2010; Demirbas, 2008; Furlan, 2007; Hall et al., 2011; Rovere et al., 2010; Vasudevan; Fu, 2010)
• Considerar inovações tecnológicas, organizacionais e sociais quando da definição de estratégias relativas à sustentabilidade	(Cocco, 2007; Demirbas, 2008; Hall; Matos, 2010; McCormick; Kåberger, 2005)
• Capacidade inovadora	(Ramaa et al., 2009)
• Manejo da cultura	(Khalil, 2006)
• Número de patentes relacionadas à produção do biodiesel	(Cepal, 2011)
• Usar tecnologia logística moderna	(ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)
• Maturidade da tecnologia de processamento	(BRASIL/MAPA, 2007)
• Uso de métodos inovadores para medição de desempenho	(RAMAA et al, 2009)

X7: Desenvolver foco estratégico, tático e operacional para a gestão da CPB com ênfase na qualidade, custos e nível de serviço	
• Capacidade de gestão	(KUPFER, 1994)
• Foco estratégico, tático e operacional	(Ramaa et al., 2009)
• Foco na qualidade, custo, entrega e flexibilidade	(Ramaa et al., 2009)
• Qualidade e práticas limpas e sem demoras	(Ramaa et al., 2009)
• Identificar as partes interessadas e suas percepções e determinar as que tenham impacto significativo	(ISO, 2004a)
• Foco na velocidade e no nível de serviços ao consumidor	(Ramaa et al., 2009)
X8: Estabelecer acordos internacionais e desenvolver mecanismos de superação de barreiras técnicas à exportação.	
• Acordos internacionais	(Borschiver, 1997)
• Superação de barreiras técnicas	(FGV/Ubrabio, 2010b; IBF, 2007; Junginger et al., 2011; Souza, 2010)
• Redução de tarifas de importação e revisão de cotas e extra cotas (BRASIL/MAPA, 2007)	(BRASIL/MAPA, 2007)
X9: Desenvolver tecnologias que minimizem emissões e impactos na atmosfera, o consumo de água e a geração de resíduos.	
• Minimizar emissões e impacto na atmosfera	(Furlan, 2007; Young, 2009)
• Minimizar consumo de água	(Furlan, 2007; Young, 2009)
• Minimizar geração de resíduos	(Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Cocco, 2007; Coppead, 2007; Furlan, 2007) (Jacobi, 2003)
• Maturidade da tecnologia de processamento	(BRASIL/MAPA, 2007)
X10: Adequar a legislação à natureza do negócio do biodiesel.	
• Identificar e ter acesso a requisitos legais relacionados aos aspectos ambientais	(ISO, 2004b)
• Adequar a legislação à natureza do negócio do biodiesel	(Olivério, 2006; PNPB, 2004a)
• Política tarifária; carga tributária	(Borschiver, 1997)
• Desenvolvimento de parcerias institucionais	(McCormick; Kåberger, 2005)
X11: Desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados; desenvolver a capacidade de armazenamento e transporte do biodiesel, e a qualidade da rede de distribuição.	
• Fluxo de materiais, informações e recursos	(Frazelle, 2002)
• Desenvolvimento de relações	(ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)
• Localização	(Porter, 1989a)
• Desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados	(Coppead, 2007; Olivério, 2006; Young, 2009)
• Capacidade de armazenamento e problemas relacionados ao transporte do biodiesel	(BRASIL/MAPA, 2007)
• Foco na qualidade, custo, entrega e flexibilidade	(Ramaa et al., 2009)
• Usar tecnologia logística moderna	(ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)
X12: Adquirir matéria-prima oriunda da agricultura familiar e desenvolver o potencial de geração de empregos no campo	
• Adquirir matéria-prima da agricultura familiar	(PNPB, 2004a)
• Empregabilidade (Khalil, 2006); potencial de geração de empregos no campo (BRASIL/MME, 2011)	(Khalil, 2006; BRASIL/MME, 2011)
• Nível de produção para o cumprimento das metas estabelecidas pelo Programa Nacional de Produção e Uso do Biocombustível	(BRASIL/MAPA, 2007)
X13: Identificar os aspectos da responsabilidade social, determinar os que tenham impacto significativo e implementá-los	
• Definir políticas, metas e objetivos da responsabilidade social, consultando partes interessadas	(ISO, 2004a)
• Monitorar os processos por meio de avaliações regulares das condições de desenvolvimento dos recursos humanos, sociais e econômicos	(ONU, 1992)
• Identificar os aspectos da responsabilidade social para determinar os que tenham impacto significativo	(ISO, 2004a)
• Qualidade e produtividade dos recursos humanos	(KUPFER, 1994)
X14: Estabelecer procedimentos de comunicação interna e externa relacionados aos aspectos ambientais e ao sistema de gestão ambiental; implementar um sistema de informações de emergências	
• Estabelecer procedimentos de comunicação interna relacionados aos aspectos	(ISO, 2004b)

ambientais e ao sistema de gestão ambiental	
• Sistemas de informações de emergências	(Zhou et al., 2011)
• Realizar comunicação externa sobre os aspectos ambientais significativos	(ISO, 2004b)
• Identificar e responder potenciais situações de emergência e potenciais acidentes que possam ter impacto sobre o meio-ambiente	(ISO, 2004b)
• Comunicação	(ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)
X15: Desenvolver relacionamentos e parcerias estratégicas com fornecedores com foco nos aspectos de sustentabilidade	
• Configuração da indústria, mercado e concorrência	(KUPFER, 1994)
• Consumidores, fornecedores, substitutos, novos entrantes e os competidores	(PORTER, 1986)
• Identificar as partes interessadas e suas percepções e determinar os que tenham impacto significativo	(ISO, 2004a)
• Parcerias estratégicas com fornecedores	(Ramaa et al., 2009)
• Facilitar a negociação entre a organização e os clientes	. (KHA, 2000)
• Relacionamento com fornecedores	(PORTER, 1986)
• Desenvolvimento de relações na cadeia	(Zhou et al., 2011)
X16: Desenvolver a capacidade dos gestores dos negócios da CPB; desenvolver as habilidades essenciais das organizações que compõem os elos da CPB; motivar equipes com orientação para metas ambientais, econômicas e de responsabilidade social	
• Capacidade de gestão	(KUPFER, 1994)
• Monitorar os processos por meio de avaliações regulares das condições de desenvolvimento dos recursos humanos, sociais e econômicos	(ONU, 1992)
• Assegurar a competência das pessoas que realizem tarefas que tenham potencial de causar impactos ambientais	(ISO, 2004b)
• Qualidade e produtividade dos recursos humanos	(Borschiver, 1997)
• Desenvolvimento de novas capacitações	(ASSUMPÇÃO, 2003)
• Desenvolver a capacidade dos gestores do negócio	(Salleh, 2009; Villa, 2001)
• Motivar as equipes com orientação para metas	(Salleh, 2009)
X17: Implantar tecnologias sustentáveis para realização das operações da CPB	
• Número de patentes relacionadas à produção do biodiesel	(Cepal, 2011)
• Minimizar emissões e impacto na atmosfera	(FURLAN, 2007)
• Usar tecnologia logística moderna	(ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)
• Implantar tecnologias sustentáveis para realização das operações	(Amaral, 2010; Furlan, 2007)
• Maturidade da tecnologia de processamento	(BRASIL/MAPA, 2007)
X18: Definir padrões para certificação do biodiesel e implementar meios para atendê-los; monitorar a qualidade do biodiesel ao longo dos elos da CPB	
• Os equipamentos utilizados para o monitoramento e medição devem ser calibrados ou verificados	(ISO, 2004b)
• Monitoramento do desempenho	(ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011)
• Assegurar a qualidade do biodiesel	(ANP, 2012; Olivério, 2006)
• Minimizar emissões e impacto na atmosfera	(Furlan, 2007; Young, 2009)
• Implementar de sistemas de monitoramento e fiscalização	(ANP, 2012; IFQC, 2003a)
X19: Monitorar e medir regularmente as principais características das operações que possam ter impacto ambiental, social e econômico	
• Identificar e controlar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços novos ou em desenvolvimento	(ISO, 2004a)
• Medições baseadas em processos	(Ramaa et al., 2009)
• Monitoramento do desempenho dos processos e produtos considerando a sustentabilidade da cadeia	(ANP, 2012; Remmen et al., 2007; Zhou et al., 2011)
• Usar sistemas de controle	(SALLEH, 2009)
• Monitorar a geração de resíduos sólidos	FURLAN, 2007; Jacobi, 2003
• Monitorar e medir regularmente as principais características das operações que possam ter impacto ambiental (ISO, 2004b)	(ISO, 2004b)
X20: Desenvolver estruturas de medição e controle de custos e desempenho na CPB	
• Uso de métodos inovadores para medição de desempenho	(Ramaa et al., 2009; Villa, 2001)
• Medições baseadas em processos	(Ramaa et al., 2009)

• Estrutura para medição de custos e desempenho	(IFQC, 2003b; Ramaa et al., 2009)
• Usar sistemas de controle de custos	(SALLEH, 2009)
• Custos de produção do biodiesel	(RADICH, 2004; (BRASIL/MAPA, 2007(Khalil, 2006)
• Custo da terra	(Khalil, 2006)
• Custos de produção da matéria-prima	(Buainain; Batalha, 2007; Demirbas, 2008)
X21: Desenvolver tecnologias para melhorar a produtividade agrícola e aumentar o grau de mecanização da produção de matéria-prima	
• Desenvolver novas oleaginosas	(Amaral, 2009; Dunn, 2005; Embrapa, 2007; Nunes, 2007; Olivério, 2006; Ramos, 2008a;2009)
• Aumentar o grau de mecanização	(Khalil, 2006) Hall et al., 2011; McCormick; Kåberger, 2005)
• Melhorar a produtividade agrícola	(Khalil, 2006)
• Desenvolver sistemas agrícolas alternativos	(Achten et al., 2010; Buainain; Batalha, 2007; Lal, 2007)
X22: Desenvolver a capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado	
• Minimizar geração de resíduos	(Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Cocco, 2007; Coppead, 2007; Furlan, 2007)
• Desenvolver a capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado	(Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Demirbas, 2008; Pradhan et al., 2009)
X23: Definir adequadamente os preços do biodiesel	
• Custos de produção do biodiesel	(RADICH, 2004; (BRASIL/MAPA, 2007(Khalil, 2006)
• Demanda por biodiesel	(EIA, 2011a)
• Custos de produção da matéria-prima	(Buainain; Batalha, 2007; Demirbas, 2008)
• Definição adequada de preços	(IFQC, 2003b; Olivério, 2006)
• Garantia de oferta constante e estável	(PNPB, 2004a)
• Configuração da indústria, mercado e concorrência	(KUPFER, 1994)
X24: Definir mecanismos de desoneração do consumidor final pelo uso de misturas BX em substituição ao diesel	
• Definição de mecanismos de desoneração do consumidor final pelo uso de misturas BX em substituição ao diesel	(Olivério, 2006)

CPB = cadeia produtiva do biodiesel. Os números entre colchetes são as referências bibliográficas utilizadas.

7.2.3 Conclusão

O processo de agrupamento dos aspectos preliminares resultou da identificação de 24 variáveis de estudo que serão utilizadas para compor um questionário estruturado. As variáveis envolvem os principais aspectos relacionados à cadeia produtiva do biodiesel, dimensões da sustentabilidade e temas subjacentes. Entretanto, essas variáveis ainda podem ser reduzidas de forma a tornar possível a identificação de fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. Por esse motivo, foi realizada uma consulta aos principais agentes da cadeia, de forma a identificar esses fatores por meio da técnica de análise fatorial. Os resultados da consulta via questionário são apresentados nas seções a seguir.

7.3 Resultados da Etapa III: realização de pesquisa de campo para identificação dos fatores determinantes

No total, 57 especialistas responderam ao questionário. Entre esses constavam cientistas e pesquisadores, analistas, produtores de biodiesel, e representantes do governo que atuam na área de biocombustíveis, conforme distribuição apresentada na Figura 7-3. A maioria (53,10%) dos respondentes pertencia a institutos de pesquisas ou universidades.

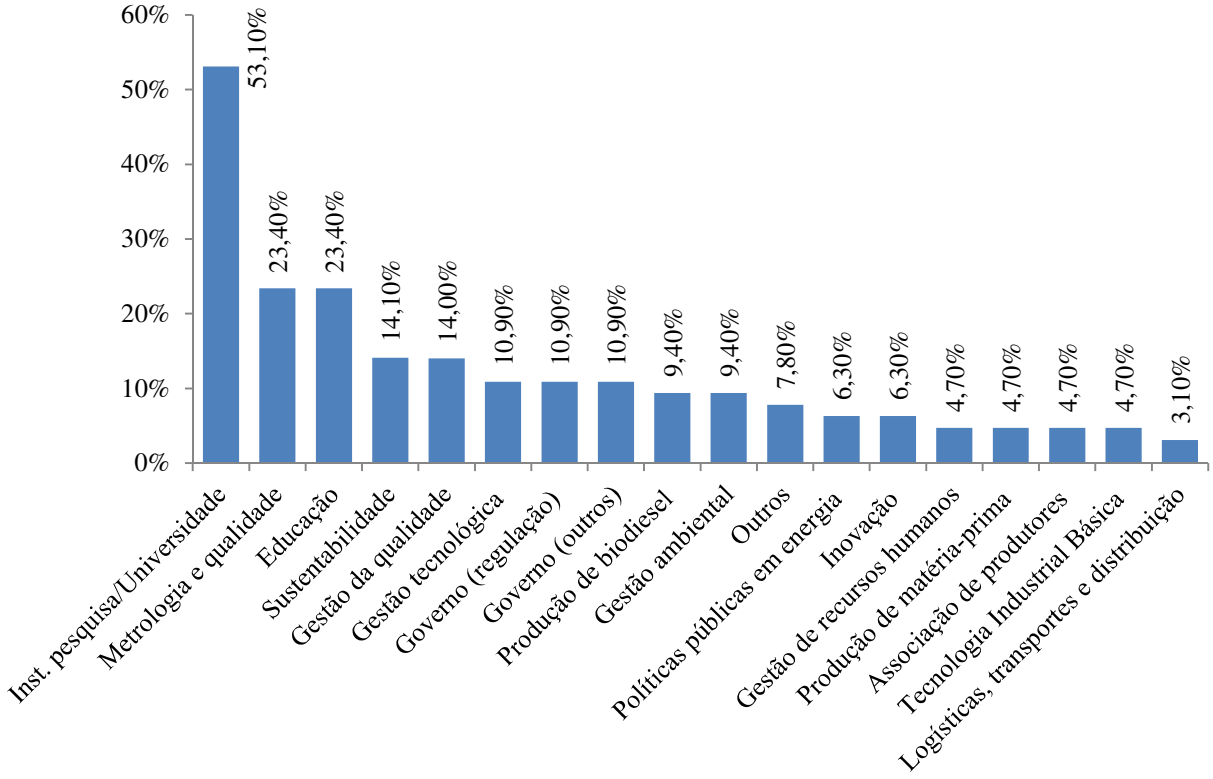


Figura 7-3 Distribuição dos especialistas por áreas. **Fonte**: o autor.

A submissão dos questionários aos especialistas resultou em escores para cada variável, de acordo com o nível de determinância por eles indicados. Os escores serão utilizados na fase de aplicação da análise fatorial para a determinação dos fatores determinantes. Nessa etapa, algumas variáveis serão associadas com base nas correlações entre elas; outras poderão ser excluídas se não alcançarem o nível de confiabilidade, dimensionalidade e validade requeridas, conforme critérios definidos nas seções a seguir.

Um resumo dos resultados dos escores é destacado na Tabela 7-1 por meio de parâmetros estatísticos relativos às variáveis *X1* a *X24*.

Tabela 7-1 Estatística descritiva dos resultados das percepções dos respondentes.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
X1	0,8246	0,2264	0,00	1,00
X2	0,7991	0,2286	0,00	1,00
X3	0,7054	0,2718	0,00	1,00
X4	0,6741	0,2792	0,00	1,00
X5	0,7632	0,2772	0,00	1,00
X6	0,8772	0,2222	0,00	1,00
X7	0,8377	0,2190	0,00	1,00
X8	0,6091	0,2204	0,00	1,00
X9	0,7851	0,2773	0,00	1,00
X10	0,7455	0,2477	0,00	1,00
X11	0,8202	0,2941	0,00	1,00
X12	0,6473	0,2621	0,00	1,00
X13	0,6667	0,2331	0,00	1,00
X14	0,5636	0,2764	0,00	1,00
X15	0,7182	0,2116	0,00	1.00
X16	0,7188	0,2365	0,00	1,00
X17	0,8304	0.1426	0,50	1,00
X18	0,8482	0,1871	0,00	1,00
X19	0,8000	0,1595	0,50	1,00
X20	0,6830	0,2241	0,00	1,00
X21	0,8170	0,1799	0,50	1,00
X22	0,7768	0,1929	0,50	1,00
X23	0,7054	0,2718	0,00	1,00
X24	0,6545	0,2854	0,00	1,00

Uma reprodução do questionário aplicado via *web* é apresentada no Apêndice B – Questionário.

7.4 Resultados Etapa IV: aplicação da análise fatorial para determinação dos fatores determinantes

7.4.1 Introdução

Nesta seção serão descritos os procedimentos para o tratamento estatístico dos 1.368 casos referentes as 57 respostas para as 24 variáveis apresentadas no Quadro 7-8, com vistas a obter um conjunto reduzido de fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel por meio da aplicação da técnica estatística análise fatorial, conforme descrito na Seção 4.5.

7.4.2 Avaliação preliminar da amostra

Os resultados da avaliação preliminar da adequação da amostra indicaram que as variáveis *X2, X8, X21* e *X24* tinham valores de correlações parciais (*MSA*) abaixo de 0,500. Por esse

motivo, esse conjunto de variáveis foi omitido com o objetivo de obter um conjunto inicial que pudesse exceder os valores mínimos aceitáveis de *MSA*. O conjunto de 20 variáveis remanescentes foi submetido a uma nova análise fatorial preliminar. Os resultados demonstraram que, embora a amostra estivesse adequada, com níveis satisfatórios para a análise fatorial, com um *MSA* igual 0,658 e *MSA* parciais satisfatórios, as variáveis *X9* e *X12* apresentaram um padrão de cargas fatoriais moderadas em vários fatores. Por esse motivo, essas variáveis também foram eliminadas do modelo fatorial.

A fim de garantir que variáveis importantes não fossem negligenciadas, foi realizada uma análise fatorial com as seis variáveis descartadas. A aplicação da análise às variáveis *X2, X8, X9, X12, X21* e *X24* apresentou resultados insatisfatórios para o teste de esfericidade de *Bartlett* (*p=0,942*), para a variância total acumulada (42,374%) e para o número de resíduos com valores acima de 0,05, cujo resultado foi 66%, aquém, portanto, do máximo aceitável de 50%. Além disso, as variáveis apresentaram baixos valores de comunalidade, indicando baixo poder de explicação das variâncias na solução fatorial. Dessa forma, concluiu-se que o conjunto de variáveis eliminadas na fase preliminar, não formava um fator determinante para os propósitos do estudo, podendo ser descartado, sem prejuízos para o modelo final.

7.4.3 Testes de adequação da amostra

O conjunto de variáveis que permaneceram após a eliminação das variáveis mencionadas na Seção 7.4.2 foi submetido a uma nova análise fatorial. Conforme pode ser visto na Tabela 7-2, o teste de esfericidade de *Bartlett* foi significante (*p <0,0001*), indicando que existem relações significativas entre as variáveis. A Medida de Adequação da Amostra (*MSA*), de *Kaiser-Meyer-Olkin,* apresentou um valor de 0,632, acima, portanto, do valor mínimo aceitável para análises exploratórias, como é o caso do presente estudo (Tabela 7-2). Todos os valores de *MSA* das variáveis, individualmente, também atingiram o valor mínimo aceitável. Além disso, a inspeção visual da matriz de correlação revelou um número substancial de correlações maiores do que 0,30 (Hair, J. F. et al., 2005), indicando alto grau de adequação da amostra e que a análise fatorial era apropriada para o conjunto de variáveis.

Tabela 7-2 Testes de adequação da amostra

Medida de Adequação da Amostra de Kaiser-Meyer-Olkin		0,632
Teste de Esfericidade de Bartlett	Chi-Square Aproximado	334,821
	Df (graus de liberdade)	153
	Significância	0,000

7.4.4 Determinação do número de fatores

Os resultados da extração das comunalidades estimadas por meio do método de análise de componentes principais revelaram valores acima de 0,500 (Tabela 7-3). Isso indica que as variáveis presentes no modelo possuem um grau satisfatório de explicação das variâncias na solução fatorial, assim como os níveis adequados de carga nos fatores. As variáveis e a sua associação com cada fator (*F1* a *F6*) são apresentadas na Tabela 7-3.

Tabela 7-3 Resultado da análise fatorial com método *Varimax*

Variáveis	Fatores (após rotação *Varimax*)						Comunalidade
	F1	*F2*	*F3*	*F4*	*F5*	*F6*	
X4	**0,861**	-0,031	0,027	0,045	0,098	0,168	*0,783*
X11	**0,821**	0,044	0,273	0,125	0,044	0,028	*0,769*
X5	**0,799**	0,123	-0,199	-0,264	0,168	-0,071	*0,797*
X3	**0,726**	-0,145	0,308	0,125	-0,134	0,014	*0,676*
X16	-0,103	**0,817**	0,032	0,013	0,035	0,268	*0,753*
X14	0,095	**0,805**	-0,029	0,169	0,005	0,025	*0,687*
X13	0,141	**0,731**	0,122	-0,223	0,075	-0,291	*0,709*
X15	-0,188	**0,589**	-0,045	0,224	0,190	0,170	*0,500*
X17	0,106	**0,452**	-0,313	0,178	0,321	**0,421**	*0,626*
X7	0,267	-0,100	**0,809**	0,063	0,037	0,085	*0,749*
X10	0,336	0,159	**0,686**	0,199	0,017	-0,064	*0,652*
X1	0,464	-0,014	**-0,680**	0,208	-0,096	0,023	*0,731*
X23	0,044	0,093	0,045	**0,800**	0,022	0,011	*0,654*
X20	0,114	0,099	0,002	**0,658**	0,382	0,124	*0,617*
X18	-0,137	0,020	0,068	0,247	**0,755**	-0,078	*0,661*
X19	0,294	0,207	0,040	-0,066	**0,748**	0,104	*0,706*
X22	0,000	0,165	0,150	0,178	-0,087	**0,821**	*0,763*
X6	0,257	-0,018	-0,193	-0,471	0,197	**0,645**	-
Autovalor	*3,25*	*2,57*	*1,98*	*1,74*	*1,54*	*1,53*	*12,61*
Variância Explicada (%)	*18,07*	*14,25*	*11,01*	*9,68*	*8,55*	*8,51*	*70,07*

Método de extração: Análise de componentes principais. Método de rotação: *Varimax*, com Normalização *Kaiser*; as cargas fatoriais mais significativas em cada fator estão sublinhadas e em negrito.

Como mencionado na Seção 4.5.4, foi utilizado o critério da raiz latente (autovalores), para determinação do número de fatores retidos na solução fatorial. Os seis fatores extraídos com autovalores maiores do que a unidade explicam 70,07% da variância, acima, portanto, dos valores mínimos aceitáveis, indicando, dessa forma, que o índice da solução é alto e as variáveis estão fortemente relacionadas umas com as outras.

7.4.5 Determinação do ajuste do modelo

A determinação do ajuste do modelo, isto é, a verificação do percentual dos resíduos (diferenças entre as correlações observadas e correlações reproduzidas) revelou que existia apenas 39% de resíduos com valor absoluto maior do que 0,05. Isto significa um ajuste dentro dos limites estabelecidos pela literatura (ver Seção 4.5.4), que as correlações básicas entre as variáveis podem ser atribuídas a fatores comuns e que as correlações entre as variáveis podem ser deduzidas das correlações estimadas entre as variáveis e os fatores (Malhotra, 2001). O *SPSS* fornece as matrizes de correlações observadas e reproduzidas, bem como a matriz de resíduos e o resultado final das estimativas.

7.4.6 Determinação da confiabilidade da escala

A medida de confiabilidade do conjunto total, composto pelas 18 variáveis, apresentou um índice *Alpha de Cronbach* de 0,723, acima, portanto, dos valores mínimos aceitáveis. Esse resultado indica que o questionário usado na pesquisa possui um alto grau de consistência interna e que esse é um instrumento capaz de medir as variáveis do presente estudo.

7.4.7 Comparação dos resultados com outros métodos de rotação de fatores

De maneira geral, as variáveis não carregaram significativamente em mais de um fator. A única exceção foi a variável *X17*, que possui cargas significativas nos fatores *F2* e *F6* (no caso da rotação *Varimax,* Tabela 7-3). Esse padrão pode ser atribuído ao fato de que a variável menciona implantação de *tecnologias para a realização de "operações na cadeia produtiva*", o que pode ter sido relacionado ao uso de tecnologias no sentido abordado pelo fator F6, que será apresentado a seguir. A escolha de toda a configuração de variáveis nos fatores apresentados é corroborada pelos resultados das análises realizadas por dois outros métodos de rotação. O primeiro, o *Equamax*, método de rotação ortogonal e o segundo, o método de rotação oblíqua *Direct Oblimin* (Field, 2005; Hair, J. F. et al., 2005). Em todos esses casos a

análise fatorial revelou exatamente o mesmo padrão geral de cargas fatoriais. A Tabela 7-4 apresenta o padrão de cargas para ambos os métodos mencionados. Para facilitar a identificação do padrão de fatores, cargas menores do que 0,400 não são apresentadas na tabela.

Tabela 7-4 Resultado da análise fatorial com métodos *Equamax* e *Direct Oblimin*

Variáveis	Fatores, após rotações *Equamax/Direct Oblimin*					
	F1	*F2*	*F3*	*F4*	*F5*	*F6*
X4	0,842/0,867					
X11	0,776/0,845					
X5	0,819/0,775					
X3	0,682/0,749		0,403/*			
X16		0,791/0,820				
X14		0,794/0,810				
X13		0,755/0,726				
X15		0,558/0,606				
X17		*/0,489			*/-0,435	0,465/0,513
X7			0,839/0,800			
X10			0,724/0,675			
X1	0,545/0,405		-0,610/-0,688			
X23				0,802/0,805		
X20				0,658/0,662	*/-0,457	
X18					0,754/-0,749	
X19					0,761/-0,782	
X22						0,828/0,834
X6				-0,470/-0,491		0,651/0,624

Método de extração dos fatores: Análise de componentes principais. Métodos de rotação dos fatores: *Equamax*, com Normalização *Kaiser*/*Direct Oblimin*, com Normalização *Kaiser*. * Variáveis sem cargas fatoriais acima de 0,400 no fator para o método indicado.

7.4.8 Resultados da análise fatorial e nomeação dos fatores

Os resultados da análise são mostrados na Tabela 7-3, onde pode ser visto o padrão de cargas associado aos seis fatores após rotacionados por meio do método de *Varimax*. A Tabela 7-3 também apresenta o percentual de variância explicada pelos fatores e os autovalores associados. Os autovalores foram utilizados, juntamente com o critério da variância explicada, para determinar o número de fatores incluídos na solução fatorial.

Considera-se, portanto, que o grau de adequação da amostra, a reprodução do modelo, por meio de três métodos de rotação, sendo dois ortogonais e um oblíquo, bem como os níveis de ajustes alcançados e o nível de confiabilidade dos fatores obtidos fornecem as informações suficientes para garantir a validade da solução obtida. O processo pode, dessa forma, seguir

para o estágio de determinação e nomeação dos fatores de acordo com as cargas fatoriais apresentadas na Tabela 7-3.

Tendo em vista os dados da Tabela 7-3, que contém as 18 variáveis que contribuíram para a solução fatorial, o próximo passo é analisar os dados nela contidos com vistas a nomear cada fator de acordo com o padrão de cargas fatoriais. As cargas fatoriais representam a correlação de cada variável e indicam o grau de correspondência entre as variáveis e os respectivos fatores. Assim, as variáveis com cargas mais altas em um fator são consideradas as que têm maior impacto e, por isso, têm maior influência sobre o nome a ser associado para representá-lo da melhor maneira possível. Embora todas as variáveis significativas possam ser usadas para nomear um fator, são as variáveis com cargas mais altas que exercem maior influência. Os sinais das cargas fatoriais demonstram o tipo de relação entre as variáveis de um mesmo fator, pois cargas com sinais iguais significam que elas estão diretamente relacionadas e cargas com sinais diferentes indicam relação indireta; os sinais não têm influência sobre a denominação do fator (Hair, J. F. et al., 2005; Malhotra, 2001).

Fator F1

Dessa forma, o fator *F1*, que envolve as variáveis *X4, X11, X5* e *X3*, pode ser rotulado como "*Integração, Logística e Infraestrutura*". Esse fator envolve as questões associadas: a) à integração e colaboração, por meio do compartilhamento de informações e conhecimento entre os elos da cadeia produtiva do biodiesel, correspondendo à variável *X3* (com carga fatorial 0,861); b) desenvolvimento da logística da cadeia para garantir a produção e abastecimento, e desenvolvimento qualidade da rede de distribuição, correspondendo à variável *X11* (carga 0,821); c) consideração dos aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais nos processos de decisão relativos à gestão da cadeia, correspondendo à variável *X5* (carga 0,799); e, finalmente, com a menor carga fatorial relativa, o aspecto d) estruturação dos processos da cadeia de acordo com políticas nos diversos níveis governamentais, correspondendo à variável *X3* (carga 0,726). O fator *F1* é o que, em termos relativos, contém as variáveis com maiores cargas fatoriais e possui o maior percentual de variância explicada (18,07%), o que é um importante indicativo do seu impacto e importância em relação aos demais.

Fator F2

O fator *F2* envolve o maior número de variáveis: *X16, X14, X13 e X15*. Pode ser rotulado como "*Articulação e Coordenação*", pois as variáveis envolvidas são: a) *X16* (carga 0,817), que aborda o desenvolvimento dos gestores dos negócios, habilidades essenciais das organizações e motivação das equipes com foco nas dimensões de sustentabilidade; b) *X14* (carga 0,805), que trata dos procedimentos de comunicação relativos aos aspectos e impactos ambientais; c) *X13* (carga 0,731), que envolve a identificação dos aspectos de responsabilidade social significativos; d) *X15* (carga 0,589), envolvendo o desenvolvimento de relacionamentos e parcerias com fornecedores com foco nos aspectos de sustentabilidade. Como pode ser observado na Tabela 7-3, a variável *X17* também apresentou uma carga similar (0,421) no fator F6. Além disso, conforme apresentado na Tabela 7-4, existem cargas significativas no fator F6, quando considerados os métodos *Equamax* e *Direct Oblimin*. Por esse motivo, e como a variável possui aspectos associados a tecnologias sustentáveis para as operações na cadeia produtiva, a variável *X17* será incluída no fator F6, discutido adiante.

Fator F3

O fator *F3* envolve as variáveis *X7, X10* e *X1*. A variável *X7* (carga 0,809) trata do desenvolvimento de estratégias para gestão com ênfase na qualidade, nível de serviço e custos. A variável *X10* (carga 0,686) envolve a adequação da legislação à natureza do negócio do biodiesel. Finalmente, a variável *X1* (carga -0,680) trata do fomento à produção de oleaginosas em função da região geográfica e do impacto social, além da diversificação da matéria-prima. Considerando todos esses aspectos, com ênfase nas duas variáveis com maiores cargas, o fator *F3* pode ser rotulado como "*Gestão Estratégica e Ambiente Institucional*".

Fator F4

O fator *F4* inclui as variáveis, *X23* e *X20*. A variável *X23* (carga 0,800) aborda a definição dos preços do biodiesel, enquanto a variável *X20* (carga 0,658) trata do desenvolvimento de estruturas de medição e controle de custos e desempenho. Dessa forma, o fator *F4* pode ser rotulado como "*Condições de Mercado*".

Fator F5

As variáveis *X18* (carga 0,755) e *X19* (carga 0,748) compõem o fator *F5;* compreendem, respectivamente: a) definição de padrões de certificação e monitoramento da qualidade do biodiesel; e b) medição e monitoramento das características das operações que possam impactar a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. Portanto, o fator pode ser intitulado "*Qualidade e Sistemas de Monitoramento*".

Fator F6

Finalmente, o fator *F6*, constituído das variáveis *X22* (carga 0,821), *X6* (carga 0,645) e X17 (carga 0,421), envolve, respectivamente: a) o desenvolvimento da capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado; b) o desenvolvimento da capacidade tecnológica e de inovação da cadeia produtiva e c) o uso de tecnologias sustentáveis para a realização das operações na cadeia. As razões para a inclusão da variável *X17* neste fator foram abordadas quando da rotulação do fator F2. Dessa forma, o fator *F6* pode ser denominado "*Tecnologia e Inovação*". Os resultados dessa etapa estão resumidos na Tabela 7-5.

Tabela 7-5 Estrutura dos fatores determinantes

Fator (Variância Explicada)	Carga Fatorial	Fatores e variáveis incluídas no modelo
***F1* (18,07%)**		**Integração, Logística e Infraestrutura**
X4	0,861	Desenvolver a integração e colaboração, por meio do compartilhamento de informações e conhecimento entre os elos da CPB[42].
X11	0,821	Desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados; desenvolver a capacidade de armazenamento e transporte do biodiesel, e a qualidade da rede de distribuição.
X5	0,799	Considerar os aspectos políticos, econômicos, ambientais e sociais no processo de decisão relativo à gestão da CPB.
X3	0,726	Estruturar os processos da CPB considerando a adoção de políticas dos diversos níveis governamentais.
***F2* (14,25%)**		**Articulação e Coordenação**
X16	0,817	Desenvolver a capacidade dos gestores dos negócios da CPB; desenvolver as habilidades essenciais das organizações que compõem os elos da CPB; motivar equipes com orientação para metas ambientais, econômicas e de responsabilidade social.
X14	0,805	Estabelecer procedimentos de comunicação interna e externa relacionados aos aspectos e impactos ambientais; implementar sistemas de informações de emergências.
X13	0,731	Identificar os aspectos da responsabilidade social, determinar os que tenham impacto significativo e implementá-los.
X15	0,589	Desenvolver relacionamentos e parcerias estratégicas com fornecedores com foco nos aspectos de sustentabilidade.
***F3* (11,01%)**		**Gestão Estratégica e Ambiente Institucional**
X7	0,809	Desenvolver foco estratégico, tático e operacional para a gestão da CPB com ênfase na qualidade, custos e nível de serviço.

[42] Cadeia produtiva do biodiesel.

X10	0,686	Adequar a legislação à natureza do negócio do biodiesel.
X1	-0,680	Fomentar a produção de oleaginosas em função da região geográfica e do seu impacto social; investir na diversificação de matérias-primas.
***F4* (9,68%)**		**Condições de Mercado**
X23	0,800	Definir adequadamente os preços do biodiesel.
X20	0,658	Desenvolver estruturas de medição e controle de custos e desempenho na CPB.
***F5* (8,55%)**		**Qualidade e Sistemas de Monitoramento**
X18	0,755	Definir padrões para certificação do biodiesel e implementar meios para atendê-los; monitorar a qualidade do biodiesel ao longo dos elos da CPB.
X19	0,748	Monitorar e medir regularmente as principais características das operações que possam ter impacto ambiental, social e econômico.
***F6* (8,51%)**		**Tecnologia e Inovação**
X22	0,821	Desenvolver a capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado.
X6	0,645	Desenvolver a capacidade tecnológica e de inovação da CPB.
X17	0,421	Implantar tecnologias sustentáveis para realização das operações da CPB.

7.4.9 Análise dos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel

A Figura 7-4 é uma representação gráfica da estrutura de fatores mostrada na Tabela 7-5. A partir dela é possível observar visualmente todos os fatores e a contribuição relativa de cada um para o percentual total de variância explicada pela solução fatorial encontrada. Na figura, os resultados das variâncias explicadas foram transformados para uma escala de 0 a 1. Essa medida fornece um indicativo da determinância relativa de cada fator em todo o sistema. Os fatores são o resultado da redução das variáveis pelo método da análise fatorial e representam de forma resumida os 93 aspectos apresentados no Quadro 7-8.

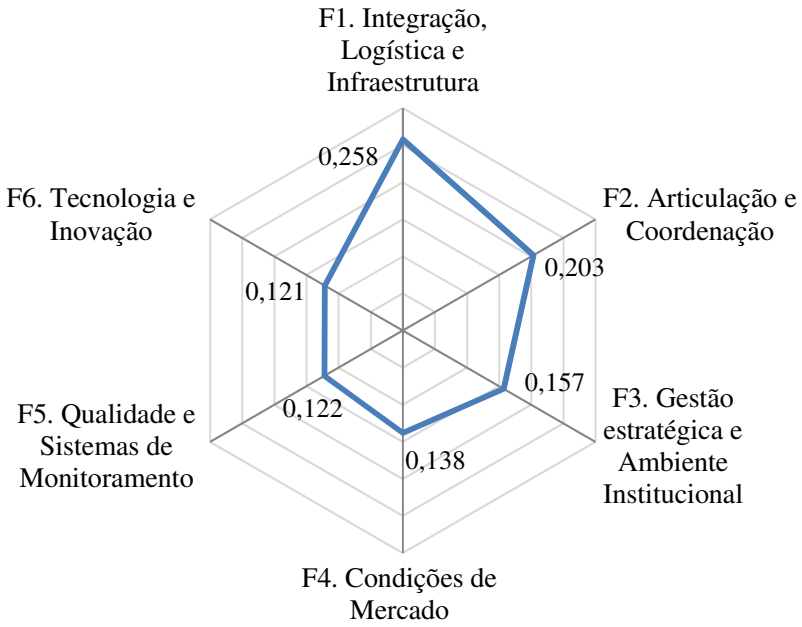


Figura 7-4 Determinância dos fatores para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. **Fonte**: o autor

A inter-relação entre os fatores determinantes é mostrada no modelo conceitual representado na Figura 7-5, construída a partir dos conceitos que compõem os fatores determinantes. De acordo com o modelo, os fatores determinantes interagem para alcançar o principal objetivo do sistema: produzir e distribuir energia limpa, promover inclusão social, mitigar impactos ambientais e ser economicamente viável.

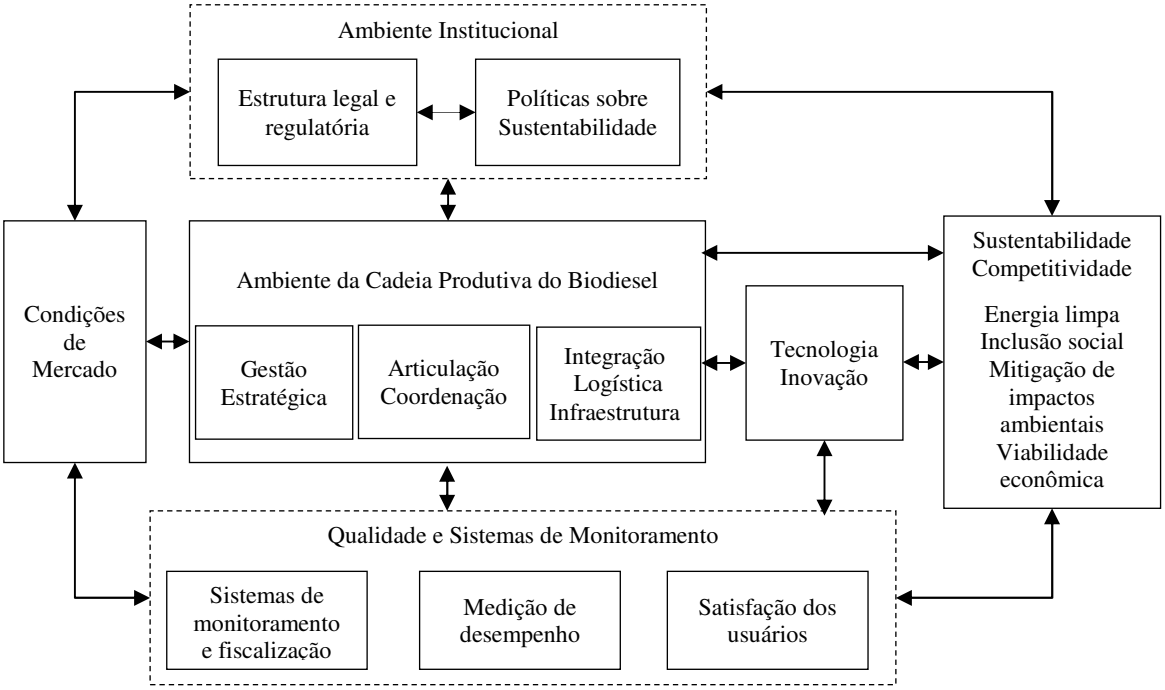


Figura 7-5 Modelo representativo da relação entre os fatores determinantes. **Fonte**: o autor.

7.4.9.1 *Fator F1 – Integração, Logística e Infraestrutura*

Em termos de cargas fatoriais o fator *F1*, *Integração, Logística e Infraestrutura* é o mais determinante, em relação aos demais fatores. Essa configuração se deve às cargas das variáveis *X4* e *X11* que estão entre as maiores do sistema. Esses resultados demonstram a importância dos aspectos relacionados à integração, infraestrutura e logística para garantir abastecimento adequado do biodiesel e o fluxo dos demais elementos da cadeia de forma eficiente. De fato, esses são aspectos bastante discutidos e que permanecem como uma grande preocupação na cadeia produtiva brasileira, principalmente pela grande dependência do uso do modal rodoviário (Buainain; Batalha, 2007; Coppead, 2007; Young, 2009). Uma possível forma de lidar com esse problema poderia ser o desenvolvimento e uso de soluções intermodais, embora essas ainda encontrem algumas barreiras devido a problemas de infraestrutura geral de transporte (Coppead, 2007; Olivério, 2006; Young, 2009). Esse aspecto se apresenta ainda mais importante, pois uma característica importante da gestão da

logística é a sua capacidade de contribuir com a implementação dos três aspectos de sustentabilidade por meio da integração entre os diversos elementos que compõem a cadeia (Gold; Seuring, 2011; McCormick; Kåberger, 2005) para promover a qualidade da rede de distribuição (Ramaa et al., 2009). As demais variáveis que fazem parte desse fator (*X3* e *X5*) apresentam cargas intermediárias e estão relacionadas ao processo de decisão no ambiente interno à cadeia (*X5*) e ao ambiente institucional em que esta está inserida (*X3*). Assim, a estruturação de processos baseada na competência das pessoas e na integração dos aspectos de sustentabilidade nos diversos níveis de decisão são fatores importantes para a garantia da qualidade da rede de distribuição.

7.4.9.2 *Fator F2 – Articulação e Coordenação*

O Fator F2 é o segundo mais determinante. Possui duas variáveis com cargas altas (*X14* e *X16*), uma com carga intermediária (*X13*) e uma com carga relativamente baixa (*X15*). O desenvolvimento das habilidades e capacidade dos gestores, e a motivação das pessoas com orientação para metas desempenham um importante papel nos processos de articulação e coordenação da cadeia. Tais aspectos estão relacionados com o papel da integração como mecanismo para a promoção do desenvolvimento sustentável como uma meta comum a ser buscada pelos diversos agentes da cadeia (Assumpção, 2003; Villa, 2001). Da mesma forma, a identificação de aspectos sociais e ambientais e de mecanismos de comunicação, incluindo sistemas para tratamento de emergências decorrentes de impactos ambientais, é fundamental para a articulação e coordenação da cadeia. Essas questões estão fortemente associadas aos requisitos estabelecidos por normas ambientais e de responsabilidade social que recomendam a consulta às partes interessadas quando da definição de políticas, metas e objetivos (ISO, 2004a;2004b). A variável *X15* aborda o desenvolvimento de relações na cadeia com ênfase no estabelecimento de parcerias com fornecedores. Como pode ser visto na Tabela 7-3, essa variável também tem uma carga razoável (0,224) no fator F4, relacionado com as condições de mercado e de desempenho da cadeia.

7.4.9.3 *Fator F3 – Gestão Estratégica e Ambiente Institucional*

O desenvolvimento de estratégias com ênfase na qualidade, custos e nível de serviço, representados pela variável *X7* é o aspecto mais determinante deste fator (0,809). As demais variáveis (*X1* e *X10*) tratam do papel e influência do ambiente institucional no

desenvolvimento das estratégias e da realização das operações da cadeia. Assim, as estratégias definidas para a cadeia devem estar alinhadas com as políticas, a estrutura legal e de regulamentos, pois é no ambiente institucional que os elementos da cadeia interagem determinando como o biodiesel pode ser produzido e distribuído de maneira sustentável. Por exemplo, ao definir políticas, leis ou regulamentos, o processo de escolha de qual oleaginosa produzir em função da região geográfica, do clima e outras condições, podem ter impacto significativo nos aspectos de sustentabilidade. A variável *X1* é única de todo o sistema que possui um sinal negativo. Isso indica uma relação inversa entre *X1* e as demais variáveis do fator. Uma possível explicação para isso é que a diversificação de matérias-primas e a distribuição geográfica da produção de oleaginosas podem impactar negativamente no escopo das companhias, bem como na qualidade e no nível dos serviços por elas oferecidos. Vale lembrar, conforme abordado pelo fator *F1*, que essas condições também podem influenciar na logística da cadeia e nos custos de operação. Uma maneira de reduzir esses custos, pelo menos no longo prazo, seria aumentar o nível de integração das instalações produtoras de biodiesel, conforme delineado por um estudo desenvolvido a pedido do governo brasileiro (Coppead, 2007).

Conforme mencionado a variável *X3* foi relacionada ao fator *F1* devido a sua carga, predominantemente associada aquele fator. Entretanto, essa variável também possui uma carga considerável (0,308) no fator 3 (ver Tabela 7-3), tendo essa configuração também ocorrido no caso da rotação *Equamax* (ver Tabela 7-4). Essa condição ratifica a necessidade de que as empresas pertencentes estruturem seus processos por meio de estratégias que considerem o alinhamento com o ambiente institucional.

7.4.9.4 *Fator F4 – Condições de Mercado*

Para que as operações na cadeia produtiva do biodiesel ocorram de maneira sustentável é importante que elas ocorram em um mercado com um nível aceitável de estabilidade e que ofereçam condições para a manutenção da competitividade da cadeia. Nesse sentido, a definição adequada de preços do biodiesel, considerando os custos de produção da matéria-prima, os custos de produção do biodiesel, e as condições de oferta e demanda desempenha um importante papel no contexto da cadeia do biodiesel. Esses aspectos são considerados pela variável *X23* que é a maior do fator (0,800) e está entre as maiores de todo o sistema.

No Brasil a comercialização do biodiesel acontece por meio do mecanismo de leilões em que o volume comercializado, os fornecedores e as condições de preço são conhecidos (PNPB, 2004b). O leilão define um preço de referência e as companhias ganhadoras são as que oferecem o menor preço e atendem os requisitos de qualidade determinados pelo órgão regulador brasileiro. Além disso, para garantir a participação da agricultura familiar, pelo menos 80% do volume comercializado deve ser originado de produtores que atendam ao processo de certificação, conhecido como Selo Combustível Social (MME, 2011a; PNPB, 2004b).

No âmbito internacional, realizou-se em junho de 2013, a primeira exportação de 22 toneladas de biodiesel para fins comerciais (MME, 2013b). Essa mudança no mercado foi possível devido à redução dos preços de óleos vegetais e à elevação do preço do dólar, embora restrições de entradas de biodiesel na Europa e necessidade de ajustes fiscais e tributários ainda sejam aspectos a serem superados (Agrolink, 2013).

É interessante notar, como pode ser visto na Tabela 7-3, que a variável *X20*, também possui uma carga razoável (0,382) no fator F5, o que nos dá um indicativo do papel do desenvolvimento de estruturas adequadas de medição e monitoramento do desempenho da cadeia para o estabelecimento de condições aceitáveis, principalmente relacionadas a preços, para o mercado.

7.4.9.5 *Fator F5 – Qualidade e Sistemas de Monitoramento*

O fator *Qualidade e Sistemas de Monitoramento* é constituído por duas variáveis com cargas intermediárias (*X18* e *X19*). Cobre aspectos relacionados à definição de padrões para certificação e controle da qualidade do biodiesel, ao monitoramento de emissões e à fiscalização por órgãos reguladores. Esse fator envolve ainda o monitoramento e medições regulares das operações que possam impactar os aspectos de sustentabilidade. Nesse sentido, o uso de sistemas de medição por meio de indicadores e o uso de ferramentas como avaliação do ciclo de vida têm sido bastante estudados como meios para melhorar o desempenho nos diversos pontos ao longo da cadeia produtiva, desde a produção da matéria-prima até a distribuição do biodiesel para o consumidor final. No Brasil, o foco do modelo de monitoramento é a análise de propriedades físicas e químicas do biodiesel, sendo que pouca ou nenhuma atenção é dada ao monitoramento da qualidade durante a produção de matéria-

prima, a produção do biodiesel e ao processo de distribuição (Araújo, 2005; Lobo et al., 2009).

7.4.9.6 *Fator F6 – Tecnologia e Inovação*

A inovação tecnológica, tanto em relação a produtos, processos ou técnicas de gestão, está entre os principais aspectos relacionados à sustentabilidade e competitividade (WEF, 2012). O fator *Tecnologia e Inovação* envolve três variáveis que, por sua vez, estão associadas a oito aspectos principais identificados na amostra bibliográfica apresentada no Quadro 7-8. O desenvolvimento da capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado é a variável apontada de maior influência no grupo estudado (*X22*, carga 0,821). Além de impactar no aspecto ambiental, a geração de coprodutos também influencia na redução de custos de produção, uma vez que reutilizam resíduos como matérias-primas (Demirbas, 2008). O desenvolvimento de sistemas agrícolas alternativos possibilita a introdução de inovações em sistemas para gestão do solo e melhorias na qualidade e quantidade dos recursos naturais, em especial a água (Khalil, 2006; Lal, 2007). Nesse sentido, sistemas para otimização do uso de fertilizantes e práticas agronômicas e genéticas são apresentadas como as principais opções para introdução de melhorias (Achten et al., 2010; Buainain; Batalha, 2007). Um aspecto importante é a dificuldade de medir a inovação. Por esse motivo, o uso de estatísticas relativas a patentes, embora seja uma opção limitada, ainda é a mais utilizada (OECD, 1996). Em geral, as inovações ao biodiesel estão relacionadas à transformação de matérias-primas, processamento via transesterificação e obtenção de combustíveis carbonáceos líquidos, baseados essencialmente em misturas de hidrocarbonetos (Cepal, 2011). O desenvolvimento de inovações para abordar questões sociais é motivo de debate na literatura. Alguns autores argumentam que a inovação resolve questões tecnológicas e comerciais, mas também possui potencial para criar problemas sociais adicionais, como inclusão social devido ao grau de mecanização (Hall et al., 2011; McCormick; Kåberger, 2005).

7.4.10 Conclusão

A aplicação da técnica de análise fatorial aos dados coletados na pesquisa de campo junto aos especialistas envolvidos com as atividades da cadeia produtiva do biodiesel revelou a presença de seis fatores determinantes obtidos a partir da composição das variáveis nos fatores. O fator *F1*, *Integração, Logística e Infraestrutura,* foi considerado o mais

determinante de acordo com as respostas dos especialistas consultados, pois foi o que apresentou o padrão de cargas fatoriais mais forte na sua composição. Os fatores determinantes capturados nesta etapa serão associados a indicadores de reconhecimento internacional e usados para medir índices de sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel do Brasil. Assim, as próximas etapas envolverão a seleção de países para a comparação e utilização do modelo descrito no Capítulo 5 para a determinação dos índices de sustentabilidade.

7.5 Resultados Etapa V: seleção de países a serem incluídos na comparação dos índices de sustentabilidade

A seleção de países para a comparação foi realizada tomando como principal critério a produção de biodiesel. Assim, os seguintes países, além do Brasil, foram selecionados para o levantamento de indicadores a serem utilizados para uma comparação de índices de sustentabilidade: Alemanha, Argentina, Estados Unidos e França. Juntos esses países respondem por 60% da produção mundial em 2011, conforme apresentado na Figura 7-6.

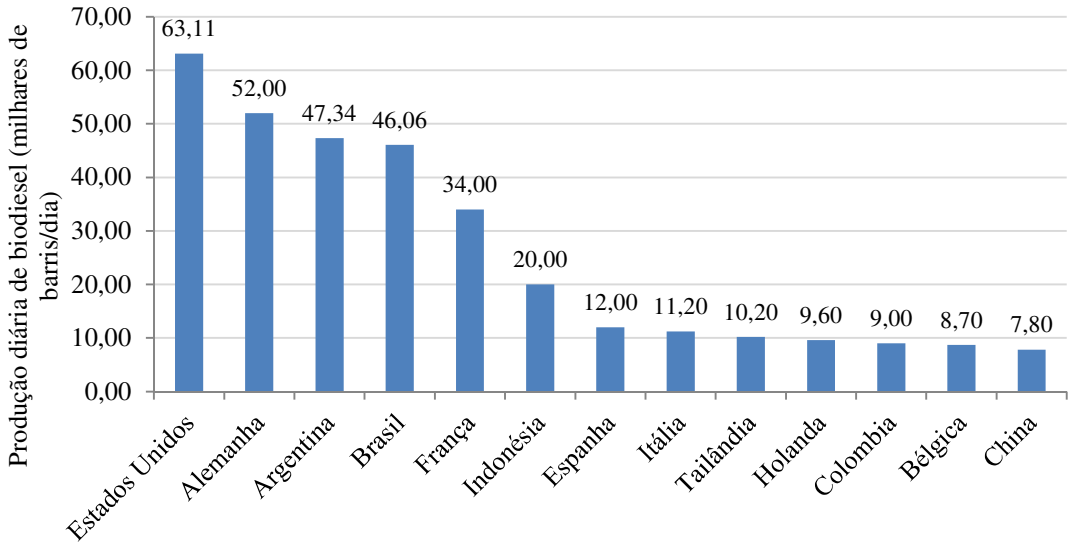


Figura 7-6 Produção diária de biodiesel (milhares de barris/dia, 2011). **Fonte**: o autor, com dados da EIA (EIA, 2014).

Além desses países, conforme mencionado na Seção 4.6, a China (responsável por 2% da produção mundial em 2011) foi incluída na comparação devido ao seu papel na economia mundial, principalmente nos aspectos que envolvem competitividade e sustentabilidade, e à sua capacidade potencial de se tornar um grande produtor do biocombustível.

Na Seção 7.8 o modelo para determinação de índices de sustentabilidade desenvolvido no Capítulo 5 será aplicado aos indicadores selecionados para, dessa forma, tornar possível a análise descritiva dos índices dos países envolvidos na comparação.

Na seção a seguir, serão descritos os resultados dos procedimentos descritos na Etapa VI (Seção 4.7) para a identificação de bases de dados de onde serão selecionados indicadores associados aos fatores determinantes.

7.6 Resultados Etapa VI: identificação de princípios, critérios e indicadores associados aos fatores determinantes

7.6.1 Introdução

Nesta seção serão selecionados indicadores preliminares de acordo com as diretrizes estabelecidas na Seção 4.7. Esses indicadores serão, inicialmente, submetidos a testes de confiabilidade e dimensionalidade e, posteriormente, na Seção 4.8, será verificada a compatibilidade do conjunto total de indicadores selecionados. Os resultados dos testes servem para decidir pela permanência ou exclusão de indicadores do conjunto representativo de cada fator.

Conforme descrito na Seção 4.7.3, os critérios associados a cada fator determinante são elementos norteadores para a escolha dos indicadores preliminares e servem para acrescentar sentido ao princípio. Eles foram formulados levando em consideração os aspectos e variáveis associados a cada fator e o contexto da cadeia produtiva do biodiesel.

Todos os indicadores possuem dados completos e foram selecionados das bases de dados indicadas na Seção 4.7.2. As informações referentes às unidades dos indicadores, ano de referência e origem, entre outras, estão descritas no Apêndice A.

7.6.2 Fator *F1* – Integração, Logística e Infraestrutura

7.6.2.1 *Critérios associados ao fator F1*

Os critérios gerais relativos aos aspectos integração, logística e infraestrutura norteiam esse fator. Os elos da cadeia produtiva devem atuar da forma mais integrada e abrangente possível.

A logística e infraestrutura devem ser desenvolvidas com o nível mínimo de eficiência e qualidade que permitam a produção e distribuição sustentável do biocombustível.

7.6.2.2 *Indicadores preliminares – fator F1*

A Tabela 7-6 apresenta a descrição e os dados dos indicadores associados ao fator *F1* preliminarmente selecionados para os testes de confiabilidade e dimensionalidade.

Tabela 7-6 Descrição dos indicadores preliminares para o Fator *F1*
Fontes*:* Apêndice A - 1

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F1_1: Emissões de CO_2 devido ao consumo de petróleo	306,6	93,164	372,91	1279,787	2299	237,164
F1_2: Participação em acordos ambientais internacionais (Governança)	11	11	10	10	5	11
F1_3: Participação em acordos sobre mudanças climáticas	2	2	2	2	1	2
F1_4: Emissões de CO_2 *per capita*	9,0566	4,4668	2,1532	6,1781	17,5043	5,7539
F1_5: Proporção de área de terra coberta por florestas	31,8	10,7	61,2	21,9	33,3	29,2
F1_6: Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes	346	185	170	74	404	478
F1_7: Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro	5,72	1,70	1,76	4,70	4,89	6,29
F1_8: Qualidade da infraestrutura de portos	5,85	3,67	2,71	4,48	5,67	5,41
F1_9: Qualidade das estradas	6,01	3,07	2,77	4,50	5,68	6,40
F1_10: Eficiência em reduzir a mortalidade infantil	100	85,07	68,59	76,23	95,33	100
F1_11: Tratamento de águas residuais	95,18	11,75	10,87	18,18	63,66	83,8
F1_12: Abrangência da cadeia produtiva	6,05	3,53	3,75	4,08	5,32	5,50
F1_13: Empregabilidade na agricultura	2	1	15	35	2	3
F1_14: Cooperação nas relações de trabalho	5,20	3,31	4,14	4,40	4,66	3,44
F1_15: Nível de dependência energética	60	4	8	11	19	46
F1_16: Indivíduos usando a Internet	84,00	55,80	49,85	42,30	81,03	83,00

7.6.2.3 *Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F1*

A análise de confiabilidade dos 16 indicadores resultou em um índice *Alpha de Cronbach* 0,840. Esse valor excede o nível recomendado de 0,700 (Hair, J. F. et al., 2005), entretanto a Tabela 7-7 mostra que os indicadores *F1_1, F1_2, F1_3, F1_4, F1_5, F1_13 e F1_14* apresentam baixa correlação com os demais indicadores do grupo (correlação item-total corrigida). Em geral as correlações item-total devem ser superiores a 0,500 (Hair, J. F. et al.,

2005). Por esse motivo eles podem ser excluídos, a fim de identificar um conjunto de indicadores que ofereça uma maior consistência interna.

Tabela 7-7 Resultado do teste de confiabilidade para os indicadores preliminares relativos ao fator F1

Código	Variância do conjunto se o item for excluído	Correlação item-total corrigida	Alpha de Cronbach se o item for excluído
F1_1	72,803	0,089	0,851
F1_2	79,082	-0,268	0,868
F1_3	80,796	-0,360	0,873
F1_4	66,552	0,476	0,830
F1_5	76,356	-0,116	0,861
F1_6	63,082	0,708	0,817
F1_7	60,199	0,910	0,804
F1_8	60,317	0,902	0,805
F1_9	59,646	0,950	0,802
F1_10	61,959	0,785	0,812
F1_11	59,520	0,959	0,801
F1_12	59,135	0,987	0,800
F1_13	81,847	-0,416	0,875
F1_14	66,949	0,451	0,831
F1_15	60,641	0,878	0,806
F1_16	61,614	0,809	0,811

Após a exclusão dos indicadores mencionados, o índice *Alpha de Cronbach* aumentou para 0,981 e as correlações de cada indicador com os demais apresentaram os resultados mostrados na Tabela 7-8, superando os limites recomendados pela literatura.

Tabela 7-8 Resultado do teste de confiabilidade para os indicadores selecionados para compor o fator *F1*.

Código	Variância do conjunto se o item for excluído	Correlação item-total corrigida	Alpha de Cronbach se o item for excluído
F1_6	56,746	0,841	0,982
F1_7	56,480	0,861	0,981
F1_8	55,766	0,914	0,979
F1_9	55,246	0,954	0,977
F1_10	55,702	0,919	0,979
F1_11	54,824	0,986	0,976
F1_12	55,022	0,971	0,977
F1_15	56,435	0,864	0,981
F1_16	55,743	0,916	0,979

As correlações inter-itens do conjunto formado pelos indicadores são apresentadas na Tabela 7-9. Várias correlações são significativas nos níveis 0,01 (com **) e 0,05 (com *), o que indica o alto grau de correlação entre os indicadores, e, portanto, a consistência interna do conjunto (escala) por eles formado.

Tabela 7-9 Correlações interitens dos indicadores selecionados para compor o fator *F1*

	F1_6	**F1_7**	**F1_8**	**F1_9**	**F1_10**	**F1_11**	**F1_12**	**F1_15**	**F1_16**
F1_6	1	0,647	0,713	0,788	0,866*	0,861*	0,814*	0,695	0,955**
		0,165	0,112	0,063	0,026	0,028	0,049	0,125	0,003
F1_7	0,647	1	0,906*	0,973**	0,746	0,853*	0,875*	0,793	0,679
	0,165		0,013	0,001	0,089	0,031	0,023	0,060	0,138
F1_8	0,713	0,906*	1	0,956**	0,894*	0,887*	0,909*	0,752	0,811
	0,112	0,013		0,003	0,016	0,018	0,012	0,084	0,050
F1_9	0,788	0,973**	0,956**	1	0,865*	0,928**	0,936**	0,821*	0,823*
	0,063	0,001	0,003		0,026	0,008	0,006	0,045	0,044
F1_10	0,866*	0,746	0,894*	0,865*	1	0,908*	0,863*	0,785	0,933**
	0,026	0,089	0,016	0,026		0,012	0,027	0,064	0,007
F1_11	0,861*	0,853*	0,887*	0,928**	0,908*	1	0,987**	0,938**	0,937**
	0,028	0,031	0,018	0,008	0,012		0,000	0,006	0,006
F1_12	0,814*	0,875*	0,909*	0,936**	0,863*	0,987**	1	0,913*	0,905*
	0,049	0,023	0,012	0,006	0,027	0,000		0,011	0,013
F1_15	0,695	0,793	0,752	0,821*	0,785	0,938**	0,913*	1	0,797
	0,125	0,060	0,084	0,045	0,064	0,006	0,011		0,057
F1_16	0,955**	0,679	0,811	0,823*	0,933**	0,937**	0,905*	0,797	1
	0,003	0,138	0,050	0,044	0,007	0,006	0,013	0,057	

A Tabela 7-10 apresenta os resultados da análise fatorial usada para avaliar a dimensionalidade do conjunto de indicadores associados ao fator *F1*. Os resultados indicam um alto grau de associação com cargas fatoriais acima de 0,800 para todos os fatores, caracterizando o conjunto como representativo do conceito envolvido pelo fator F1. A análise fatorial foi realizada aplicando o método de análise de componentes principais para extração do fator, conforme descrito na Seção 4.7.4.

Tabela 7-10 Resultados da aplicação da aplicação da análise fatorial

Indicadores	**Carga fatorial**
F1_6	0,873
F1_7	0,890

F1_8	0,934
F1_9	0,964
F1_10	0,937
F1_11	0,989
F1_12	0,978
F1_15	0,893
F1_16	0,934

7.6.2.4 *Resumo*

Os 9 indicadores apresentados na Tabela 7-11 apresentam níveis compatíveis de consistência interna e dimensionalidade, medidos de acordo com recomendações apresentadas pela literatura. Todos os indicadores serão avaliados na Seção 7.7 quanto à compatibilidade com outro sistema para, dessa forma, evidenciar a sua validade de conteúdo para serem utilizados no cálculo e análise descritiva dos índices de sustentabilidade.

Tabela 7-11 Indicadores selecionados – fator *F1*
Fontes: Apêndice A - 1

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F1_6: Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes	346	185	170	74	404	478
F1_7: Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro	5,72	1,70	1,76	4,70	4,89	6,29
F1_8: Qualidade da infraestrutura de portos	5,85	3,67	2,71	4,48	5,67	5,41
F1_9: Qualidade das estradas	6,01	3,07	2,77	4,50	5,68	6,40
F1_10: Eficiência em reduzir a mortalidade infantil	100	85,07	68,59	76,23	95,33	100
F1_11: Tratamento de águas residuais	95,18	11,75	10,87	18,18	63,66	83,8
F1_12: Abrangência da cadeia produtiva	6,05	3,53	3,75	4,08	5,32	5,50
F1_15: Nível de dependência energética	60	4	8	11	19	46
F1_16: Indivíduos usando a Internet	84,00	55,80	49,85	42,30	81,03	83,00

Considera-se, portanto, que esses indicadores atendem aos critérios de confiabilidade e validade de conceito e estão relacionados aos critérios e temas associados ao fator Integração, Logística e Infraestrutura.

O índice *Alpha de Cronbach* para o grupo de indicadores excluídos (*F1_1, F1_2, F1_3, F1_4, F1_5, F1_13 e F1_14*) foi -0,478, o que viola os critérios para o teste de confiabilidade e corrobora a decisão sobre sua exclusão do conjunto. Alguns dos indicadores excluídos

possuem graus de correlação significativos e poderão ser testados quanto a sua inclusão em outros fatores, desde que atendam aos critérios de consistência interna e representatividade do conceito associado ao fator escolhido.

Todos os procedimentos aqui apresentados, descritos na Seção 4.7.4, serão realizados para a determinação dos conjuntos de indicadores relativos aos demais fatores. Entretanto, para fins de simplificação, somente alguns passos serão apresentados nas seções a seguir, onde serão identificados os conjuntos de indicadores dos fatores *F2* a *F6* e apresentado o conjunto resultante do processo.

7.6.3 Fator *F2* – Articulação e Coordenação

7.6.3.1 *Critérios associados ao fator F2*

Os critérios gerais que regem esse fator tratam da articulação e coordenação no ambiente da cadeia produtiva. Os elementos e atores da cadeia produtiva devem atuar de forma articulada, coordenada fazendo uso de tecnologias e ferramentas para estabelecer processos adequados de comunicação com os clientes e fornecedores. As habilidades e capacidades das pessoas devem ser desenvolvidas num ambiente de cooperação que busque a reter talentos com vista ao alcance do melhor desempenho.

7.6.3.2 *Indicadores – fator F2*

A Tabela 7-12 apresenta a descrição e os dados dos indicadores associados ao fator *F2* preliminarmente selecionados para os testes de confiabilidade e dimensionalidade.

Tabela 7-12 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F2*
Fontes: Apêndice A - 2

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F2_1: Qualidade das escolas de gestão	5,10	4,91	4,54	4,11	5,49	5,80
F2_2: Capacidade de reter talentos	5,09	3,22	4,11	4,28	5,68	3,57
F2_3: Salários e produtividade	4,26	2,75	3,63	4,66	4,79	3,83
F2_4: Nível de formação de pessoal	5,12	3,69	4,30	4,26	4,96	4,33
F2_5: Nível de uso de ferramentas de *marketing*	5,72	4,40	5,08	4,43	6,04	5,50
F2_6: Nível de absorção de tecnologias das empresas	5,77	4,11	5,00	4,69	5,99	5,46

F2_7: Indivíduos usando a Internet	84,00	55,80	49,85	42,30	81,03	83,00
F2_8: Participação em acordos ambientais internacionais (Governança)	11	11	10	10	5	11
F2_9: Participação em acordos sobre mudanças climáticas	2	2	2	2	1	2
F2_10: Cooperação nas relações de trabalho	5,20	3,31	4,14	4,40	4,66	3,44

7.6.3.3 *Testes de confiabilidade e dimensionalidade*

A aplicação das rotinas para determinação do índice de confiabilidade e da dimensionalidade conduziu à escolha do conjunto de indicadores apresentados na Tabela 7-13. O índice *Alpha de Cronbach* foi 0,952 e os indicadores apresentaram várias correlações significativas no nível 0,01 e 0,05. Isso demonstra o alto grau de correlação entre eles (correlações inter-itens) e alto grau de consistência interna (confiabilidade). Os resultados da análise fatorial apresentaram cargas altas em um só fator, o que caracteriza a capacidade do conjunto de representar o conceito associado ao fator *F2* (dimensionalidade).

7.6.3.4 *Resumo*

Tendo em vista os resultados dos testes de confiabilidade e dimensionalidade pode-se concluir que os 6 indicadores apresentados na Tabela 7-13 são representativos dos critérios associados ao fator *F2* e podem ser utilizados nas próximas etapas até o cálculo do índice de sustentabilidade desse fator.

Tabela 7-13 Indicadores selecionados – fator *F2*
Fontes: Apêndice A - 2

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F2_2: Capacidade de reter talentos	5,09	3,22	4,11	4,28	5,68	3,57
F2_3: Salários e produtividade	4,26	2,75	3,63	4,66	4,79	3,83
F2_4: Nível de formação de pessoal	5,12	3,69	4,30	4,26	4,96	4,33
F2_5: Nível de uso de ferramentas de *marketing*	5,72	4,40	5,08	4,43	6,04	5,50
F2_6: Nível de absorção de tecnologias das empresas	5,77	4,11	5,00	4,69	5,99	5,46
F2_10: Cooperação nas relações de trabalho	5,20	3,31	4,14	4,40	4,66	3,44

O índice *Alpha de Cronbach* para os indicadores excluídos (*F2_1, F2_8 e F2_9*) foi 0,285, o que demonstra que esses indicadores possuem, em conjunto, um baixo nível de consistência interna e corrobora a decisão pela exclusão do conjunto associado ao fator *F2*.

Inicialmente, o indicador *F2_7* (*Indivíduos usando Internet*) fora associado ao fator *F2*. No entanto, análises posteriores mostraram que ele possuía uma correlação maior com os indicadores do fator *F1* (em termos de correlação e consistência interna). Por esse motivo, o indicador foi realocado com um novo código, *F1_16*. A justificativa encontrada é que para manter indivíduos usando *Internet* é necessário dispor de uma infraestrutura compatível; embora esse indicador impacte nos processos de comunicação da cadeia ele também influencia na sua logística e integração. A mudança do indicador não impacta no Índice Total de Sustentabilidade (ITS), nem no índice das dimensões da sustentabilidade que serão calculados nas seções a seguir, mas impacta no índice de sustentabilidade dos dois fatores: o que perdeu o indicador e o que o recebeu.

7.6.4 Fator F3 – Gestão Estratégica e Ambiente Institucional

7.6.4.1 *Critérios associados ao fator F3*

O desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel deve acontecer num ambiente institucional que proporcione a estrutura e os meios legais transparentes e adequados à natureza do negócio do biodiesel, em toda a sua extensão. As estratégias e políticas públicas para a cadeia devem considerar investimentos, incluindo P&D, suficientes para a produção de bioenergia em geral e, em particular, biodiesel, tendo em vista a necessidade de diversificação de matérias-primas. Deve ser dada ênfase à proteção da biodiversidade e *habitat*.

7.6.4.2 *Indicadores – fator F3*

A Tabela 7-14 apresenta a descrição e os dados dos indicadores associados ao fator *F3* preliminarmente selecionados para os testes de confiabilidade e dimensionalidade.

Tabela 7-14 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F3*
Fontes: Apêndice A - 3

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F3_1: Empregabilidade na agricultura	2	1	15	35	2	3
F3_2: Facilidade de realizar negócios	21	126	116	96	4	38
F3_3: Investimentos das empresas em P&D	5,52	2,79	3,60	4,20	5,43	4,67
F3_4: Percentual de biodiesel misturado ao diesel	5,75	10	5	10	10	5,75
F3_5: Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)	69,6	52,89	69,2	76,02	62,83	64,1
F3_6: Transparência do governo na definição de políticas públicas	4,98	3,01	3,68	4,42	4,40	4,25
F3_7: Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos	4,91	1,89	3,51	3,83	4,32	4,30
F3_8: Quantidade de iniciativas voluntárias em vigor relacionadas ao biodiesel	0	0	0	1	2	1
F3_9: Parcela de combustíveis renováveis na matriz energética	8,9	3,8	28,9	7,9	4,2	5,7
F3_10: Consumo de combustíveis fósseis	79,8	89,7	54,6	88,3	83,3	48,6
F3_11: Terras aráveis, hectares *per capita*	0,15	0,93	0,37	0,08	0,51	0,28
F3_12: Número de certificações ISO 9001	51809	6605	25791	334032	26177	31631
F3_13: Número de certificações ISO 14001	7034	1268	3300	91590	5699	7975
F3_14: Número de certificações ISO 50001	1115	1	3	3	3	35
F3_15: Qualidade das escolas de gestão	5,10	4,91	4,54	4,11	5,49	5,80
F3_16: Participação em acordos sobre mudanças climáticas	2	2	2	2	1	2
F3_17: Políticas de custos para a agricultura	4,02	2,88	4,45	4,56	4,10	3,80
F3_18: Proteção da biodiversidade e *habitat*	100	44,88	66,74	66,63	63,35	54,45
F3_19: Despesa com P&D (% PIB)	2,84	0,62	1,16	1,84	2,77	2,25

7.6.4.3 *Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F3*

O conjunto de 7 indicadores apresentados na Tabela 7-15 possui um índice *Alpha de Cronbach* igual a 0,942 e várias correlações significativas. Esse é um indicativo do seu alto grau de consistência interna (confiabilidade). A análise fatorial resultou em altas cargas fatoriais num só fator, indicando que os indicadores formam uma dimensão representativa do conceito associado ao fator *F3* (dimensionalidade).

7.6.4.4 *Resumo*

Os resultados dos testes demonstram a capacidade do conjunto de representar o conceito associado ao fator *F3*. Assim, esses indicadores mostrados na Tabela 7-15 serão utilizados nas próximas etapas até o cálculo do índice de sustentabilidade do fator *F3*.

Tabela 7-15 Indicadores selecionados – fator *F3*
Fontes: Apêndice A - 3

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F3_3: Investimentos das empresas em P&D	5,52	2,79	3,60	4,20	5,43	4,67
F3_5: Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)	69,6	52,89	69,2	76,02	62,83	64,1
F3_6: Transparência do governo na definição de políticas públicas	4,98	3,01	3,68	4,42	4,40	4,25
F3_7: Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos	4,91	1,89	3,51	3,83	4,32	4,30
F3_17: Políticas de custos para a agricultura	4,02	2,88	4,45	4,56	4,10	3,80
F3_18: Proteção da biodiversidade e *habitat*	100	44,88	66,74	66,63	63,35	54,45
F3_19: Despesa com P&D (% PIB)	2,84	0,62	1,16	1,84	2,77	2,25

O índice *Alpha de Cronbach* para o conjunto de indicadores excluídos (*F3_1, F3_2, F3_4, F3_8, F3_9, F3_10, F3_11, F3_12, F3_13, F3_14, F3_15 e F3_16*) foi -0,154. Esse resultado viola as suposições do modelo de análise de confiabilidade e corrobora a decisão pela sua exclusão do conjunto representativo do fator *F3*.

7.6.5 Fator F4 – Condições de Mercado

7.6.5.1 *Critérios associados ao fator F4*

A promoção das condições necessárias para a competitividade da cadeia produtiva é essencial para o seu desenvolvimento sustentável. Essas condições envolvem, entre outros aspectos, a presença de vantagens competitivas suficientes, níveis adequados de produção e consumo, disponibilidade de recursos e incentivos que permitam desenvolver continuamente a capacidade de oferecer energia limpa ao mercado com um mínimo de barreiras.

7.6.5.2 *Indicadores – fator F4*

A Tabela 7-16 apresenta a descrição e os dados dos indicadores associados ao fator *F4* preliminarmente selecionados para os testes de confiabilidade e dimensionalidade.

Tabela 7-16 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F4*
Fontes: Apêndice A - 4

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F4_1: Natureza da vantagem competitiva	6,04	2,61	3,03	3,77	5,44	5,48
F4_2: Produção de biodiesel	52,000	47,340	46,058	7,800	63,110	34,000
F4_3: Produção de etanol	13,300	3,000	392,000	39,000	908,619	17,400
F4_4: Consumo diário de biodiesel	47,4	14,7	45	7	57,8	40,5
F4_5: Consumo diário de etanol	73,9	17,7	377,4	45	898,9	56,5
F4_6: Número de documentos para exportar	4	6	6	8	3	2
F4_7: Número de documentos para importar	4	8	8	5	5	2
F4_8: Preços do óleo diesel na bomba de combustíveis	1,88	1,33	1,02	1,28	1,05	1,78
F4_9: Intensidade da competição local	5,86	4,01	4,98	5,26	5,82	5,52
F4_10: Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho	3,75	2,08	2,52	4,05	4,12	2,78
F4_11: Predomínio de barreiras técnicas ao comércio	4,43	2,47	3,91	4,28	4,46	4,71
F4_12: Tarifas comerciais, % de impostos	0,82	10,57	11,27	10,99	1,30	0,82
F4_13: Tamanho do mercado doméstico	5,84	4,87	5,68	6,80	7,00	5,66
F4_14: Tamanho do mercado do exterior	6,56	5,21	5,56	7,00	6,74	6,07
F4_15: Preços ao consumidor, inflação	2,00	10,00	5,40	2,70	2,10	2,00
F4_16: Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir	4,09	2,10	2,53	4,12	4,13	2,63
F4_17: Facilidade de acesso ao crédito	3,10	1,67	2,88	3,40	3,86	3,25
F4_18: Disponibilidade de capital de risco	3,23	1,75	2,72	3,76	4,34	2,93
F4_19: Empregabilidade na agricultura	2	1	15	35	2	3
F4_20: Facilidade de realizar negócios	21,00	126,00	116,00	96,00	4,00	38,00
F4_21: Parcela de combustíveis renováveis na matriz energética	8,9	3,8	28,9	7,9	4,2	5,7
F4_22: Consumo de combustíveis fósseis	79,8	89,7	54,6	88,3	83,3	48,6
F4_23: Terras aráveis, hectares *per capita*	0,15	0,93	0,37	0,08	0,51	0,28
F4_24: Nível de dependência energética	60	4	8	11	19	46
F4_25: Percentual de biodiesel misturado ao diesel	5,75	10	6	10	10	5,75

7.6.5.3 *Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F4*

Os resultados do índice *Alpha de Cronbach* para os 7 indicadores apresentados na Tabela 7-17 foi 0,861 e as correlações inter-itens foram significativas indicando alta consistência interna para o conjunto associado ao fator *F4* (confiabilidade). A análise fatorial resultou em cargas altas em um só fator indicando alto grau de representação do conceito associado ao fator *F4* pelos indicadores (dimensionalidade).

7.6.5.4 *Resumo*

Tendo em vista os resultados testes de confiabilidade e dimensionalidade, os 10 indicadores apresentados na Tabela 7-17 serão utilizados nas próximas etapas do cálculo do índice de sustentabilidade do referido fator.

Tabela 7-17 Indicadores selecionados – fator *F4*
Fontes: Apêndice A - 4

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F4_1: Natureza da vantagem competitiva	6,04	2,61	3,03	3,77	5,44	5,48
F4_4: Consumo diário de biodiesel	47,4	14,7	45	7	57,8	40,5
F4_5: Consumo diário de etanol	73,9	17,7	377,4	45	898,9	56,5
F4_9: Intensidade da competição local	5,86	4,01	4,98	5,26	5,82	5,52
F4_10: Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho	3,75	2,08	2,52	4,05	4,12	2,78
F4_11: Predomínio de barreiras técnicas ao comércio	4,43	2,47	3,91	4,28	4,46	4,71
F4_13: Tamanho do mercado doméstico	5,84	4,87	5,68	6,80	7,00	5,66
F4_14: Tamanho do mercado do exterior	6,56	5,21	5,56	7,00	6,74	6,07
F4_16: Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir	4,09	2,10	2,53	4,12	4,13	2,63
F4_23: Terras aráveis, hectares *per capita*	0,15	0,93	0,37	0,08	0,51	0,28

O índice Alpha de Cronbach para os indicadores excluídos (*F4_2, F4_3, F4_6, F4_7, F4_8, F4_12, F4_15, F4_17, F4_18, F4_19, F4_20, F4_21, F4_22, F4_24 e F4_25*) foi 0,015, o que é um valor muito baixo e suporta a decisão de exclusão. Embora os indicadores *F4_2* e *F4_3* tenham sido inicialmente alocados no fator F4 por estarem aparentemente relacionados aos demais indicadores do conjunto, a análise de confiabilidade demonstrou que os indicadores apresentaram baixa correlação item-total (de um dado indicador com os demais). Por esse motivo, optou-se pela sua exclusão.

7.6.6 Fator F5 – Qualidade e Sistemas de Monitoramento

7.6.6.1 *Critérios associados ao fator F5*

Para ser sustentável a cadeia produtiva do biodiesel deve desenvolver a sua habilidade de controlar e monitorar regularmente as características das suas operações em busca de um nível mínimo de qualidade. Nesse contexto, é essencial a elaboração de instrumentos regulatórios e voluntários que considerem a habilidade de monitorar e reduzir emissões, e que incluam nos

seus objetivos a necessidade de desenvolver o nível de orientação dos clientes e a sofisticação dos compradores, pois esses são elementos essenciais para o estabelecimento de padrões de qualidade de processos, produtos e serviços sustentáveis.

7.6.6.2 *Indicadores – fator F5*

A Tabela 7-16 apresenta a descrição e os dados dos indicadores associados ao fator *F5* preliminarmente selecionados para os testes de confiabilidade e dimensionalidade.

Tabela 7-18 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F5*
Fontes: Apêndice A - 5

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F5_1: Participação em acordos ambientais internacionais (Governança)	11	11	10	10	5	11
F5_2: Participação em acordos sobre mudanças climáticas	11	11	10	10	5	11
F5_3: Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel	6	2	3	4	8	1
F5_4: Nível de orientação aos clientes	5,34	3,58	4,80	4,49	5,45	4,81
F5_5: Nível de sofisticação dos compradores	4,42	3,35	3,57	4,43	4,60	3,96
F5_6: Percentual de biodiesel misturado ao diesel	5,75	10	6	10	10	5,75
F5_7: Número de certificações ISO 9001	51809	6605	25791	334032	26177	31631
F5_8: Número de certificações ISO 14001	7034	1268	3300	91590	5699	7975
F5_9: Número de certificações ISO 50001	1115	1	3	3	3	35
F5_10: Emissões de CO_2 *per capita*	9,0566	4,4668	2,1532	6,1781	17,5043	5,7539
F5_11: Habilidade para monitorar e reduzir emissões	62,77	16,79	53,82	65,16	56,45	49,83

7.6.6.3 *Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F5*

O índice *Alpha de Cronbach* de 0,915 para os 5 indicadores apresentados na Tabela 7-19 e as correlações inter-itens significativas encontradas indicam o alto grau de consistência interna do conjunto (confiabilidade). A aplicação da análise fatorial resultou em cargas altas em um só fator indicando que os indicadores são representativos do conceito associado ao fator *F5* (dimensionalidade).

7.6.6.4 *Resumo*

Os resultados dos testes de confiabilidade e dimensionalidade resultaram no conjunto de indicadores listados na Tabela 7-19. Portanto, eles serão usados nas próximas etapas para o cálculo do índice de sustentabilidade do fator *F5*.

Tabela 7-19 Indicadores selecionados – fator *F5*
Fontes: Apêndice A - 5

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F5_3: Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel	6	2	3	4	8	1
F5_4: Nível de orientação aos clientes	5,34	3,58	4,80	4,49	5,45	4,81
F5_5: Nível de sofisticação dos compradores	4,42	3,35	3,57	4,43	4,60	3,96
F5_10: Emissões de CO_2 *per capita*	9,0566	4,4668	2,1532	6,1781	17,5043	5,7539
F5_11: Habilidade para monitorar e reduzir emissões	62,77	16,79	53,82	65,16	56,45	49,83

O índice *Alpha de Cronbach* para os indicadores excluídos (*F5_1, F5_2, F5_6, F5_7, F5_8* e *F5_9*) foi 0,495, o que suporta a decisão de exclusão desses indicadores do conjunto associado ao fator *F5*.

7.6.7 Fator F6 – Tecnologia e Inovação

7.6.7.1 *Critérios*

A disponibilidade de tecnologias recentes e a capacidade de produzir inovações ao longo de todos os elos da cadeia produtiva do biodiesel é essencial para aumentar a sofisticação do processo produtivo e para a sua sustentabilidade. Assim, é fundamental que sejam formuladas políticas específicas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel. Essas políticas devem buscar desenvolver continuamente a qualidade das instituições de pesquisa e o nível de colaboração entre as universidades e a indústria, com vistas ao aumento da formação e disponibilidade de mão de obra qualificada, principalmente cientistas e engenheiros.

7.6.7.2 *Indicadores*

A Tabela 7-20 apresenta a descrição e os dados dos indicadores associados ao fator *F6* preliminarmente selecionados para os testes de confiabilidade e dimensionalidade.

Tabela 7-20 Resultados dos indicadores preliminares relativos ao fator *F6*
Fontes: Apêndice A - 6

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F6_1: Disponibilidade de tecnologias recentes	6,29	3,97	5,05	4,36	6,43	6,14
F6_2: Capacidade para inovar	5,62	3,33	4,02	4,19	5,61	4,85
F6_3: Qualidade das instituições de pesquisa científica	5,78	4,05	4,26	4,30	5,95	5,59
F6_4: Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria	5,39	3,7	3,98	4,41	5,74	4,46
F6_5: Disponibilidade de cientistas e engenheiros	4,92	3,89	3,41	4,46	5,35	4,79
F6_6: Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel	1	0	0	1	8	0
F6_7: Sofisticação do processo produtivo	6,31	3,79	4,51	4,00	5,91	5,49
F6_8: Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes	0,379	0,000	0,081	0,205	0,244	0,046

7.6.7.3 *Testes de confiabilidade e dimensionalidade – fator F6*

No caso do fator *F6,* foram mantidos todos 8 indicadores com um índice *Alpha de Cronbach* 0,962, indicando alta consistência interna do conjunto formado e alto grau de correlação significativas (confiabilidade). Os indicadores também são representativos do conceito associado ao fator F6, pois a aplicação da análise fatorial aplicada ao conjunto resultou em cargas altas em um só fator (dimensionalidade).

7.6.7.4 *Resumo*

O conjunto de indicadores selecionados para o fator *F6* possui os níveis requeridos de confiabilidade e dimensionalidade e pode, portanto, ser utilizado nas próximas etapas que resultarão no seu índice de sustentabilidade.

Tabela 7-21 Indicadores selecionados – fator *F6*
Fontes: Apêndice A - 6

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F6_1: Disponibilidade de tecnologias recentes	6,29	3,97	5,05	4,36	6,43	6,14
F6_2: Capacidade para inovar	5,62	3,33	4,02	4,19	5,61	4,85
F6_3: Qualidade das instituições de pesquisa científica	5,78	4,05	4,26	4,30	5,95	5,59
F6_4: Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria	5,39	3,7	3,98	4,41	5,74	4,46
F6_5: Disponibilidade de cientistas e engenheiros	4,92	3,89	3,41	4,46	5,35	4,79
F6_6: Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel	1	0	0	1	8	0
F6_7: Sofisticação do processo produtivo	6,31	3,79	4,51	4,00	5,91	5,49
F6_8: Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes	0,379	0,000	0,081	0,205	0,244	0,046

7.6.8 Conclusão

A Tabela 7-22 apresenta os resultados dos índices *Alpha de Cronbach* dos conjuntos de indicadores selecionados para os fatores *F1* a *F6*. Adicionalmente são apresentados os índices de determinância dos fatores correspondentes aos percentuais de variância explicada para cada fator, conforme resultados da análise fatorial realizada na Seção 7.4.8.

Tabela 7-22 Níveis de determinância e confiabilidade dos fatores e indicadores

Fatores determinantes	Determinância do fator	Indicadores	Alpha de Cronbach
F1: Integração, Logística e Infraestrutura	0,181	F1_6, F1_7, F1_8, F1_9, F1_10, F1_11, F1_12, F1_15, F2_16	0,981
F2: Articulação e Coordenação	0,143	F2_2, F2_3, F2_4, F2_5, F2_6, F2_10	0,952
F3: Gestão Estratégica e Ambiente Institucional	0,110	F3_3, F3_5, F3_6, F3_7, F3_17, F3_18, F3_19	0,942
F4: Condições de Mercado	0,097	F4_1, F4_4, F4_5, F4_9, F4_10, F4_11, F4_13, F4_14, F4_16, F4_23	0,861
F5: Qualidade e Sistemas de Monitoramento	0,086	F5_3, F5_4, F5_5, F5_10, F5_11	0,915
F6: Tecnologia e Inovação	0,085	F6_1, F6_2, F6_3, F6_4, F6_5, F6_6, F6_7, F6_8	0,962

Trata-se de um conjunto com alto grau de consistência interna e associação com os conceitos representados pelos fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. O processo de seleção ocorre de maneira interativa e conduz ao uso parcimonioso dos indicadores, pois naturalmente “expulsa” indicadores que não se correlacionam com os demais em um dado conjunto.

Esse é o caso dos indicadores apresentados na Tabela 7-23. Eles não atingiram o nível de confiabilidade nem o grau de correlação necessários para a sua inclusão nos conjuntos usados para medir o nível de sustentabilidade dos fatores determinantes. Esses indicadores podem ser interpretados como "ruídos" presentes no grupo preliminar, que foram separados para a obtenção de conjuntos (escalas) confiáveis e associados aos conceitos representados pelos fatores. Por esse motivo, não serão utilizados para a medição dos níveis de sustentabilidade.

Tabela 7-23 Indicadores preliminares excluídos após exame dos dados e resultados dos testes de confiabilidade

Fator inicialmente atribuído	Indicador	Alpha de Cronbach
F1: Integração, Logística e Infraestrutura	F1_1, F1_2, F1_3, F1_4, F1_5, F1_13, F1_14	-0,478
F2: Articulação e Coordenação	F2_1, F2_7, F2_8 e F2_9	0,320
F3: Gestão Estratégica e Ambiente Institucional	F3_1, F3_2, F3_4, F3_8, F3_9, F3_10, F3_11, F3_12, F3_13, F3_14, F3_15 e F3_16	-0,154
F4: Condições de Mercado	F4_2, F4_3, F4_6, F4_7, F4_8, F4_12, F4_15, F4_17, F4_18, F4_19, F4_20, F4_21, F4_22, F4_24 e F4_25	0,015
F5: Qualidade e Sistemas de Monitoramento	F5_1, F5_2, F5_7, F5_8, F5_9 e F5_10	0,495
F6: Tecnologia e Inovação	*	-

* Todos os indicadores preliminares foram selecionados para o conjunto final.

Na etapa a seguir, o sistema formado pelos 45 indicadores aqui selecionados será comparado com um sistema de indicadores reconhecido (*Global Bioenergy Partnership, GBEP)* para, dessa forma, avaliar o seu nível de compatibilidade com o segundo sistema e, portanto, a sua validade de conteúdo, conforme prescrito na Seção 4.7.4. Conforme mencionado naquela seção a principal suposição é que quanto maior a compatibilidade, maior a correspondência entre os indicadores e os conceitos baseados nos princípios e critérios associados aos fatores determinantes.

7.7 Resultados Etapa VII: análise da compatibilidade dos indicadores selecionados

O Quadro 7-9 apresenta uma referência cruzada entre os 45 indicadores selecionados no presente estudo e os 24 indicadores relacionados pelo *Global Bioenergy Partnership* (*GBEP*). Sete indicadores do *GBEP* (marcados com *) não possuem equivalentes no conjunto de indicadores selecionados para o presente estudo e 12 indicadores representam uma adição em

relação àqueles desenvolvidos pelo *GBEP*. Por outro lado, 33 dos 45 indicadores selecionados têm correspondência com os indicadores do *GBEP*. Dessa forma, conclui-se que os indicadores aqui selecionados possuem um grau aceitável de compatibilidade, podendo ser usados para avaliar o nível de sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel, de acordo com os procedimentos que serão apresentados nas próximas seções. A compatibilidade com os resultados do *GBEP* demonstram o alto nível de validade de conteúdo e, dessa forma, pode-se concluir que os indicadores selecionados representam adequadamente os conceitos envolvidos pelos fatores determinantes. Além disso, conforme demonstrado ao longo da Seção 7.6 os conjuntos de indicadores possuem o nível de confiabilidade e dimensionalidade necessário para caracterizá-los como representativos dos conceitos por eles representados.

Quadro 7-9 Referência cruzada entre os indicadores selecionados e os indicadores do *GBEP*.

Indicadores *GBEP* [(a)]	**Indicadores Selecionados** [(b)]
Dimensão Ambiental	
• Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) • Emissões de gases não GEE	▪ F5_10: Emissões de CO_2 *per capita* ▪ F5_11: Habilidade para monitorar e reduzir emissões
• Qualidade do solo	▪ *
• Nível de extração de recursos de madeira	▪ *
• Eficiência no uso da água • Qualidade da água	▪ F1_11: Tratamento de águas residuais
• Biodiversidade	▪ F3_18: Proteção da biodiversidade e habitat
• Uso e mudança no uso da terra	▪ F4_23: Terras aráveis, hectares *per capita*
Dimensão Social	
• Atribuição e posse da terra para produção de bioenergia	
• Preço e fornecimento de cesta de alimentos nacional	▪ *
• Mudança nos rendimentos	▪ F2_3: Salários e produtividade ▪ F4_10: Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho
• Empregos no setor de bioenergia	▪ F6_5: Disponibilidade de cientistas e engenheiros
• Mudança no tempo não remunerado gasto por mulheres e crianças de coleta de biomassa	▪ *
• Uso de bioenergia para expandir acesso a serviços modernos de energia	▪ F3_5: Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)
• Mudança nos níveis de mortalidade devido à poluição	▪ F1_10: Eficiência em reduzir a mortalidade infantil
• Incidência de acidentes de trabalho e mortes	▪ *
Dimensão Econômica	
• Produtividade	▪ F2_5: Nível de uso de ferramentas de marketing ▪ F2_4: Nível de formação de pessoal ▪ F2_6: Nível de absorção de tecnologias pelas

	empresas ▪ F2_10: Cooperação nas relações de trabalho ▪ F6_1: Disponibilidade de tecnologias recentes ▪ F6_2: Capacidade de inovar ▪ F6_3: Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel ▪ F6_4: Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria ▪ F6_7: Sofisticação do processo produtivo ▪ F6_8: Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes
• Balanço energético	▪ *
• Valor adicionado bruto (relação entre valor adicionado com bioenergia e o produto interno bruto)	▪ F4_1: Natureza da vantagem competitiva ▪ F4_13: Tamanho do mercado doméstico ▪ F4_14: Tamanho do mercado do exterior
• Mudança no consumo de combustíveis fósseis e do uso tradicional da biomassa	▪ F1_6: Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes ▪ F4_4: Consumo diário de biodiesel ▪ F4_5: Consumo diário de etanol
• Formação e requalificação da força de trabalho	▪ F2_2: Capacidade de reter talentos
• Diversidade energética	▪ F1_15: Nível de dependência energética
• Infraestrutura e logística para a distribuição da bioenergia	▪ F1_7: Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro ▪ F1_8: Qualidade da infraestrutura de portos ▪ F1_9: Qualidade das estradas ▪ F1_12: Abrangência da cadeia produtiva ▪ F1_16: Indivíduos usando a Internet
• Capacidade e flexibilidade de uso da bioenergia	▪ *
• *	▪ F3_3: Investimentos das empresas em P&D ▪ F3_6: Transparência do governo na definição de políticas públicas ▪ F3_7: Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos ▪ F3_19: Despesas com P&D (% do PIB) ▪ F3_17: Políticas de custos para a agricultura ▪ F4_9: Intensidade da competição local ▪ F4_11: Predomínio de barreiras técnicas ao comércio ▪ F4_16: Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir ▪ F5_3: Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel ▪ F5_4: Nível de orientação aos clientes ▪ F5_5: Nível de sofisticação dos compradores ▪ F6_6: Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel
• 24 indicadores	▪ 45 indicadores

(a) **Fonte**: (GBEP, 2011); (b) **Fontes**: Apêndice A - 1 a Apêndice A - 6.

O Quadro 7-9 também apresenta os indicadores alocados de acordo com as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica). Essa alocação, em conformidade com a distribuição apresentada pelo *GBEP*, é útil como referência para estabelecer a associação dos indicadores do presente estudo com as referidas dimensões, uma vez que existe um grau significativo de compatibilidade entre os dois sistemas. Esse procedimento reduz sobremaneira o grau de arbitrariedade das associações entre os indicadores e as dimensões da sustentabilidade, pois a distribuição do *GBEP* se baseia numa alocação elaborada por especialistas de renome a área de produção de bioenergia.

O Quadro 7-10 apresenta a distribuição dos indicadores de acordo com as dimensões ambiental, social e econômica ao longo dos fatores determinantes. A dimensão econômica é a que possui mais indicadores (77,8%). A dimensão social e a dimensão ambiental têm 11,1% dos indicadores cada uma. Conforme previsto pela literatura (McCormick; Kåberger, 2005; OECD, 2008a), embora exista a necessidade de considerar o equilíbrio entre as três dimensões, a dimensão social não só é a mais difícil de medir, como também de integrar às demais. O que se constata aqui é que esse equilíbrio depende de muitas variáveis e do contexto, e não pode ser medido somente pelo número de indicadores para cada dimensão.

Quadro 7-10 Distribuição dos indicadores de acordo com as dimensões da sustentabilidade e os fatores determinantes

		Dimensões da Sustentabilidade			
		Ambiental	**Social**	**Econômica**	**Número de indicadores**
Fatores Determinantes	**F1**	F1_11	F1_10	F1_6, F1_7, F1_8, F1_9, F1_12, F1_15, F1_16	9 (20,0%)
	F2	-	F2_3	F2_2, F2_5, F2_4, F2_6, F2_10	6 (13,3%)
	F3	F3_18	F3_5	F3_3, F3_6, F3_7, F3_17, F3_19	7 (15,6%)
	F4	F4_23	F4_10	F4_1, F4_13, F4_14, F4_4, F4_5, F4_9, F4_11, F4_16	10 (22,2%)
	F5	F5_10, F5_11	-	F5_3, F5_4, F5_5	5 (11,1%)
	F6	-	F6_5	F6_1, F6_2, F6_3, F6_4, F6_7, F6_8, F6_6	8 (17,8%)
Número de indicadores		5 (11,1%)	5 (11,1%)	35 (77,8%)	45

A alocação dos indicadores apresentada no Quadro 7-10 será utilizada para avaliar os índices de sustentabilidade dos países da comparação em termos dessas dimensões, em adição ao

índice de total sustentabilidade, e aos índices ligados a cada fator determinante para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

Conclusão:

Os conjuntos de indicadores do sistema aqui desenvolvido apresentam importantes vantagens entre as quais se destacam:

- Estão apoiados em princípios e critérios associados aos seis fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel;
- Possuem alta confiabilidade, avaliada pelo nível de consistência interna medido pelo coeficiente *Alpha de Cronbach* e dimensionalidade, o que caracteriza o grau de associação dos conjuntos formados;
- Possuem alto nível de correlações entre os indicadores que compõem cada fator, medidos pelo nível de significância das correlações inter-items de cada par de indicadores;
- Possuem alto nível de correlação item-total, medidos por meio da avaliação das correlações entre um dado indicador e os demais indicadores de um dado conjunto associado a um fator determinante;
- São compatíveis com sistemas de medição de abrangência internacional;
- Abrangem todas as dimensões da sustentabilidade; e
- São baseados em dados completos, obtidos de bases de dados internacionalmente reconhecidas, para todos os indicadores e países selecionados para a comparação.

O equilíbrio entre a quantidade e a qualidade da associação dos indicadores às dimensões da sustentabilidade é um aspecto de difícil obtenção e ainda muito sujeito a alocações com alto grau de arbitrariedade. A forma encontrada para fazer essa alocação no presente estudo foi aproximá-la o máximo possível de outros estudos já realizados, como foi o caso da alocação produzida pelo *GBEP*.

Dessa forma, nas seções a seguir o sistema de indicadores aqui desenvolvido será utilizado para calcular e analisar os índices de sustentabilidade associados à cadeia produtiva do biodiesel, comparando os resultados do Brasil com os resultados dos demais países produtores de biodiesel selecionados para a comparação.

7.8 Resultados Etapa VIII: comparação dos índices de sustentabilidade dos países selecionados

7.8.1 Introdução

Nesta seção, o modelo para a determinação de índices de sustentabilidade será aplicado aos conjuntos de dados selecionados na seção anterior de acordo com o método descrito na Seção 4.9 e Capítulo 5. Os índices de sustentabilidade calculados serão usados para estabelecer a comparação entre os níveis de sustentabilidade dos países selecionados.

Para o cálculo do índice de sustentabilidade será usada a equação (5-10), conforme segue:

$$IS_j = 1 - d = 1 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|a_{ij} - r_i|}{|a_{ij}| + |r_i|} \qquad 0 \leq IS_j \leq 1$$

Os estados de referência (r_i) serão obtidos dos melhores valores (mais sustentáveis) do grupo de países selecionados. Os melhores valores dependem das características dos indicadores. Por exemplo, para o indicador "*Emissões de CO_2 per capita*", o melhor valor é o dado com o menor resultado, visto que esse é um indicador que se quer minimizar. Para o indicador "*Qualidade das instituições de pesquisa científica*", o melhor valor deve ser obtido do país que possui o maior valor do dado associado ao indicador.

7.8.2 Índice Total de Sustentabilidade (*ITS*)

O Índice Total de Sustentabilidade (ITS), calculado a partir da aplicação da equação (5-17) aos indicadores associados de cada país, é mostrado da Figura 7-7. Os resultados estão apresentados numa escala que varia de zero (pior resultado) a um (melhor resultado). A figura também mostra os volumes de produção diária de biodiesel dos países em milhares de barris/dia de acordo com dados da EIA, agência americana que administra as informações sobre energia naquele país (EIA, 2014).

O ITS do Brasil resultou em 0,758. Os Estados Unidos têm o melhor índice, 0,925, seguidos pela Alemanha, com 0,893. O índice da França é 0,807, seguida pela China, com um índice 0,777. A Argentina ficou com o menor resultado entre seis países selecionados, com um índice de 0,664. Conforme já mencionado os países foram selecionados de acordo com a sua produção de biodiesel, exceto no caso da China, que foi considerada na comparação devido à

sua importância no cenário econômico global e o seu potencial para produção do biodiesel. A produção diária de cada país também é apresentada na Figura 7-7. Os Estados Unidos são o maior produtor mundial do biocombustível, com uma produção diária de 63,11 mil barris (8.895,99 mil litros/dia) (EIA, 2014). Para o cálculo do ITS, todos os $n = 45$ indicadores pertencentes aos seis fatores *F1* a *F6* foram considerados na aplicação da equação (5-17).

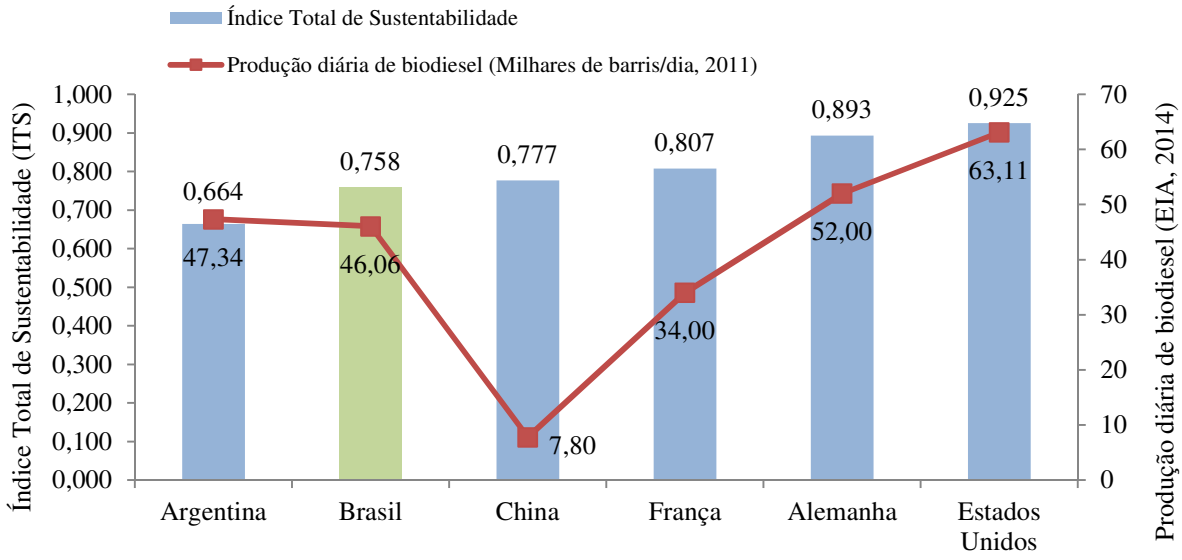


Figura 7-7 Índice Total de Sustentabilidade dos seis países selecionados. **Fonte**: o autor, incluindo informações da EIA (EIA, 2014)

Conforme apresentado na Figura 7-8 e Tabela 7-24, os seis países formam três grupos distintos com índices de sustentabilidade estatisticamente iguais, no nível de 95% de significância:

a) *Grupo 1*: Argentina, cujo índice de sustentabilidade é estatisticamente diferente dos demais países envolvidos na comparação (*p-valor < 0,05* em todos os casos);
b) *Grupo 2*: Brasil, China e França, com índices estatisticamente iguais entre si (*p-valor > 0,05*) e diferente dos demais países;
c) *Grupo 3*: Alemanha e Estados Unidos, com índices estatisticamente iguais entre si (*p-valor > 0,05*) e diferente dos demais países.

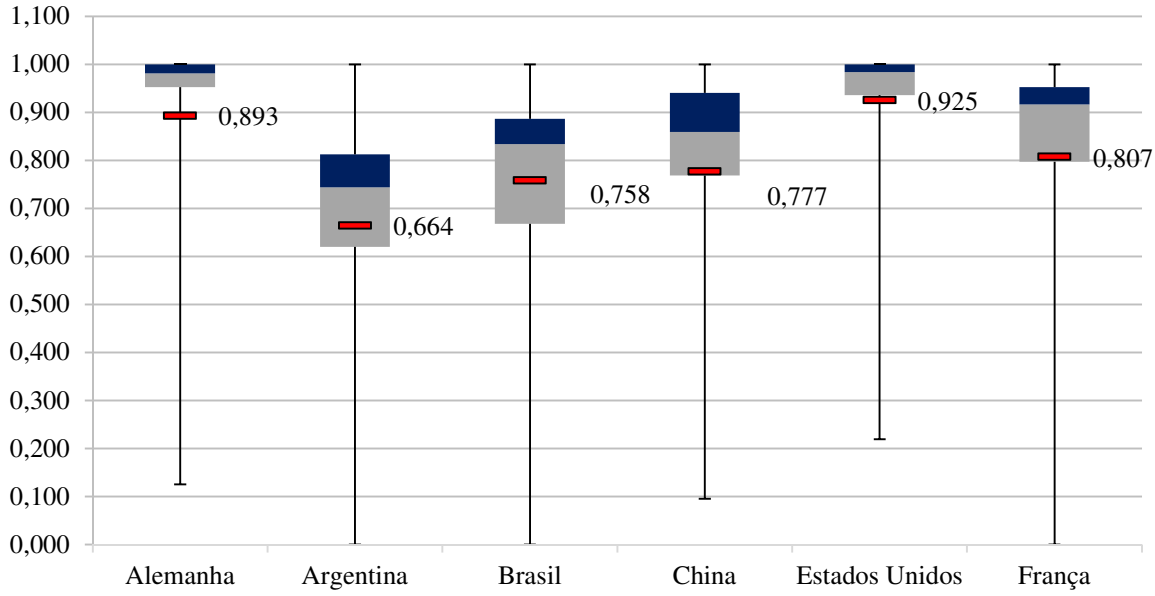


Figura 7-8 Índice Total de Sustentabilidade dos países selecionados

Tabela 7-24 Diferenças dos *ITS* entre os países selecionados

	Diferenças entre pares						
				Intervalo de confiança de 95%			
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	t (44 graus de liberdade)	p-valor
Alemanha - EUA	-0,032	0,200	0,030	-0,093	0,028	-1,085	0,284
Brasil - China	-0,018	0,211	0,031	-0,082	0,045	-0,586	0,561
China - Franca	-0,031	0,220	0,033	-0,097	0,035	-0,945	0,350
Brasil - Franca	-0,049	0,229	0,034	-0,118	0,019	-1,446	0,155
Argentina - China	-0,112	0,252	0,038	-0,188	-0,037	-2,991	0,005
EUA - Franca	0,118	0,244	0,036	0,045	0,191	3,240	0,002
Alemanha - Franca	0,085	0,162	0,024	0,037	0,134	3,530	0,001
Alemanha - Brasil	0,135	0,254	0,038	0,059	0,211	3,565	0,001
Argentina - Brasil	-0,094	0,180	0,027	-0,148	-0,040	-3,494	0,001
Alemanha - Argentina	0,229	0,303	0,045	0,138	0,319	5,067	0,000
Argentina - EUA	-0,261	0,292	0,044	-0,349	-0,173	-5,990	0,000
Brasil - EUA	-0,167	0,247	0,037	-0,241	-0,093	-4,536	0,000
China - EUA	-0,149	0,241	0,036	-0,221	-0,076	-4,140	0,000
Alemanha - China	0,116	0,190	0,028	0,059	0,173	4,113	0,000
Argentina - Franca	-0,143	0,249	0,037	-0,218	-0,068	-3,858	0,000

Os três grupos formados possuem o perfil de índice de sustentabilidade e produção de biodiesel agregados conforme apresentado na Figura 7-9.

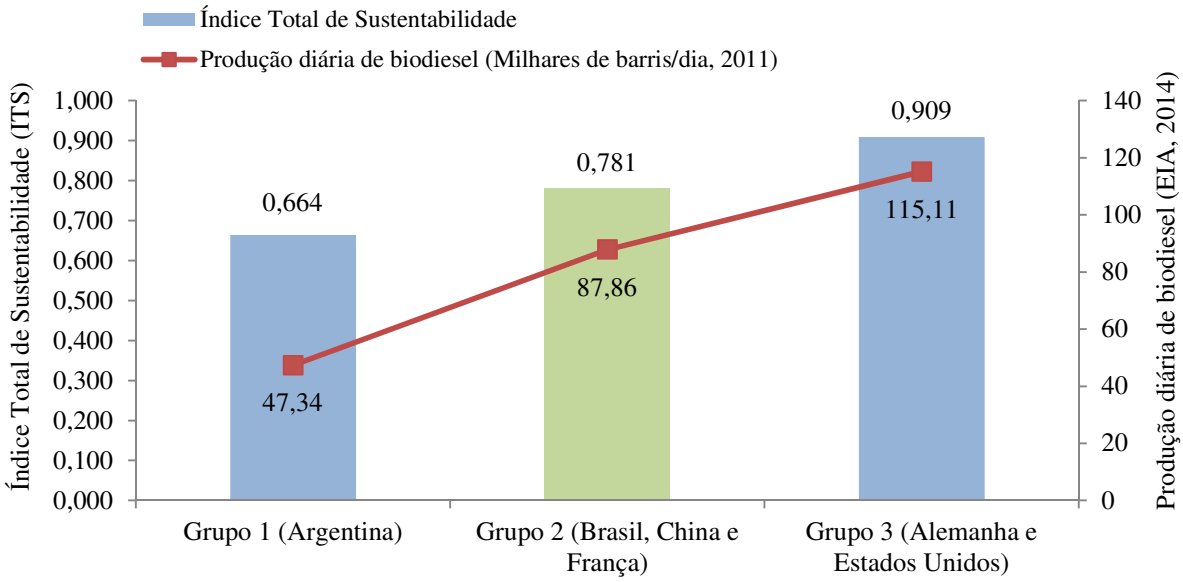


Figura 7-9 Índice Total de Sustentabilidade e produção diária de biodiesel dos grupos de países selecionados

A partir dos dados e perfil apresentados na Figura 7-9 obtém-se o coeficiente de determinação entre os parâmetros ITS dos três grupos (variável independente) e produção diária agregada dos grupos (variável dependente), cujo valor $R^2 = 0{,}980$ correspondente a uma alta correlação de Pearson, $R = 0{,}990$.

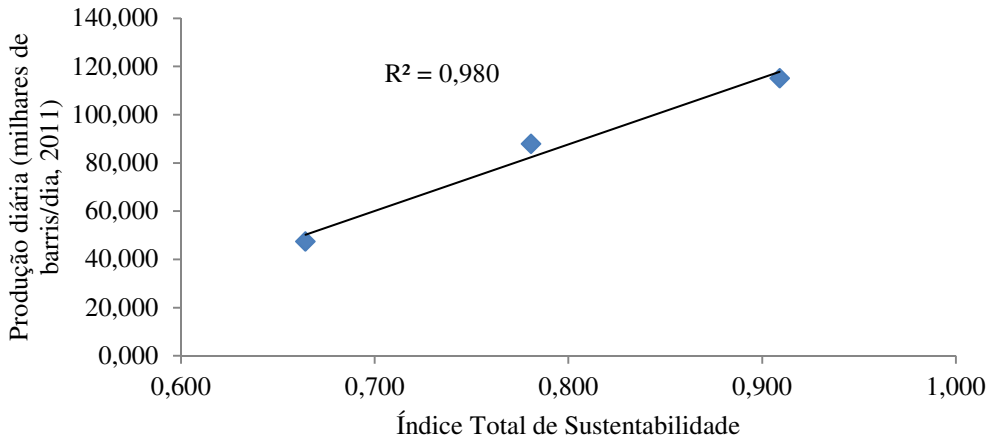


Figura 7-10 Relação entre o Índice Total de Sustentabilidade e a produção de biodiesel.
Fonte: o autor

Conforme apresentado na Figura 7-7, a China possui um perfil de produção diferente dos demais países. Entretanto, se consideramos a sua exclusão do grupo 2 (Figura 7-9) chegaremos a um índice de determinação ainda maior, $R^2 = 0{,}993$, que corresponde a uma correlação de Pearson $R = 0{,}993$.

Esses resultados indicam a existência de uma forte relação entre os dois parâmetros do modelo *Produção x ITS* que permite concluir que, em geral, países com maiores níveis de sustentabilidade dos indicadores associados à sua cadeia produtiva, estruturados conforme o sistema aqui apresentado possuem maiores níveis de produção de biodiesel. Por outro lado, é recomendável que essa análise seja complementada com uma avaliação dos índices de sustentabilidade ao longo de uma série temporal de forma a observar a correlação entre esses resultados e a produção de biodiesel ao longo dos anos.

7.8.3 Conclusão

Em resumo, é possível afirmar que os países que possuem configuração da cadeia produtiva com um maior índice total de sustentabilidade (ITS) tendem a produzir maior volume de biodiesel, pois possuem um ambiente que reúne as condições de melhor equilíbrio econômico, social e ambiental. O Brasil possui um nível de produção e sustentabilidade compatível com os níveis apresentados pela China e França, superior ao da Argentina, mas ainda aquém dos resultados obtidos pela Alemanha e Estados Unidos. Esse cenário sugere a necessidade de uma análise profunda dos seus indicadores e riscos associados, a fim de identificar pontos críticos de melhoria para a gestão da cadeia produtiva do biodiesel, considerando os fatores determinantes, conforme detectados pela pesquisa de campo realizada junto aos agentes da cadeia produtiva do biodiesel. Para isso, nas seções a seguir serão analisados os índices de sustentabilidade relativos aos fatores determinantes, bem como os índices relativos às dimensões da sustentabilidade. Os resultados reforçam a necessidade de estruturação da cadeia produtiva de forma a criar o ambiente necessário para o alcance do nível de sustentabilidade que conduza a níveis de produção mais elevados.

7.8.4 Análise do índice de sustentabilidade relativo aos fatores *F1* a *F6*

Nesta seção serão analisados os resultados gerais do Brasil, relativos aos fatores determinantes *F1* a *F6*, tendo em vista os resultados dos demais países envolvidos na comparação.

Os resultados dos indicadores serão utilizados para calcular as distâncias *(d)* em relação aos estados de referência (*r*) e essas, por sua vez, são usadas para calcular o índice de sustentabilidade *(IS)* dos seis países selecionados, por meio dos procedimentos descritos no Capítulo 5.

A essa altura é importante relembrar algumas das vantagens do uso do conceito de distância, particularmente da distância de Canberra, conforme mencionado na Seção 5.3. Tomemos como exemplo, o caso do indicador *F1_9* (*Qualidade das estradas*). Se avaliarmos somente os valores absolutos, poderíamos concluir que o desempenho do Brasil é cerca da metade (2,77/5,68 ≅ 0,49) do desempenho dos Estados Unidos (Tabela 7-25). Entretanto, considerando a distância ao estado de referência adotado (Tabela 7-26), vemos que, na verdade, esse desempenho é cerca de 1/7 (0,060/0,396), ou seja, considerando o método adotado, o Brasil estaria sete vezes mais distante da referência (França, neste caso) do que os Estados Unidos. Além disso, a distância de Canberra embute uma padronização, o que permite obter e somar distâncias que envolvem diferentes unidades.

7.8.4.1 *Fator F1 – Integração, Logística e Infraestrutura*

Os resultados e respectivos estados de referências dos indicadores selecionados para o fator *F1*, *Integração, Logística e Infraestrutura*, são apresentados na Tabela 7-25.

Tabela 7-25 Indicadores selecionados – fator *F1*
Fontes*:* Apêndice A - 1

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F1_6: Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes [43]	346	185	170	**74**	404	478
F1_7: Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro	5,72	1,70	1,76	4,70	4,89	**6,29**
F1_8: Qualidade da infraestrutura de portos	**5,85**	3,67	2,71	4,48	5,67	5,41
F1_9: Qualidade das estradas	6,01	3,07	2,77	4,50	5,68	**6,40**
F1_10: Eficiência em reduzir a mortalidade infantil	**100**	85,07	68,59	76,23	95,33	**100**
F1_11: Tratamento de águas residuais [44]	**95,18**	11,75	10,87	18,18	63,66	83,8
F1_12: Abrangência da cadeia produtiva	**6,05**	3,53	3,75	4,08	5,32	5,50
F1_15: Nível de dependência energética	60	**4**	8	11	19	46
F1_16: Indivíduos usando a Internet	**84,00**	55,80	49,85	42,30	81,03	83,00

[43] O estado de referência do indicador *F1_6* (*Consumo per capita de óleo diesel no setor de transporte*) é $r_1 = 316{,}6$ toneladas métricas de CO_2. Este é o único estado de referência adotado de maneira diferente dos demais casos. Como se trata de um valor de consumo *per capita*, o valor de 74 toneladas métricas de CO_2 é muito influenciado pelo número de habitantes da China. A adoção desse valor como referência elevaria demasiadamente a distância relativa dos demais países. Por esse motivo, foi adotada como referência a média dos países envolvidos na comparação (316,6), exceto a China.

[44] A referência para o indicador *F1_11* (*Tratamento de águas residuais*) é 100%, pois quanto maior o percentual de águas residuais submetida a tratamento, melhor (mais sustentável) é o resultado associado à cadeia produtiva.

(a) Os resultados tomados como referência (resultados mais sustentáveis) estão marcados em negrito; (b) Esta é uma reprodução da Tabela 7-11.

Os resultados dos índices de sustentabilidade relativos aos países da comparação são apresentados na Tabela 7-26.

Tabela 7-26 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F1*

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F1_6: Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes	0,956	0,738	0,699	0,379	0,879	0,797
F1_7: Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro	0,953	0,426	0,437	0,855	0,875	1,000
F1_8: Qualidade da infraestrutura de portos	1,000	0,771	0,633	0,867	0,984	0,961
F1_9: Qualidade das estradas	0,969	0,648	0,604	0,826	0,940	1,000
F1_10: Eficiência em reduzir a mortalidade infantil	1,000	0,919	0,814	0,865	0,976	1,000
F1_11: Tratamento de águas residuais	1,000	0,220	0,205	0,321	0,802	0,936
F1_12: Abrangência da cadeia produtiva	1,000	0,737	0,765	0,806	0,936	0,952
F1_15: Nível de dependência energética	0,125	1,000	0,667	0,533	0,348	0,160
F1_16: Indivíduos usando a *Internet*	1,000	0,798	0,745	0,670	0,982	0,994
IS_{F1}	0,889	0,695	0,619	0,680	0,858	0,867

Conforme apresentado na Tabela 7-26 e na Figura 7-11, no caso do Brasil, o índice de sustentabilidade para o fator *F1*, *Integração, Logística e Infraestrutura*, calculado por meio da equação (5-10), resultou no valor IS_{F1}= 0,619, que é, em termos absolutos, o pior desempenho entre os países selecionados para a comparação. Esse resultado corresponde a um impacto de 13,3% no *ITS*. O melhor desempenho global do fator *F1* foi o da Alemanha, cujo índice de sustentabilidade foi 0,889. Esse país foi referência para a metade dos indicadores, o que fez com que sua distância total fosse minimizada e o seu índice maximizado.

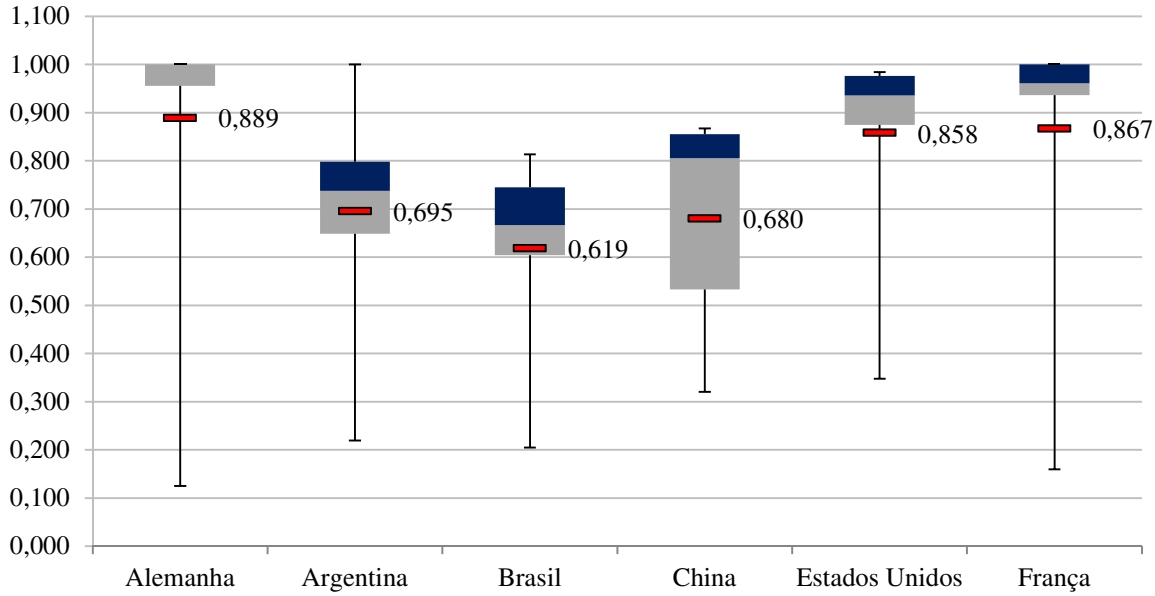


Figura 7-11 Índices de sustentabilidade – fator *F1*

De acordo com as informações da Figura 7-11 e Tabela 7-27, em média, o índice do Brasil para o fator *F1* é estatisticamente igual ao índice da China e guarda uma proximidade com alguns indicadores da Argentina (*F1_16* e *F1_15*), e da França e Alemanha. Neste último caso, devido, principalmente ao indicador *Nível de dependência energética* (*F1_15*), em que tanto a Argentina (referência) como o Brasil possuem melhores resultados do que os desses países.

Tabela 7-27 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F1*

	Diferenças entre pares						
				Intervalo de confiança de 95%			
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	t (8 graus de liberdade)	Sig. (2-tailed)
Alemanha - Argentina	0,194	0,452	0,151	-0,153	0,541	1,288	0,234
Alemanha - Brasil	0,270	0,358	0,119	-0,004	0,545	2,269	0,053
Alemanha - China	0,209	0,312	0,104	-0,031	0,449	2,008	0,079
Alemanha - EUA	0,031	0,111	0,037	-0,054	0,116	0,845	0,423
Alemanha - Franca	0,023	0,064	0,021	-0,027	0,072	1,053	0,323
Argentina - Brasil	0,076	0,109	0,036	-0,008	0,161	2,096	0,069
Argentina - China	0,015	0,275	0,092	-0,196	0,226	0,164	0,874
Argentina - EUA	-0,163	0,345	0,115	-0,428	0,103	-1,414	0,195
Argentina - Franca	-0,171	0,438	0,146	-0,508	0,166	-1,173	0,275
Brasil - China	-0,061	0,220	0,073	-0,231	0,108	-0,836	0,427

Brasil - EUA	-0,239	0,254	0,085	-0,434	-0,044	-2,828	0,022
Brasil - Franca	-0,248	0,347	0,116	-0,514	0,019	-2,146	0,064
China - EUA	-0,178	0,219	0,073	-0,346	-0,009	-2,432	0,041
China - Franca	-0,186	0,270	0,090	-0,394	0,021	-2,070	0,072
EUA - Franca	-0,009	0,100	0,033	-0,086	0,068	-0,260	0,802

Dois indicadores, *Tratamento de águas residuais* (*F1_11*) e *Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro* (*F1_7*), juntamente com os demais indicadores sobre infraestrutura logística (*F1_8* e *F1_9*) são os aspectos mais críticos e responsáveis pelo maior impacto negativo na média do Brasil para esse fator.

Alemanha, França e Estados Unidos são os países com a maior concentração de resultados acima de 0,900 (Figura 7-11). De fato, esses são países onde a infraestrutura está entre as mais importantes vantagens competitivas, pois eles estão entre os melhores, quando se considera, principalmente, a infraestrutura de transporte e comunicação (WEF, 2013;2014a).

O indicador que a Alemanha possui o menor valor relativo, *Nível de dependência energética* (*F1_15*), é justamente o que o Brasil e a Argentina têm melhor resultado em comparação com os demais países. Na Alemanha 60% da energia usada é importada, enquanto que no Brasil esse percentual é de 8%, maior que os 4% da Argentina (World Bank, 2014).

A China é o país com a maior variação dos resultados dos índices para o fator *F1*. Mesmo assim, seis dos seus nove resultados, em termos absolutos, estão acima do melhor resultado do Brasil (Tabela 7-26).

O melhor desempenho do Brasil foi o do indicador *Eficiência em reduzir a mortalidade infantil* (*F1_10*). Entretanto, esse valor está abaixo da média dos resultados dos demais países. De fato, o Brasil é, entre os países da comparação, o menos eficiente em reduzir a mortalidade infantil, com um *score* de 68,59 numa escala em que países com um *score* 100 possuem a maior taxa de sobrevivência (EPI/Yale, 2014). A presença do indicador *F1_10* poderia parecer estranha para a análise da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel. Entretanto, é importante mencionar, conforme apresentado na descrição do indicador, que cerca de 70% das mortes de crianças até o quinto ano de nascimento são causadas por fatores ambientais, incluindo poluição, deficiências no tratamento de águas residuais e dificuldades

de acesso a água potável. Em países desenvolvidos essa eficiência é superior a 95%, como é o caso dos Estados Unidos, chegando a 100%, como é o caso da Alemanha e França Tabela 7-25.

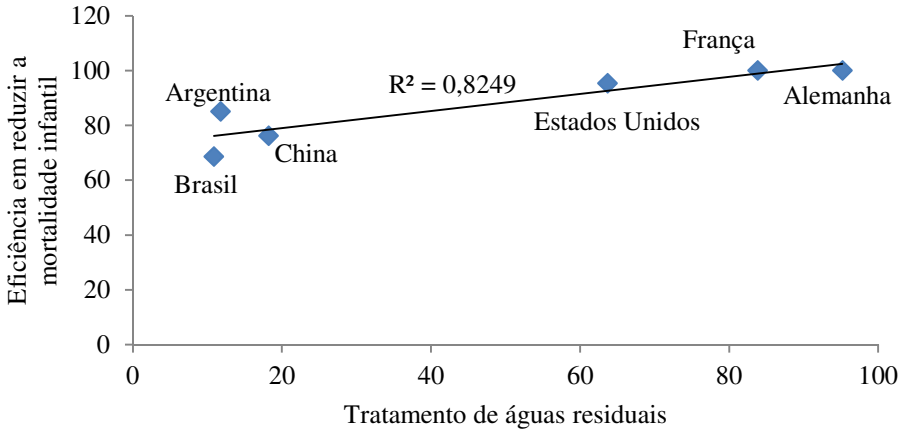


Figura 7-12 Relação entre tratamento de águas residuais e eficiência em reduzir a mortalidade infantil. **Fonte:** elaborado pelo autor com dados do *EPI* (EPI/Yale, 2014)

Esse indicador está forte e diretamente associado ao indicador *tratamento de águas residuais* (*F1_11*) (R^2 = *0,825*), cujos resultados do Brasil foram os que apresentaram o pior desempenho (Figura 7-12). Conforme mencionado, outros fatores estão envolvidos, pois a Argentina, por exemplo, possui o mesmo nível de tratamento de águas do que Brasil, mas é mais eficiente em reduzir a mortalidade infantil, e a China, embora possua um nível de tratamento de águas maior do que a Argentina (e Brasil) é menos eficiente do que esse país. No Brasil, somente 10,87% das águas residuais industriais e domésticas ou municipais são tratadas (EPI/Yale, 2014). Caso o percentual do Brasil aumentasse para um valor hipotético de 63,66% (menor valor entre os resultados dos países desenvolvidos), o índice de sustentabilidade do fator *F1* passaria dos atuais 0,619 para 0,685, o que representaria um incremento de 10,7%. No caso do Índice Total de Sustentabilidade (atualmente 0,758), o impacto seria de 1,7%, elevando o *ITS* do Brasil para 0,771. Essa é uma importante característica do sistema aqui desenvolvido que permite simular e investigar impactos nos índices de sustentabilidade decorrentes de mudanças nos indicadores, isoladamente ou em conjunto.

7.8.4.2 *Fator F2 – Articulação e Coordenação*

Os resultados e respectivos estados de referência (em negrito) dos indicadores selecionados para o fator *F2*, *Articulação e Coordenação*, são apresentados na Tabela 7-28. Nesse fator o

Brasil alcançou o melhor índice, 0,887, o que equivale a uma parcela de 19,1% do seu ITS e o aproxima do nível de desempenho da China e França, principalmente (Figura 7-13).

Tabela 7-28 Indicadores selecionados – fator *F2*
Fontes*:* Apêndice A - 2

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F2_2: Capacidade de reter talentos	5,09	3,22	4,11	4,28	**5,68**	3,57
F2_3: Salários e produtividade	4,26	2,75	3,63	4,66	**4,79**	3,83
F2_4: Nível de formação de pessoal	**5,12**	3,69	4,30	4,26	4,96	4,33
F2_5: Nível de uso de ferramentas de *marketing*	5,72	4,40	5,08	4,43	**6,04**	5,50
F2_6: Nível de absorção de tecnologias das empresas	5,77	4,11	5,00	4,69	**5,99**	5,46
F2_10: Cooperação nas relações de trabalho	**5,20**	3,31	4,14	4,40	4,66	3,44

(a) Os resultados tomados como referência (resultados mais sustentáveis) estão marcados em negrito; (b) Esta é uma reprodução da Tabela 7-13.

Tabela 7-29 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F2*

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F2_2: Capacidade de reter talentos	0,945	0,724	0,840	0,859	1,000	0,772
F2_3: Salários e produtividade	0,941	0,729	0,862	0,986	1,000	0,889
F2_4: Nível de formação de pessoal	1,000	0,838	0,913	0,908	0,984	0,916
F2_5: Nível de uso de ferramentas de *marketing*	0,973	0,843	0,914	0,846	1,000	0,953
F2_6: Nível de absorção de tecnologias das empresas	0,981	0,814	0,910	0,878	1,000	0,954
F2_10: Cooperação nas relações de trabalho	1,000	0,778	0,887	0,917	0,945	0,796
IS_{F2}	0,973	0,788	0,887	0,899	0,988	0,880

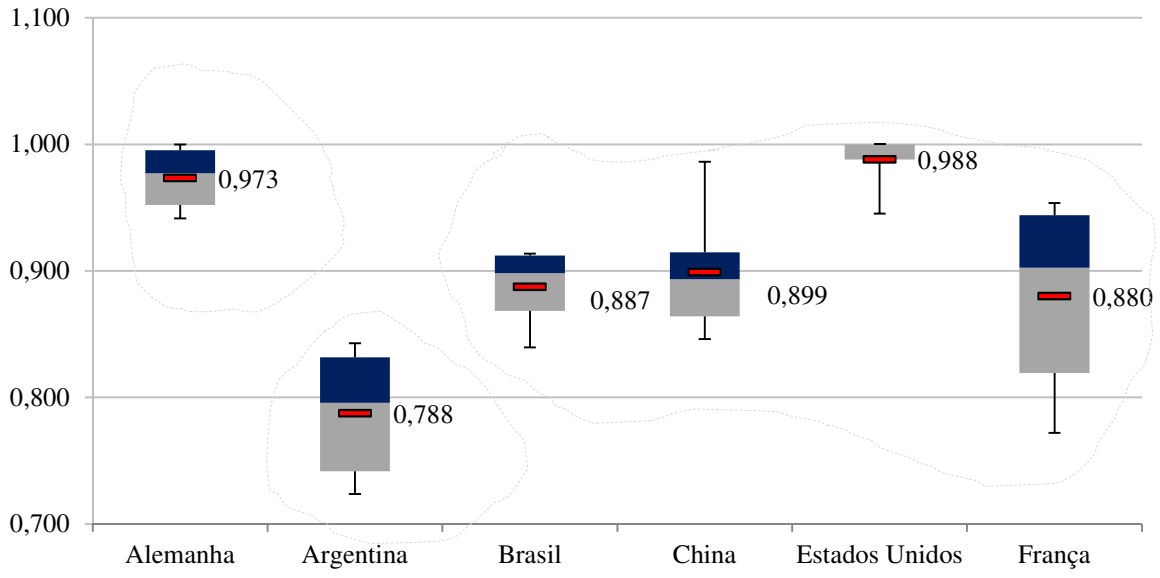


Figura 7-13 Índices de sustentabilidade – fator *F2*

Em termos absolutos o desempenho do Brasil nesse fator está próximo dos resultados obtidos pela China e superior ao da França e Argentina, mas ainda distante dos resultados da Alemanha e Estados Unidos (Figura 7-13). Isso pode ser evidenciado estatisticamente a partir dos resultados apresentados na Tabela 7-30 em que os números indicam a presença de três grupos com índices significativamente iguais no nível de confiança de 95% (*p-valor > 005)*: a) Alemanha e Estados Unidos; b) Brasil, China e França; e c) Argentina.

Tabela 7-30 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F2*

	Diferenças entre pares						
				Intervalo de confiança de 95%		t	
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(5 graus de liberdade)	Sig. (2-tailed)
Alemanha - Argentina	0,186	0,038	0,016	0,146	0,226	11,927	0,000
Alemanha - Brasil	0,086	0,020	0,008	0,064	0,107	10,255	0,000
Argentina - Brasil	-0,100	0,024	0,010	-0,125	-0,075	-10,157	0,000
Argentina - EUA	-0,201	0,058	0,024	-0,261	-0,140	-8,456	0,000
Alemanha - China	0,074	0,061	0,025	0,011	0,138	3,005	0,030
Argentina - China	-0,111	0,087	0,036	-0,203	-0,020	-3,119	0,026
Alemanha - Franca	0,093	0,078	0,032	0,012	0,175	2,943	0,032
Argentina - Franca	-0,092	0,055	0,022	-0,150	-0,035	-4,149	0,009
Brasil - EUA	-0,101	0,040	0,016	-0,142	-0,059	-6,176	0,002
China - EUA	-0,089	0,059	0,024	-0,151	-0,027	-3,688	0,014
EUA - Franca	0,108	0,071	0,029	0,034	0,183	3,728	0,014
Brasil - Franca	0,008	0,058	0,024	-0,053	0,068	0,324	0,759
Brasil - China	-0,011	0,066	0,027	-0,080	0,058	-0,423	0,690
China - Franca	0,019	0,097	0,039	-0,082	0,120	0,481	0,651
Alemanha - EUA	-0,015	0,044	0,018	-0,061	0,031	-0,831	0,444

Em geral os índices do Brasil no fator *F2* foram acima de 0,840 e os melhores resultados foram os dos indicadores *Nível de uso de ferramentas de marketing* (*F2_5*), *Nível de formação de pessoal* (*F2_4*) e *Nível de absorção de tecnologias das empresas* (*F2*_6). Nos três casos os indicadores do Brasil são superiores aos da China e Argentina, mas inferiores aos dos demais países. O primeiro indicador mede a extensão com que as empresas usam ferramentas e técnicas sofisticadas de *marketing* e representa uma importante indicação do nível avançado do uso de estratégias sofisticadas para as operações nas empresas (WEF, 2014a). O indicador *Nível de formação do pessoal* avalia a extensão em que as empresas

investem em capacitação para desenvolvimento continuado dos seus empregados. A capacitação é importante para o desenvolvimento da cadeia produtiva, pois permite a evolução dos seus produtos e serviços. O *Nível de absorção de tecnologia pelas empresas* está relacionado com a agilidade com que as empresas adotam tecnologias para aumentar a sua produtividade e, consequentemente, de toda a cadeia produtiva a que ela pertence. Esses três elementos juntos podem ajudar a produzir o ambiente necessário para os processos adequados de articulação e coordenação determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

Em pelo menos dois indicadores o Brasil obteve resultados superiores ao da França: *Capacidade de reter talentos* (*F2_2*) e *Cooperação nas relações de trabalho* (*F2_10*). No caso do Brasil, os resultados do indicador *F2_2* parecem contraditórios com os resultados do indicador *Disponibilidade de cientistas e engenheiros* (*F6_5*) que, como será mostrado adiante, apresentou um baixo resultado em comparação com os demais países. De fato, França e Brasil são os dois países que diferem da tendência dos demais (Figura 7-14), embora de forma diferente. No caso do Brasil, em termos relativos, a nossa capacidade de reter talentos é maior do que a disponibilidade de cientistas e engenheiros, enquanto que na França, embora a capacidade de reter talentos seja relativamente baixa, o país possui maior disponibilidade desses profissionais.

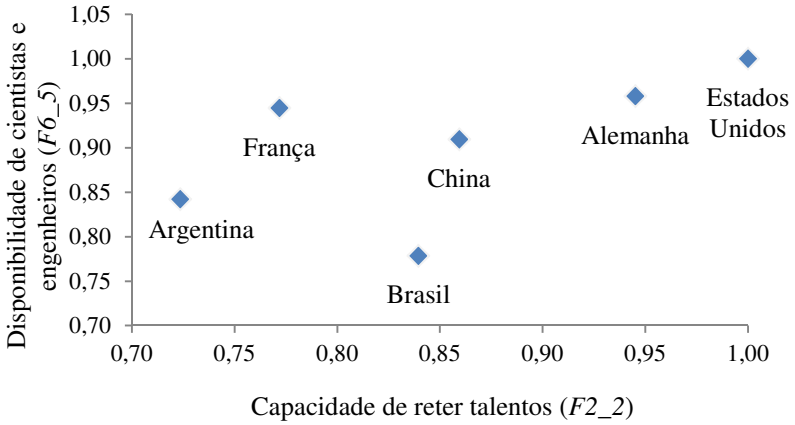


Figura 7-14 Relação entre a capacidade de reter talentos e a disponibilidade de cientistas e engenheiros. **Fonte**: elaborado pelo autor com dados do WEF (WEF, 2014a)

7.8.4.3 *Fator F3 – Gestão Estratégica e Ambiente Institucional*

O índice de sustentabilidade do Brasil no fator *F3*, *Gestão Estratégica e Ambiente Institucional* é 0,828, o que equivale a 17,9% do ITS. Os resultados da Alemanha são o maior

destaque nesse fator. O país tem os melhores índices de sustentabilidade sendo referência em cinco dos sete indicadores.

Tabela 7-31 Indicadores selecionados – fator *F3*
Fontes*:* Apêndice A - 3

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F3_3: Investimentos das empresas em P&D	**5,52**	2,79	3,60	4,20	5,43	4,67
F3_5: Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)	69,6	52,89	69,2	**76,02**	62,83	64,1
F3_6: Transparência do governo na definição de políticas públicas	**4,98**	3,01	3,68	4,42	4,40	4,25
F3_7: Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos	**4,91**	1,89	3,51	3,83	4,32	4,30
F3_17: Políticas de custos para a agricultura	4,02	2,88	4,45	**4,56**	4,10	3,80
F3_18: Proteção da biodiversidade e habitat	**100**	44,88	66,74	66,63	63,35	54,45
F3_19: Despesa com P&D (% PIB)	**2,84**	0,62	1,16	1,84	2,77	2,25

(a) Os resultados tomados como referência (resultados mais sustentáveis) estão marcados em negrito; (b) Esta é uma reprodução da Tabela 7-15.

Tabela 7-32 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F3*

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F3_3: Investimentos das empresas em P&D	1,000	0,671	0,789	0,864	0,992	0,917
F3_5: Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)	0,956	0,821	0,953	1,000	0,905	0,915
F3_6: Transparência do governo na definição de políticas públicas	1,000	0,753	0,850	0,940	0,938	0,921
F3_7: Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos	1,000	0,556	0,834	0,876	0,936	0,934
F3_17: Políticas de custos para a agricultura	0,937	0,774	0,988	1,000	0,947	0,909
F3_18: Proteção da biodiversidade e habitat	1,000	0,620	0,801	0,800	0,776	0,705
F3_19: Despesa com P&D (% PIB)	1,000	0,358	0,580	0,786	0,988	0,884
IS_{F3}	0,985	0,650	0,828	0,895	0,926	0,883

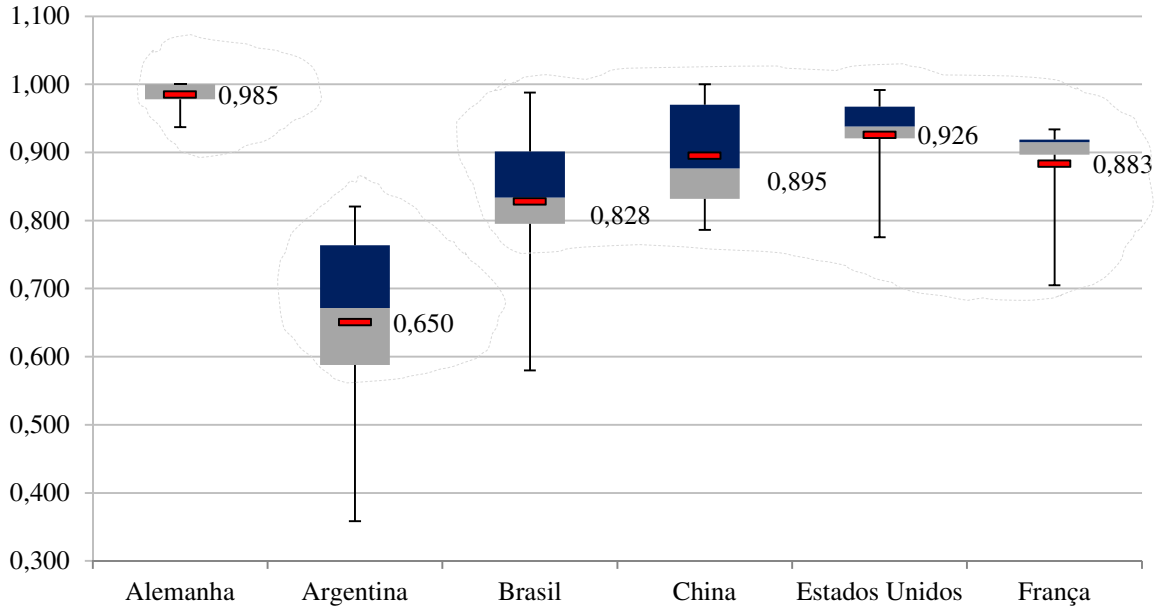


Figura 7-15 Índices de sustentabilidade – fator *F3*. **Fonte**: o autor.

Conforme apresentado na Tabela 7-33 e Figura 7-15, é possível identificar a formação de três grupos distintos associados ao fator *F3*: a) Alemanha, isolada; b) Argentina isolada; e c) Brasil, China, Estados Unidos e França com índices de sustentabilidade estatisticamente iguais no fator. Assim, com relação ao fator *Gestão estratégia e ambiente institucional* pode-se afirmar que o Brasil se encontra no mesmo nível dos países do último grupo, quando considerados os indicadores relativos ao fator sob análise. No caso do Brasil dois indicadores se destacam: *Políticas de custos para agricultura* (*F3_17*) e *Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)* (*F3_5*). Os resultados do Brasil para esses indicadores são melhores do que os demais países, exceto China que é a referência nos dois casos. O pior resultado do Brasil está no indicador *Despesas em P&D (%PIB)* (*F3_19*) em que somente 1,16% do PIB é despesas com pesquisa e desenvolvimento. Nesse aspecto os nossos indicadores só são melhores do que os da Argentina. Isso equivale, em percentuais, à metade das despesas nos países desenvolvidos (do grupo de maiores produtores de biodiesel).

Tabela 7-33 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F3*

	Diferenças entre pares						
				Intervalo de confiança de 95%		t	
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(5 graus de liberdade)	Sig. (2-*tailed*)
Alemanha - Argentina	0,334	0,176	0,066	0,172	0,497	5,030	0,002
Alemanha - Brasil	0,157	0,153	0,058	0,015	0,299	2,708	0,035

Alemanha - China	0,090	0,110	0,042	-0,012	0,192	2,148	0,075
Alemanha - EUA	0,059	0,078	0,030	-0,014	0,131	1,981	0,095
Alemanha - Franca	0,101	0,090	0,034	0,018	0,185	2,967	0,025
Argentina - Brasil	-0,177	0,065	0,025	-0,238	-0,117	-7,199	0,000
Argentina - China	-0,245	0,095	0,036	-0,333	-0,157	-6,817	0,000
Argentina - EUA	-0,276	0,186	0,070	-0,448	-0,103	-3,913	0,008
Argentina - Franca	-0,233	0,164	0,062	-0,385	-0,081	-3,753	0,009
Brasil - China	-0,067	0,069	0,026	-0,131	-0,003	-2,579	0,042
Brasil - EUA	-0,098	0,165	0,062	-0,251	0,054	-1,575	0,166
Brasil - Franca	-0,056	0,141	0,053	-0,186	0,075	-1,047	0,336
China - EUA	-0,031	0,105	0,040	-0,128	0,067	-0,775	0,468
China - Franca	0,012	0,081	0,031	-0,064	0,087	0,376	0,720
EUA - Franca	0,042	0,042	0,016	0,003	0,082	2,656	0,038

7.8.4.4 *Fator F4 – Condições de Mercado*

O índice de sustentabilidade do Brasil para o fator *F4*, *Condições de Mercado* é 0,783, o que representa 16,9% do ITS. Os Estados Unidos se destacam nesse fator com resultados bastante consistentes para todos os indicadores, enquanto que a China possui uma grande variação nos seus resultados.

Tabela 7-34 Indicadores selecionados – fator *F4*
Fonte*:* Apêndice A - 4

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F4_1: Natureza da vantagem competitiva	**6,04**	2,61	3,03	3,77	5,44	5,48
F4_4: Consumo diário de biodiesel	47,4	14,7	45	7	**57,8**	40,5
F4_5: Consumo diário de etanol	73,9	17,7	377,4	45	**898,9**	56,5
F4_9: Intensidade da competição local	**5,86**	4,01	4,98	5,26	5,82	5,52
F4_10: Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho	3,75	2,08	2,52	**4,05**	4,12	2,78
F4_11: Predomínio de barreiras técnicas ao comércio	4,43	2,47	3,91	4,28	4,46	**4,71**
F4_13: Tamanho do mercado doméstico	5,84	4,87	5,68	6,80	**7,00**	5,66
F4_14: Tamanho do mercado do exterior	6,56	5,21	5,56	**7,00**	6,74	6,07
F4_16: Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir	4,09	2,10	2,53	**4,12**	**4,13**	2,63
F4_23: Terras aráveis, hectares *per capita*	0,15	**0,93**	0,37	0,08	0,51	0,28

(a) Os resultados tomados como referência (resultados mais sustentáveis) estão marcados em negrito; (b) Esta é uma reprodução da Tabela 7-17.

Tabela 7-35 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F4*

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F4_1: Natureza da vantagem competitiva	1,000	0,603	0,668	0,769	0,948	0,951
F4_4: Consumo diário de biodiesel	0,901	0,406	0,875	0,216	1,000	0,824
F4_5: Consumo diário de etanol	0,152	0,039	0,591	0,095	1,000	0,118
F4_9: Intensidade da competição local	1,000	0,813	0,919	0,946	0,997	0,970
F4_10: Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho	0,953	0,671	0,759	0,991	1,000	0,806
F4_11: Predomínio de barreiras técnicas ao comércio	0,969	0,688	0,907	0,952	0,973	1,000
F4_13: Tamanho do mercado doméstico	0,910	0,821	0,896	0,986	1,000	0,894
F4_14: Tamanho do mercado do exterior	0,968	0,853	0,885	1,000	0,981	0,929
F4_16: Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir	0,995	0,674	0,760	0,999	1,000	0,778
F4_23: Terras aráveis, hectares *per capita*	0,278	1,000	0,569	0,158	0,708	0,463
IS_{F4}	0,813	0,657	0,783	0,711	0,961	0,773

A dispersão dos resultados dos países, com exceção dos Estados Unidos, faz com que o fator *F4* apresente dois grupos distintos: de um lado, os Estados Unidos, com um índice 0,961 e, de outro, os demais países da comparação (Figura 7-16). A Tabela 7-36 apresenta os Testes-t para pares de países envolvidos.

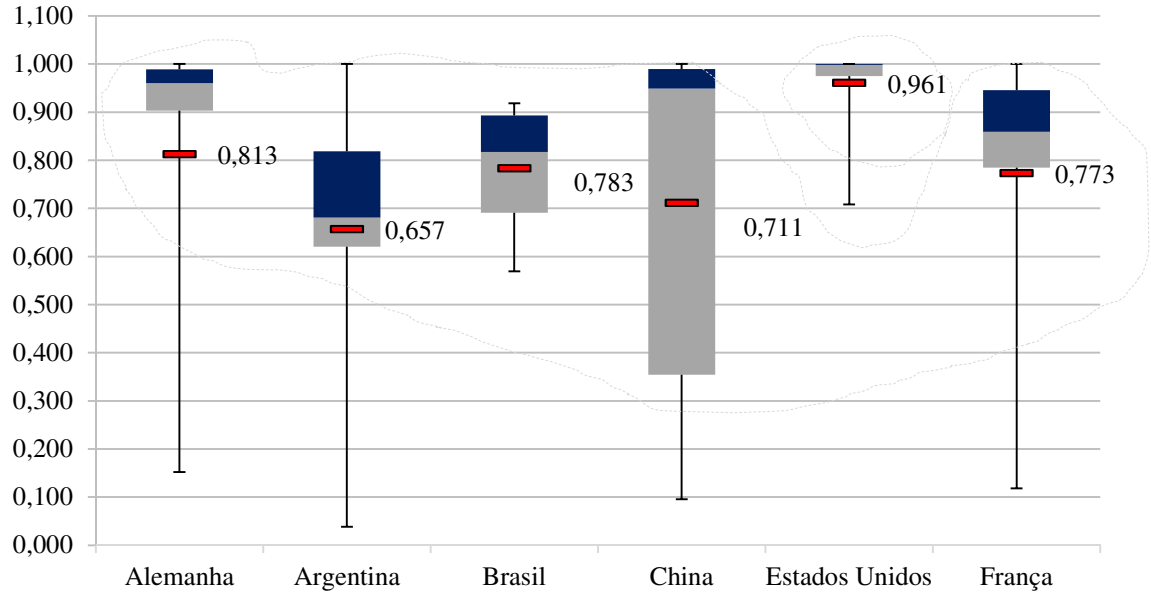


Figura 7-16 Índices de sustentabilidade - fator *F4*

De acordo com os resultados da Figura 7-16 e Tabela 7-36, a dispersão dos resultados dos países envolvidos, com exceção dos Estados Unidos e Brasil, faz com que o fator *F4*

apresente dois grupos distintos: de um lado, os Estados Unidos, com um índice 0,961 e, de outro, os demais países da comparação (Figura 7-16), embora, em geral, os resultados da Alemanha as tornem mais próxima dos Estados Unidos do que dos demais países. Essa configuração está representada pelas linhas tracejadas da Figura 7-16.

Na China 50% dos indicadores variam entre 0,354 e 0,990. Na Alemanha 80% dos resultados estão concentrados em resultados acima de 0,900, mas dois indicadores (*F4_5, Consumo diário de etanol* e *F4_23, Terras aráveis*) provocam uma alta dispersão e tornam sua média mais baixa. Em termos de resultados de indicadores, destacam-se os resultados do indicador *Tamanho do mercado (exterior e doméstico)*, dos Estados Unidos e China. Nesses aspectos esses países estão no topo do *ranking* pela sua capacidade de produzir em escala interna e global.

Tabela 7-36 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F4*

	Diferenças entre pares						
				Intervalo de confiança de 95%		t	
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(9 graus de liberdade)	Sig. (2-*tailed*)
Alemanha - Argentina	0,156	0,335	0,106	-0,084	0,396	1,470	0,176
Alemanha - Brasil	0,030	0,233	0,074	-0,137	0,197	0,403	0,697
Alemanha - China	0,101	0,223	0,071	-0,058	0,261	1,436	0,185
Alemanha - EUA	-0,148	0,280	0,089	-0,349	0,052	-1,670	0,129
Alemanha - Franca	0,039	0,106	0,033	-0,036	0,115	1,175	0,270
Argentina - Brasil	-0,126	0,266	0,084	-0,316	0,064	-1,499	0,168
Argentina - China	-0,054	0,348	0,110	-0,303	0,195	-0,494	0,633
Argentina - EUA	-0,304	0,322	0,102	-0,534	-0,073	-2,981	0,015
Argentina - Franca	-0,117	0,262	0,083	-0,304	0,071	-1,407	0,193
Brasil - China	0,072	0,324	0,102	-0,160	0,303	0,700	0,501
Brasil - EUA	-0,178	0,111	0,035	-0,257	-0,098	-5,071	0,001
Brasil - Franca	0,010	0,192	0,061	-0,128	0,147	0,158	0,878
China - EUA	-0,250	0,357	0,113	-0,505	0,006	-2,208	0,055
China - Franca	-0,062	0,249	0,079	-0,240	0,116	-0,789	0,450
EUA - Franca	0,187	0,262	0,083	0,000	0,375	2,258	0,050

No Brasil, destacam-se os resultados dos indicadores *Intensidade da competição local* (*F4_9*), *Predomínio de barreiras técnicas ao comércio* (*F4_11*), *Tamanho do mercado (exterior e doméstico)* e *Consumo de biodiesel* (*F4_4*). Embora o Brasil tenha bom nível de competição

local, ainda está distante dos países selecionados para a comparação. A intensidade adequada de competição local é importante para a eficiência e produtividade da cadeia produtiva, e para manter as condições de mercado necessárias para o seu desenvolvimento sustentável.

O indicador *Predomínio de barreiras técnicas ao comércio* mede a extensão em que não há predomínio de barreiras técnicas que limitem a habilidade de produtos importados competirem no mercado doméstico. Nesse aspecto, o Brasil encontra-se num nível similar ao dos demais países, exceto a Argentina, país que está entre os que mais impõem barreiras técnicas à entrada de produtos no seu mercado (WEF, 2013).

O Brasil possui um grande mercado interno e externo, com altos valores de exportação de bens e serviços, mas mesmo assim ainda é o 26º no *ranking* mundial (WEF, 2014a). Em termos de consumo diário de biodiesel o Brasil está no mesmo nível da Alemanha e França, mas abaixo dos Estados Unidos. Conforme apresentado na Figura 7-17, boa parte do biodiesel argentino é exportada. Entretanto, o país tem enfrentado restrições à entrada do seu biodiesel na União Europeia, a ponto de ter que reduzir seus impostos para vendas externas do produto (Misculin, 2014).

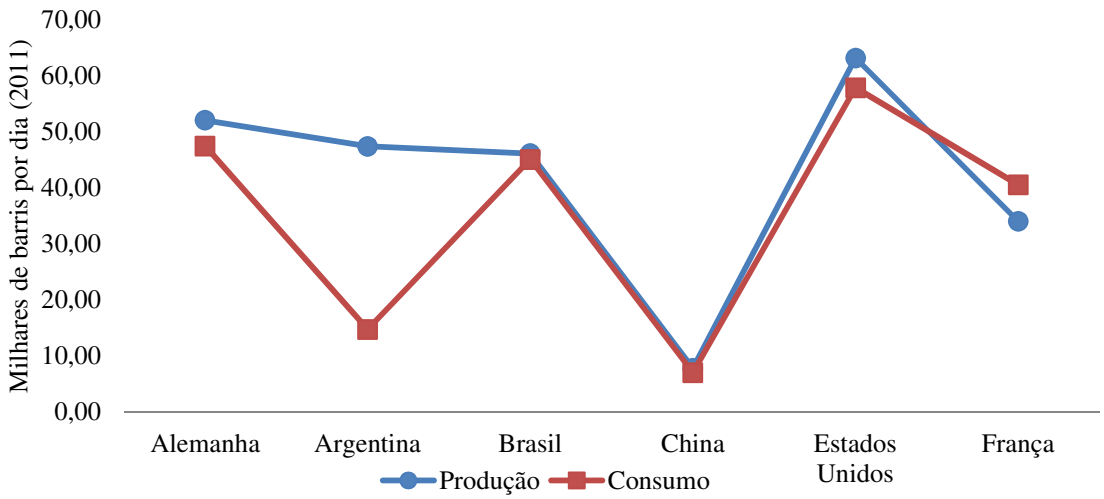


Figura 7-17 Produção e consumo diários de biodiesel nos países selecionados (milhares de barris por dia).**Fonte:** O autor, com dados da *U.S. Energy Information Administration* (EIA, 2014)

O Brasil está entre os maiores produtores de biodiesel no mundo. Visando aumentar ainda mais sua produção e consumo, em julho de 2014 o Governo autorizou o aumento da mistura de biodiesel no diesel para 6% em julho de 2014 e para 7% em novembro de 2014. Com essa

medida espera-se que haja um aumento na produção e redução nas importações de diesel, com impactos positivos para a balança comercial. De acordo com o Governo o aumento da mistura não produzirá um impacto significativo na inflação, mesmo porque o aumento da produção de biodiesel, baseada principalmente na soja (em torno de 75% do biodiesel brasileiro é produzido a partir da soja), aumentará a oferta de farelo de soja utilizada para a produção de ração, principal insumo para a produção de carnes. Outro aspecto ressaltado pelo Governo Brasileiro é o impacto ambiental positivo, pois a ampliação do teor de biodiesel reduzirá a emissão de 23 milhões de toneladas de CO_2 até 2020 e contribuirá para o alcance de metas previstas pela política nacional sobre mudança do clima (Reuters, 2014).

Embora *Terras aráveis* (*F4_23*) seja o indicador com menor índice, o Brasil possui o terceiro melhor resultado entre os países da comparação, atrás da Argentina e Estados Unidos. No primeiro país 0,93% das terras são aráveis, nos Estados Unidos 0,51% e no Brasil 0,37%. Como vimos, esse é um aspecto importante para a produção agrícola nos níveis necessários e bastante dependente de fatores climáticos e humanos, como irrigação, desmatamento e outras condições relacionadas à mudança de seu uso (Bruinsma, 2011).

7.8.4.5 *Fator F5 – Qualidade e Sistemas de Monitoramento*

O resultado do Brasil para o índice de sustentabilidade do fator *F5, Qualidade e Sistemas de Monitoramento* foi 0,852, o que equivale a uma contribuição de 18,4% no ITS. Esse foi o fator em que o Brasil teve o melhor resultado em relação ao dos demais países, devido, principalmente, ao seu desempenho no indicador *Emissões de CO_2 per capita* (*F5_10*).

Tabela 7-37 Indicadores selecionados – fator *F5*
Fontes*:* Apêndice A - 5

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F5_3: Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel	6	2	3	4	**8**	1
F5_4: Nível de orientação aos clientes	5,34	3,58	4,80	4,49	**5,45**	4,81
F5_5: Nível de sofisticação dos compradores	4,42	3,35	3,57	4,43	**4,60**	3,96
F5_10: Emissões de CO_2 *per capita*	9,0566	4,4668	**2,1532**	6,1781	17,5043	5,7539
F5_11: Habilidade para monitorar e reduzir emissões	62,77	16,79	53,82	**65,16**	56,45	49,83

(a) Os resultados tomados como referência (resultados mais sustentáveis) estão marcados em negrito; (b) Esta é uma reprodução da Tabela 7-19**.**

Tabela 7-38 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F5*

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F5_3: Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel	0,857	0,400	0,545	0,667	1,000	0,222
F5_4: Nível de orientação aos clientes	0,990	0,793	0,937	0,903	1,000	0,938
F5_5: Nível de sofisticação dos compradores	0,980	0,843	0,874	0,981	1,000	0,925
F5_10: Emissões de CO_2 *per capita*	0,384	0,651	1,000	0,517	0,219	0,545
F5_11: Habilidade para monitorar e reduzir emissões	0,981	0,410	0,905	1,000	0,928	0,867
IS_{F5}	0,838	0,619	0,852	0,814	0,829	0,699

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 7-39 (vide também Figura 7-18), não existe diferença estatística nos índices de sustentabilidade associados ao fator *F5* para os 15 pares de países formados com os seis países que fazem parte da comparação, no nível de confiança de 95%. Nesse caso é possível considerar que todos os países envolvidos na comparação encontram-se estatisticamente falando no mesmo patamar de sustentabilidade, quando considerados os indicadores do sistema aqui estruturado.

Tabela 7-39 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F5*

	Diferenças entre pares						
				Intervalo de confiança de 95%		t	
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(4 graus de liberdade)	Sig. (2-*tailed*)
Alemanha - Argentina	0,219	0,326	0,146	-0,185	0,623	1,504	0,207
Alemanha - Brasil	-0,014	0,352	0,157	-0,451	0,423	-0,088	0,934
Alemanha - China	0,025	0,121	0,054	-0,126	0,175	0,458	0,671
Alemanha - EUA	0,009	0,112	0,050	-0,131	0,149	0,179	0,867
Alemanha - Franca	0,139	0,296	0,133	-0,229	0,507	1,049	0,353
Argentina - Brasil	-0,233	0,186	0,083	-0,464	-0,002	-2,797	0,049
Argentina - China	-0,194	0,265	0,118	-0,523	0,134	-1,642	0,176
Argentina - EUA	-0,210	0,407	0,182	-0,715	0,295	-1,154	0,313
Argentina - Franca	-0,080	0,249	0,111	-0,389	0,229	-0,719	0,512
Brasil - China	0,039	0,256	0,115	-0,279	0,357	0,337	0,753
Brasil - EUA	0,023	0,457	0,204	-0,544	0,590	0,112	0,917
Brasil - Franca	0,153	0,223	0,100	-0,124	0,430	1,533	0,200
China - EUA	-0,016	0,231	0,103	-0,303	0,271	-0,153	0,886
China - Franca	0,114	0,197	0,088	-0,131	0,359	1,295	0,265
EUA - Franca	0,130	0,400	0,179	-0,367	0,627	0,727	0,508

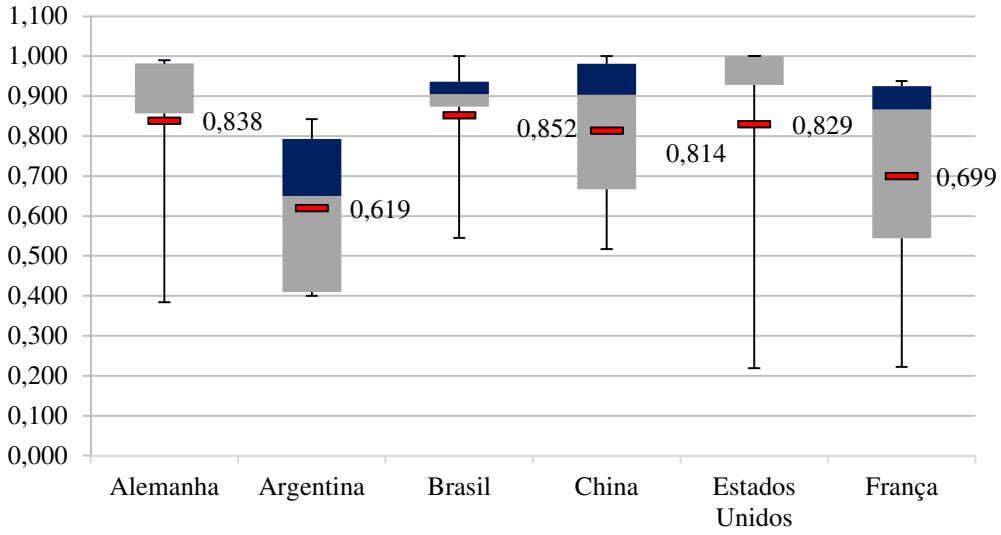


Figura 7-18 Índices de sustentabilidade – fator *F5*

O índice do Brasil foi o que apresentou a menor variação entre todos os países, enquanto as maiores ocorreram com os resultados da França, Argentina e China.

O melhor resultado do Brasil – e o único entre todos os indicadores em que o Brasil foi referência – foi no indicador *Emissões de CO_2 per capita*. Com 2,1532 toneladas métricas de CO_2/pessoa, o Brasil é o país que menos emite CO_2 em relação à sua população (ONU/MDG, 2014). Esse valor é cerca da metade das emissões da Argentina e oito vezes menor do que as dos Estados Unidos, país que mais emite CO_2 *per capita* entre os países da comparação. Esses resultados, pelo menos em parte, podem ser justificados pelo indicador *F5_11* (*Habilidade para monitorar e reduzir emissões*), em que o país possui desempenho comparável ao dos demais países, exceto a Argentina, cujo resultado foi o menor entre os países da comparação.

O indicador *Nível de orientação aos clientes* (*F5_4*) foi o que o Brasil teve o segundo melhor resultado, embora esteja abaixo do desempenho da Alemanha e Estados Unidos. Esse indicador mede como as empresas tratam os seus clientes, sendo atribuído o valor 1 quando as empresas são indiferentes ao grau de satisfação dos clientes, e 7 quando elas respondem prontamente e buscam *feedback*. No contexto da cadeia produtiva do biodiesel, entende-se que é importante que os clientes tenham informações sobre os benefícios do uso desse tipo de energia renovável, dos impactos nas dimensões da sustentabilidade, e no dia-a-dia das empresas e das pessoas.

O pior resultado desse fator foi no indicador *Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel* (*F5_3*). Esse é um indicador mantido por uma parceria entre a Agência Internacional de Energia (*IEA*) e a Agência Internacional de Energias Renováveis (*IRENA*) que relaciona, entre outras informações, instrumentos regulatórios e mandatórios emitidos pelos governos. Nesse caso, o indicador está associado com políticas para bioenergia, biomassa e biocombustíveis para transporte, incluindo o biodiesel. No caso do Brasil existem três instrumentos registrados, enquanto que nos Estados Unidos, país com o maior número de instrumentos, oito estão presentes no banco de dados da *IEA/IRENA* (IEA/IRENA, 2014).

7.8.4.6 *Fator F6 – Tecnologia e Inovação*

O índice de sustentabilidade do Brasil no fator *F6*, *Tecnologia e Inovação* é *0,667*. Trata-se, em termos absolutos, do segundo pior índice, ficando na frente apenas da Argentina, e do segundo pior índice dos fatores com uma contribuição no ITS de 14,4%. Esse desempenho pode ser justificado pelos resultados dos indicadores referentes a políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel (*F6_6*) e número de patentes sobre produção de biodiesel (*F6_8*), cujos desempenhos foram muito fracos.

Tabela 7-40 Indicadores selecionados – fator *F6*
Fontes*:* Apêndice A - 6

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F6_1: Disponibilidade de tecnologias recentes	6,29	3,97	5,05	4,36	**6,43**	6,14
F6_2: Capacidade para inovar	**5,62**	3,33	4,02	4,19	5,61	4,85
F6_3: Qualidade das instituições de pesquisa científica	5,78	4,05	4,26	4,30	**5,95**	5,59
F6_4: Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria	5,39	3,7	3,98	4,41	**5,74**	4,46
F6_5: Disponibilidade de cientistas e engenheiros	4,92	3,89	3,41	4,46	**5,35**	4,79
F6_6: Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel	1	0	0	1	**8**	0
F6_7: Sofisticação do processo produtivo	**6,31**	3,79	4,51	4,00	5,91	5,49
F6_8: Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes	**0,379**	0,000	0,081	0,205	0,244	0,046
F5_11: Habilidade para monitorar e reduzir emissões	62,77	16,79	53,82	**65,16**	56,45	49,83

(a) Os resultados tomados como referência (resultados mais sustentáveis) estão marcados em negrito; (b) Esta é uma reprodução da Tabela 7-21**.**

Tabela 7-41 Índices de sustentabilidade – indicadores do fator *F6*

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F6_1: Disponibilidade de tecnologias recentes	0,989	0,763	0,880	0,808	1,000	0,977
F6_2: Capacidade para inovar	1,000	0,744	0,834	0,854	0,999	0,926
F6_3: Qualidade das instituições de pesquisa científica	0,986	0,810	0,834	0,839	1,000	0,969
F6_4: Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria	0,969	0,784	0,819	0,869	1,000	0,875
F6_5: Disponibilidade de cientistas e engenheiros	0,958	0,842	0,779	0,909	1,000	0,945
F6_6: Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel	0,222	0,000	0,000	0,222	1,000	0,000
F6_7: Sofisticação do processo produtivo	1,000	0,750	0,834	0,776	0,967	0,931
F6_8: Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes	1,000	0,000	0,353	0,703	0,783	0,216
IS_{F6}	0,890	0,587	0,667	0,748	0,969	0,730

De acordo com as informações da Tabela 7-42 e Figura 7-19, Alemanha e Estados Unidos se destacam no fator *F6, Tecnologia e Inovação*. Dois indicadores fazem com que a França não alcance o nível desses países: *Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel* (*F6_6*) e *Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes* (*F6_8*). Esses indicadores são também os principais responsáveis por aumentar a dispersão dos resultados e reduzir o índice do Brasil, cujo valor é estatisticamente igual ao da China, no nível de confiança de 95% e muito próximo do índice da Argentina.

Tabela 7-42 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre pares de países – fator *F6*

	Diferenças entre pares					t	
				Intervalo de confiança de 95%			
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(7 graus de liberdade)	Sig. (2-*tailed*)
Alemanha - Argentina	0,304	0,285	0,101	0,066	0,542	3,016	0,019
Alemanha - Brasil	0,224	0,174	0,061	0,079	0,369	3,642	0,008
Alemanha - China	0,143	0,095	0,034	0,064	0,222	4,268	0,004
Alemanha - EUA	-0,078	0,295	0,104	-0,324	0,168	-0,750	0,478
Alemanha - Franca	0,161	0,261	0,092	-0,058	0,379	1,740	0,125
Argentina - Brasil	-0,080	0,124	0,044	-0,184	0,024	-1,821	0,111
Argentina - China	-0,161	0,228	0,081	-0,351	0,030	-1,996	0,086
Argentina - EUA	-0,382	0,321	0,114	-0,650	-0,114	-3,365	0,012

Argentina - Franca	-0,143	0,074	0,026	-0,205	-0,081	-5,474	0,001
Brasil - China	-0,081	0,145	0,051	-0,202	0,041	-1,574	0,159
Brasil - EUA	-0,302	0,299	0,106	-0,552	-0,052	-2,862	0,024
Brasil - Franca	-0,063	0,095	0,034	-0,143	0,016	-1,886	0,101
China - EUA	-0,221	0,229	0,081	-0,412	-0,030	-2,734	0,029
China - Franca	0,018	0,227	0,080	-0,172	0,207	0,220	0,832
EUA - Franca	0,239	0,357	0,126	-0,060	0,537	1,891	0,100

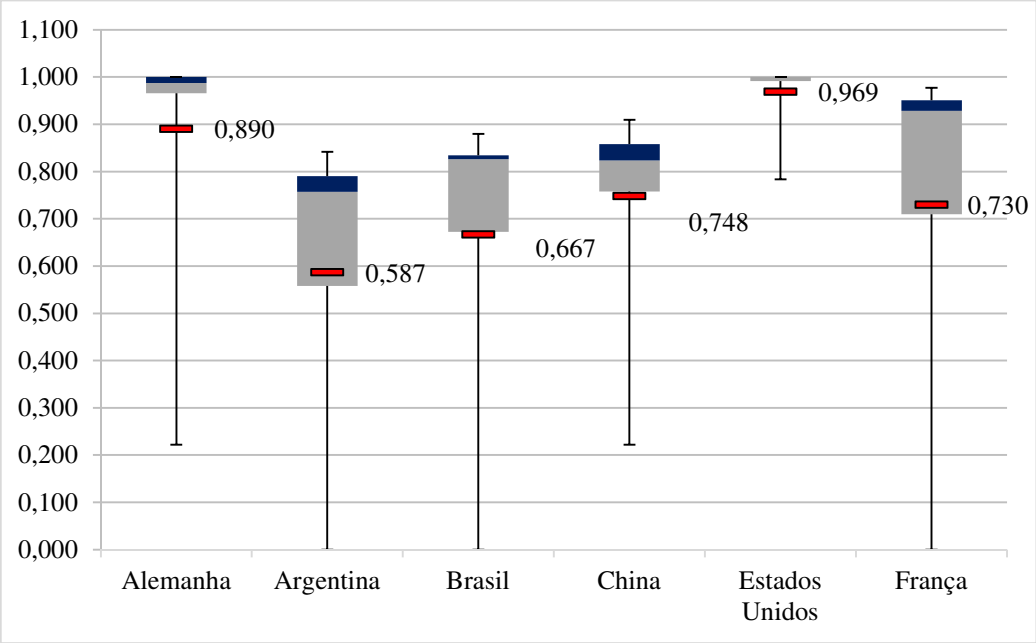


Figura 7-19 Índices de sustentabilidade – fator *F6*

O melhor resultado do Brasil nesse fator foi no indicador *Disponibilidade de tecnologias recentes* (*F6_1*), cujo índice superou os resultados da Argentina e da China, mas ficou abaixo dos demais países. Esse indicador mede a extensão com que as empresas pertencentes às cadeias produtivas adotam novas tecnologias visando o aumento da produtividade, a eficiência e a capacidade de inovação (WEF, 2014a).

Três indicadores do Brasil tiveram resultados equivalentes: *Capacidade de inovar* (*F6_2*), *Qualidade das instituições de pesquisa científica* (*F6_3*) e *Sofisticação do processo produtivo* (*F6_7*). Os resultados levantados dos países da comparação demonstram a forte correlação (R^2 = *0,899*) entre a qualidade das instituições de pesquisa e a capacidade de inovar (Figura 7-20). Embora nesses aspectos o Brasil tenha indicadores compatíveis com os da China e superiores aos da Argentina, seu desempenho está aquém dos resultados dos países de mais alto nível de sustentabilidade no fator *Tecnologia e Inovação*.

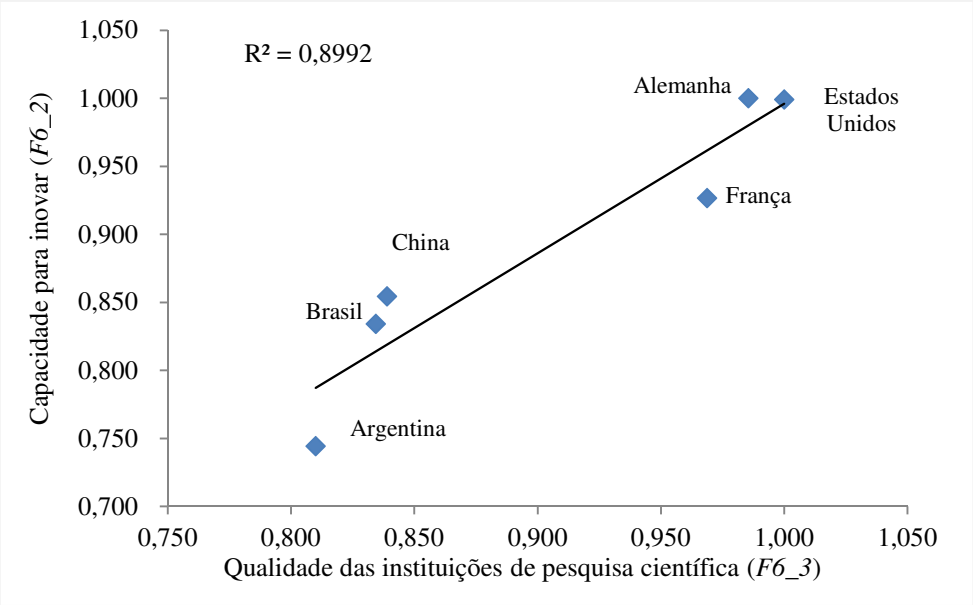


Figura 7-20 Relação entre qualidade das instituições e capacidade para inovar

Os índices de sustentabilidade para os fatores determinantes apresentam o padrão de distribuição mostrado na Tabela 7-43, em que os números entre parênteses representam a ordem do fator de acordo com o índice de sustentabilidade, em relação aos resultados de cada país [45]. Por exemplo, no caso da Alemanha o fator com o menor índice em relação aos demais daquele país é *Condições de Mercado*, com um índice de 0,813. No caso do Brasil esse fator está em terceiro lugar, com um índice de 0,783.

Tabela 7-43 Índices de sustentabilidade (fatores determinantes x países)

	Estados Unidos	Alemanha	França	China	Brasil	Argentina
Índice Total de Sustentabilidade	0,925	0,893	0,807	0,777	0,758	0,664
Articulação e Coordenação (F2)	0,988 (6)	0,973 (5)	0,880 (5)	0,899 (6)	0,887 (6)	0,788 (6)
Gestão Estratégica e Ambiente Institucional (F3)	0,926 (3)	0,985 (6)	0,883 (6)	0,895 (5)	0,828 (4)	0,650 (3)
Integração, Logística e Infraestrutura (F1)	0,858 (2)	0,889 (3)	0,867 (4)	0,680 (1)	0,619 (1)	0,695 (5)
Tecnologia e Inovação (F6)	0,969 (5)	0,890 (4)	0,730 (2)	0,748 (3)	0,667 (2)	0,587 (1)
Condições de Mercado (F4)	0,961 (4)	0,813 (1)	0,773 (3)	0,711 (2)	0,783 (3)	0,657 (4)
Qualidade e Sistemas de Monitoramento (F5)	0,829 (1)	0,838 (2)	0,699 (1)	0,814 (4)	0,852 (5)	0,619 (2)

Mais Sustentável ↑ Menos Sustentável

Mais Sustentável ← Menos Sustentável

[45] Para encontrar a ordem dos fatores como, por exemplo, do fator *Articulação e Coordenação* foi feito o seguinte cálculo usando a ordenação apresentada entre parênteses: *4 x 6 + 2 x 5 = 34*. Para Qualidade e Sistemas de Monitoramento: *2 x 1 + 2 x 2 + 1 x 4 + 1 x 5 = 15*.

No caso do Brasil, a ordem dos fatores determinantes é um pouco diferente da ordenação geral apresentada na Tabela 7-43. Nesse caso, conforme já discutido, o fator *Integração, Logística e Infraestrutura* é o que possui o menor índice de sustentabilidade, sendo, portanto, considerado o mais crítico:

a) Integração, Logística e Infraestrutura (*F1*)
b) Tecnologia e Inovação (*F6*)
c) Condições de Mercado (*F4*)
d) Gestão Estratégica e Ambiente Institucional (*F3*)
e) Qualidade e Sistemas de Monitoramento (*F5*)
f) Articulação e Coordenação (*F2*)

É importante observar que essa não é uma ordenação construída a partir do nível de determinação dos fatores, mas a partir do estágio de implementação dos aspectos e riscos associados aos fatores determinantes, conforme capturados a partir dos resultados dos indicadores que os expressam.

A Figura 7-21 foi construída para avaliar os parâmetros *Determinância* e *Sustentabilidade* em conjunto para o caso do Brasil. Nela fica evidente a importância e o grau de criticidade relativa dos fatores. O fator *Integração, Logística e Infraestrutura* (*F1)*, por exemplo, foi considerado o mais determinante, de acordo com os resultados capturados na pesquisa de campo (ver Tabela 7-5, pág. 171). Ao mesmo tempo, como já discutido, esse fator é o que possui o menor índice de sustentabilidade. Certamente esse é um aspecto determinante para a cadeia produtiva do biodiesel sobre o qual se recomenda a adoção de políticas específicas para o alcance de um nível compatível de sustentabilidade da cadeia. A necessidade de adoção de medidas específicas para esse fator não é exclusiva dos países com menores índices de sustentabilidade. Mesmo no caso de países que possuem uma infraestrutura reconhecida, esse fator aparece entre as principais prioridades. É o caso dos Estados Unidos em que o fator *F1* aparece em segundo lugar em nível de criticidade do seu nível de sustentabilidade (Tabela 7-43) e da Alemanha, em que esse fator está situado em terceiro lugar. O fator também é crítico na China, em que ele aparece em primeiro lugar, como no Brasil. Na Argentina, o índice é muito próximo do resultado do Brasil, mas naquele país outras prioridades acabam por mudar a ordenação do nível de criticidade dos fatores baseada no índice de sustentabilidade.

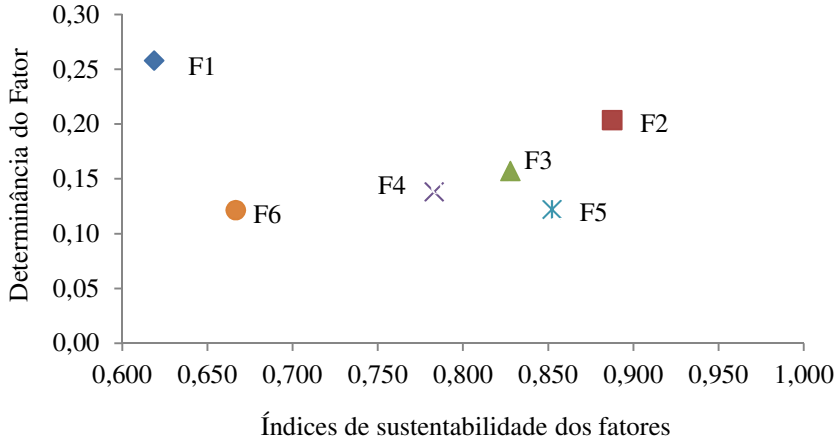


Figura 7-21 Índices de sustentabilidade versus determinância dos fatores – caso do Brasil

No caso do fator *F2*, os resultados da pesquisa de campo o apontaram como o segundo mais determinante. Por outro lado, os resultados da análise de sustentabilidade apontaram esse como o fator relativamente mais sustentável. Essa é uma situação em que as ações e políticas em andamento para os indicadores associados a esse fator devem ser continuadas, e a atenção maior deve ser direcionada para os demais, principalmente o fator *F1*.

7.8.5 Análise dos índices de sustentabilidade por dimensões da sustentabilidade

Conforme discutido na Seção 7.7, a classificação dos indicadores de acordo com as dimensões ambiental, social e econômica foi realizada levando em consideração a associação do sistema apresentado pelo presente trabalho com o sistema do *GBEP*. Dessa forma, foi obtida uma distribuição dos indicadores ao longo das dimensões com o grau de compatibilidade necessário para os propósitos do estudo e com um mínimo de arbitrariedade possível. O Quadro 7-10 daquela seção apresenta a distribuição dos indicadores de acordo com as dimensões da sustentabilidade e os fatores determinantes. Nesta seção, aquela distribuição será utilizada para realizar os cálculos e a análise descritiva dos índices associados às dimensões da sustentabilidade.

7.8.5.1 *Índice de sustentabilidade ambiental*

O índice de sustentabilidade do Brasil relativo à dimensão ambiental é 0,696, sendo *Tratamento de águas residuais* (*F1_11*) o seu indicador mais crítico, cujo resultado ficou um pouco abaixo do que os obtidos pela Argentina e China. O segundo indicador mais crítico foi

Terras aráveis (*F4_23*). Os melhores desempenhos do Brasil ficaram por conta dos indicadores *Emissões e de CO_2 per capita, toneladas métricas de CO_2* (*F5_10*) e *Habilidade para monitorar e reduzir emissões* (*F5_11*) cujo resultado somente foi inferior ao obtido pela China (Tabela 7-44).

Tabela 7-44 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão ambiental

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F3_18: Proteção da biodiversidade e habitat	1,000	0,620	0,801	0,800	0,776	0,705
F4_23: Terras aráveis, hectares *per capita*	0,278	1,000	0,569	0,158	0,708	0,463
F5_10: Emissões de CO_2 *per capita*	0,384	0,651	1,000	0,517	0,219	0,545
F5_11: Habilidade para monitorar e reduzir emissões	0,981	0,410	0,905	1,000	0,928	0,867
F1_11: Tratamento de águas residuais	1,000	0,220	0,205	0,321	0,802	0,936
IS_{amb}	0,729	0,580	0,696	0,559	0,687	0,703

Conforme pode ser observado na Tabela 7-45 e Figura 7-22, testes-*T* nos pares formados pelos países revelaram que não existem diferenças estatísticas significativas nos valores dos índices dessa dimensão. Os valores de *t*, graus de liberdade e nível de significância (*p*) são mostrados na Tabela 7-45. Em todos os casos o $p > 0,05$. Assim, pode-se considerar que os países envolvidos na comparação possuem o mesmo nível de sustentabilidade ambiental da cadeia produtiva, quando considerados os indicadores selecionados pelo presente estudo.

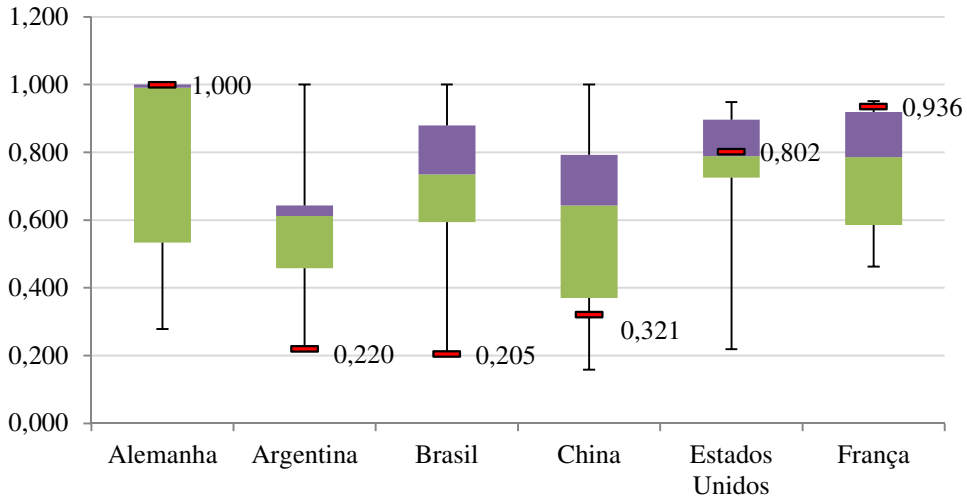


Figura 7-22 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão ambiental

Tabela 7-45 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre países: dimensão ambiental

	Diferenças entre pares					t	
				Intervalo de confiança de 95%			
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(4 graus de liberdade)	Sig. (2-*tailed*)
Alemanha - Argentina	0,148	0,625	0,279	-0,627	0,924	0,531	0,623
Alemanha - Brasil	0,033	0,533	0,238	-0,629	0,694	0,137	0,898
Alemanha - China	0,169	0,312	0,140	-0,218	0,557	1,213	0,292
Alemanha - EUA	0,042	0,272	0,122	-0,295	0,379	0,346	0,747
Alemanha - Franca	0,025	0,201	0,090	-0,224	0,275	0,283	0,791
Argentina - Brasil	-0,116	0,360	0,161	-0,563	0,331	-0,719	0,512
Argentina - China	0,021	0,528	0,236	-0,635	0,677	0,089	0,933
Argentina - EUA	-0,106	0,460	0,206	-0,678	0,465	-0,517	0,632
Argentina - Franca	-0,123	0,488	0,218	-0,729	0,483	-0,564	0,603
Brasil - China	0,137	0,288	0,129	-0,220	0,494	1,063	0,348
Brasil - EUA	0,009	0,497	0,222	-0,607	0,626	0,042	0,968
Brasil - Franca	-0,007	0,437	0,195	-0,550	0,535	-0,037	0,972
China - EUA	-0,127	0,370	0,165	-0,587	0,332	-0,770	0,484
China - Franca	-0,144	0,314	0,141	-0,534	0,246	-1,025	0,363
EUA - Franca	-0,017	0,219	0,098	-0,288	0,255	-0,170	0,874

7.8.5.2 *Índice de sustentabilidade social*

O índice de sustentabilidade relativo à dimensão social do Brasil foi, dentre as três dimensões da sustentabilidade, o que apresentou o melhor resultado (0,833) (Tabela 7-46). Mesmo assim, relativamente aos demais países, esse ainda é um desempenho insatisfatório que somente supera os resultados obtidos pela Argentina. O indicador com o melhor resultado nessa dimensão foi *Produção de bioenergia em relação à produção de energias renováveis* (*F3_5*). Nesse caso, o desempenho do Brasil somente foi inferior ao da China. Esse indicador é classificado na dimensão social devido à capacidade do biodiesel, e dos demais tipos de bioenergia, de possibilitar a expansão do acesso a serviços modernos de energia à sociedade (GBEP, 2011).

Tabela 7-46 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão social

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F1_10: Eficiência em reduzir a mortalidade infantil	1,000	0,919	0,814	0,865	0,976	1,000
F2_3: Salários e produtividade	0,941	0,729	0,862	0,986	1,000	0,889
F3_5: Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)	0,956	0,821	0,953	1,000	0,905	0,915
F4_10: Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho	0,953	0,671	0,759	0,991	1,000	0,806
F6_5: Disponibilidade de cientistas e engenheiros	0,958	0,842	0,779	0,909	1,000	0,945
IS_{soc}	0,962	0,796	0,833	0,950	0,976	0,911

Os indicadores *Efeitos da tributação sobre incentivos ao trabalho* (*F4_10*) e *Disponibilidade de cientistas e engenheiros* (*F6_5*) tiveram desempenho relativamente baixo. O primeiro somente supera o resultado da Argentina, e o segundo é superado pelos resultados dos demais países. O Brasil é o menos eficiente em reduzir a mortalidade infantil (*F1_10*), e no aspecto *Salários e produtividade* (*F2_3*), embora supere a Argentina e França, ainda está aquém dos resultados dos demais países. A partir da comparação entre os índices de sustentabilidade social dos indicadores selecionados para essa dimensão é possível identificar dois grupos distintos em que os índices podem ser considerados significativamente iguais: o primeiro grupo, formado pelo Brasil e a Argentina e o segundo, formado pela Alemanha, China, Estados Unidos e França.

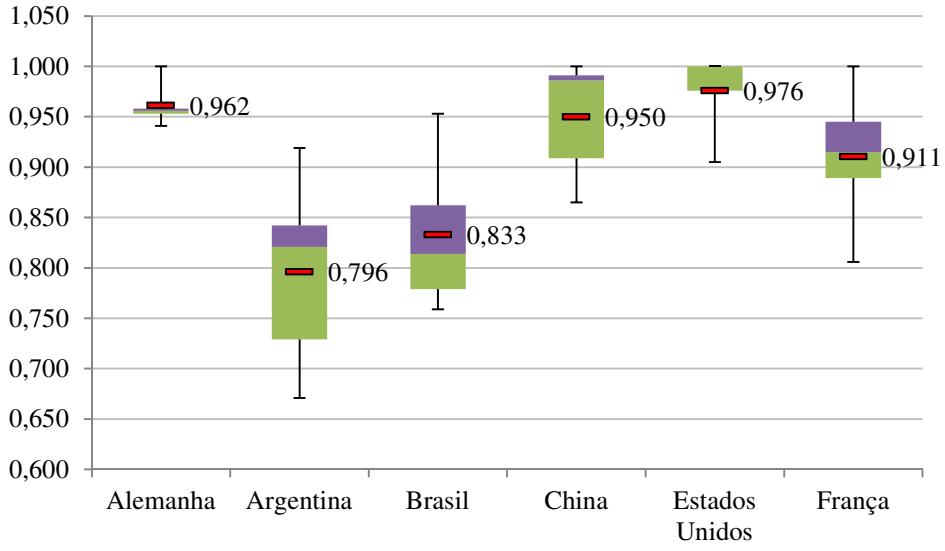


Figura 7-23 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão social

Devido à presença de indicadores com resultados próximos – *Salários e produtividade* (*F2_3*) e *Produção de bioenergia em relação à produção de energias renováveis* (*F3_5*) – os índices

de sustentabilidade social do Brasil e França podem ser considerados estatisticamente iguais, pois, conforme apresentado na Tabela 7-47 para o par formado por esses países, *t(4) = -1,818, p > 0,05*.

Tabela 7-47 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre países: dimensão social

	Diferenças entre pares					t	
				Intervalo de confiança de 95%			
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(4 graus de liberdade)	Sig. (2-*tailed*)
Alemanha - Argentina	0,165	0,081	0,036	0,065	0,266	4,560	0,010
Alemanha - Brasil	0,128	0,084	0,038	0,024	0,233	3,405	0,027
Alemanha - China	0,011	0,080	0,036	-0,088	0,110	0,320	0,765
Alemanha - EUA	-0,015	0,049	0,022	-0,075	0,046	-0,668	0,541
Alemanha - Franca	0,051	0,058	0,026	-0,021	0,122	1,958	0,122
Argentina - Brasil	-0,037	0,113	0,051	-0,177	0,103	-0,733	0,504
Argentina - China	-0,154	0,150	0,067	-0,340	0,032	-2,298	0,083
Argentina - EUA	-0,180	0,118	0,053	-0,326	-0,034	-3,419	0,027
Argentina - Franca	-0,115	0,032	0,014	-0,155	-0,075	-7,941	0,001
Brasil - China	-0,117	0,075	0,034	-0,210	-0,023	-3,467	0,026
Brasil - EUA	-0,143	0,115	0,051	-0,285	0,000	-2,786	0,050
Brasil - Franca	-0,078	0,095	0,043	-0,196	0,041	-1,818	0,143
China - EUA	-0,026	0,081	0,036	-0,127	0,075	-0,714	0,515
China - Franca	0,039	0,125	0,056	-0,116	0,195	0,700	0,522
EUA - Franca	0,065	0,090	0,040	-0,047	0,177	1,620	0,181

7.8.5.3 *Índice de sustentabilidade econômica*

O índice de sustentabilidade do Brasil para a dimensão econômica foi 0,756, índice que em termos absolutos só supera os resultados da Argentina (Tabela 7-48 e Figura 7-24). Dos 35 indicadores associados a essa dimensão cinco foram os principais responsáveis pelo impacto negativo no resultado do índice: *Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento relacionadas ao biodiesel* (*F6_6*), *Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes* (*F6_8*), *Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro* (*F1_7*), *Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel* (*F5_3*) e *Despesas com P&D (% PIB)* (*F3_19*). Os maiores destaques positivos nessa dimensão foram os indicadores *Políticas de custos para a agricultura* (*F3_17*) e *Nível de orientação aos clientes* (*F5_4*).

Tabela 7-48 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão econômica

	Alemanha	Argentina	Brasil	China	Estados Unidos	França
F1_6: Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes	0,956	0,738	0,699	0,379	0,879	0,797
F1_7: Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro	0,953	0,426	0,437	0,855	0,875	1,000
F1_8: Qualidade da infraestrutura de portos	1,000	0,771	0,633	0,867	0,984	0,961
F1_9: Qualidade das estradas	0,969	0,648	0,604	0,826	0,940	1,000
F1_12: Abrangência da cadeia produtiva	1,000	0,737	0,765	0,806	0,936	0,952
F1_15: Nível de dependência energética	0,125	1,000	0,667	0,533	0,348	0,160
F1_16: Indivíduos usando a Internet	1,000	0,798	0,745	0,670	0,982	0,994
F2_2: Capacidade de reter talentos	0,945	0,724	0,840	0,859	1,000	0,772
F2_4: Nível de formação de pessoal	1,000	0,838	0,913	0,908	0,984	0,916
F2_5: Nível de uso de ferramentas de *marketing*	0,973	0,843	0,914	0,846	1,000	0,953
F2_6: Nível de absorção de tecnologias das empresas	0,981	0,814	0,910	0,878	1,000	0,954
F2_10: Cooperação nas relações de trabalho	1,000	0,778	0,887	0,917	0,945	0,796
F3_3: Investimentos das empresas em P&D	1,000	0,671	0,789	0,864	0,992	0,917
F3_6: Transparência do governo na definição de políticas públicas	1,000	0,753	0,850	0,940	0,938	0,921
F3_7: Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos	1,000	0,556	0,834	0,876	0,936	0,934
F3_17: Políticas de custos para a agricultura	0,937	0,774	0,988	1	0,947	0,909
F3_19: Despesa com P&D (% PIB)	1,000	0,358	0,580	0,786	0,988	0,884
F4_1: Natureza da vantagem competitiva	1,000	0,603	0,668	0,769	0,948	0,951
F4_4: Consumo diário de biodiesel	0,901	0,406	0,875	0,216	1,000	0,824
F4_5: Consumo diário de etanol	0,152	0,039	0,591	0,095	1,000	0,118
F4_9: Intensidade da competição local	1,000	0,813	0,919	0,946	0,997	0,970
F4_11: Predomínio de barreiras técnicas ao comércio	0,969	0,688	0,907	0,952	0,973	1,000
F4_13: Tamanho do mercado doméstico	0,910	0,821	0,896	0,986	1,000	0,894
F4_14: Tamanho do mercado do exterior	0,968	0,853	0,885	1,000	0,981	0,929
F4_16: Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir	0,995	0,674	0,760	0,999	1,000	0,778
F5_3: Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel	0,857	0,400	0,545	0,667	1,000	0,222
F5_4: Nível de orientação aos clientes	0,990	0,793	0,937	0,903	1,000	0,938
F5_5: Nível de sofisticação dos compradores	0,980	0,843	0,874	0,981	1,000	0,925
F6_1: Disponibilidade de tecnologias recentes	0,989	0,763	0,880	0,808	1,000	0,977
F6_2: Capacidade para inovar	1,000	0,744	0,834	0,854	0,999	0,926

F6_3: Qualidade das instituições de pesquisa científica	0,986	0,810	0,834	0,839	1,000	0,969
F6_4: Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria	0,969	0,784	0,819	0,869	1,000	0,875
F6_6: Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel	0,222	0,000	0,000	0,222	1,000	0,000
F6_7: Sofisticação do processo produtivo	1,000	0,750	0,834	0,776	0,967	0,931
F6_8: Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes	1,000	0,000	0,353	0,703	0,783	0,216
IS_{Eco}	0,906	0,657	0,756	0,783	0,952	0,808

Alemanha e Estados Unidos são os países que possuem os resultados mais consistentes entre os países da comparação nessa dimensão.

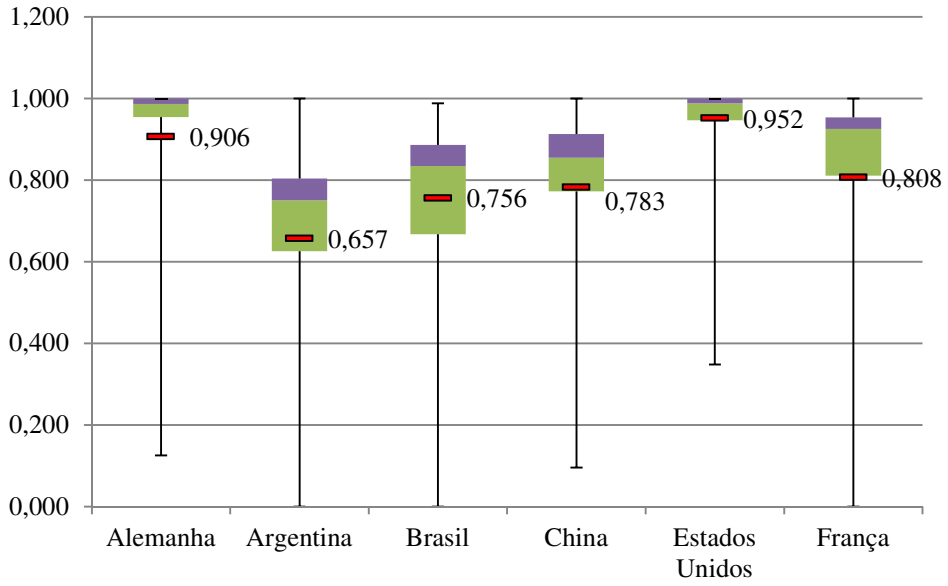


Figura 7-24 Índices de sustentabilidade – indicadores da dimensão econômica

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 7-49 é possível identificar a presença de três grupos distintos em que as médias dos índices de sustentabilidade econômica são estatisticamente diferentes no nível de confiança de 95% ($p > 0,05$): Argentina (isolada), Alemanha e Estados Unidos, e Brasil, China e França.

Tabela 7-49 Diferenças dos índices de sustentabilidade entre países: dimensão econômica

	Diferenças entre pares						
				Intervalo de confiança de 95%		t	
	Média	Desvio padrão	Erro padrão Média	Limite inferior	Limite superior	(34 graus de liberdade)	Sig. (2-*tailed*)
Alemanha - Argentina	0,249	0,264	0,045	0,158	0,340	5,576	0,000
Alemanha - Brasil	0,150	0,217	0,037	0,076	0,225	4,093	0,000

Alemanha - China	0,124	0,180	0,030	0,062	0,185	4,075	0,000
Alemanha - EUA	-0,046	0,205	0,035	-0,116	0,025	-1,317	0,197
Alemanha - Franca	0,099	0,168	0,028	0,041	0,157	3,494	0,001
Argentina - Brasil	-0,099	0,157	0,027	-0,153	-0,045	-3,722	0,001
Argentina - China	-0,125	0,208	0,035	-0,197	-0,054	-3,556	0,001
Argentina - EUA	-0,295	0,280	0,047	-0,391	-0,198	-6,228	0,000
Argentina - Franca	-0,150	0,227	0,038	-0,228	-0,072	-3,903	0,000
Brasil - China	-0,027	0,205	0,035	-0,097	0,044	-0,766	0,449
Brasil - EUA	-0,196	0,207	0,035	-0,267	-0,125	-5,588	0,000
Brasil - Franca	-0,051	0,210	0,035	-0,123	0,021	-1,449	0,156
China - EUA	-0,169	0,236	0,040	-0,250	-0,088	-4,250	0,000
China - Franca	-0,025	0,215	0,036	-0,099	0,049	-0,682	0,500
EUA - Franca	0,145	0,258	0,044	0,056	0,233	3,312	0,002

A **Tabela 7-50** apresenta o padrão de distribuição dos índices por dimensão da sustentabilidade. Em todos os casos, a dimensão social é a que possui indicadores nos maiores níveis e a dimensão ambiental os menores. Os Estados Unidos é o país com resultados situados nos melhores níveis nos três aspectos, enquanto que os resultados da Argentina estão no nível mais baixo em relação aos países selecionados para a comparação.

Tabela 7-50 Índices de sustentabilidade (dimensões da sustentabilidade x países)

	Estados Unidos	Alemanha	França	China	Brasil	Argentina
Índice Total de Sustentabilidade	0,925	0,893	0,807	0,777	0,758	0,664
Social	0,976	0,962	0,911	0,950	0,833	0,796
Econômica	0,952	0,906	0,808	0,783	0,756	0,657
Ambiental	0,687	0,729	0,703	0,559	0,696	0,580

Mais Sustentável

Menos Sustentável

Mais Sustentável

Menos Sustentável

Considerações sobre os resultados aqui apresentados foram incluídas na Seção 7.11 (Propostas de ações para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel).

7.8.5.4 *Conclusão*

Considerando os aspectos ambientais não existem diferenças significativas dos resultados dos índices de sustentabilidade dos países envolvidos na comparação, embora no caso do Brasil,

questões básicas, como tratamento de águas residuais ainda estejam muito abaixo dos patamares alcançados pelos países desenvolvidos selecionados para a comparação. Os indicadores que compõem o índice de sustentabilidade social possuem resultados intermediários. Entretanto, esses resultados são significativamente diferentes daqueles obtidos pelo grupo formado pelos Estados Unidos, China, França, Alemanha. Com relação aos aspectos econômicos, os resultados do Brasil estão estatisticamente próximos daqueles obtidos pela China e França, melhores do que a Argentina, mas significativamente distantes dos resultados obtidos pela Alemanha e Estados Unidos. Considera-se, portanto, que para alcançar maiores níveis de sustentabilidade o Brasil terá que superar aspectos críticos que envolvem tratamento de águas residuais, aumento da eficiência em reduzir a mortalidade infantil, remuneração baseada em produtividade, além de aspectos de infraestrutura e de apoio à pesquisa e desenvolvimento para a inovação. A Tabela 7-51 apresenta um sumário dos resultados dos índices de sustentabilidade do Brasil, com detalhes sobre os índices relativos às dimensões da sustentabilidade. Nela é possível identificar que os aspectos mais críticos da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil estão associados, principalmente, aos indicadores ambientais e econômicos do fator determinante *Integração, Logística e Infraestrutura*. No caso do fator *Tecnologia e Inovação*, o segundo mais crítico, a predominância de aspectos críticos está situada, principalmente, nos resultados dos indicadores econômicos.

Tabela 7-51 Índices de sustentabilidade (fatores determinantes *x* dimensões da sustentabilidade) **–** caso do Brasil

	Social (IS_{soc})	Econômica (IS_{eco})	Ambiental (IS_{amb})	Índices de Sustentabilidade (IS_{Fn})
Articulação e Coordenação (F_2)	0,862	0,893	-	0,887
Condições e Mercado (F_5)	-	0,785	0,953	0,852
Gestão Estratégia e Ambiente Institucional (F_3)	0,953	0,808	0,801	0,828
Qualidade e Sistemas de Monitoramento (F_4)	0,759	0,833	0,619	0,783
Tecnologia e Inovação (F_6)	0,779	0,651	-	0,667
Integração, Logística e Infraestrutura (F_1)	0,814	0,650	0,205	0,619
	0,833	0,759	0,691	*ITS* = 0,758

7.9 Resultados da Etapa IX: Identificação e priorização dos indicadores associados a riscos

Nesta seção os procedimentos descritos na Seção 6.2 serão utilizados para classificar os indicadores e identificar os riscos a eles associados.

7.9.1 Identificação e priorização dos indicadores associados a riscos

A Figura 7-25 foi elaborada a partir da aplicação das equações (6-3) e (6-4) aos resultados dos indicadores selecionados para cada fator determinante. Os resultados obtidos foram mapeados na figura, onde as ordenadas são os valores dos impactos (*i*) e as abcissas correspondem às probabilidades de ocorrência (*p*) relacionadas a cada indicador (ver Capítulo 6). Os resultados da aplicação das equações também possibilitou a elaboração da lista de indicadores priorizados de acordo com os seus índices de vulnerabilidade (*v*).

Os dados da Figura 7-25 estão listados na Tabela 7-52 em que os indicadores estão priorizados de acordo com o índice de vulnerabilidade (*v*) a eles associados. A priorização por meio desse índice mostra o nível de importância do indicador. Assim, os indicadores com maior vulnerabilidade são os que possuem simultaneamente as maiores composições de probabilidades de ocorrência (*p*) e impactos (*i*). É importante mencionar que grande vulnerabilidade não implica, necessariamente, em alto impacto no Índice Total de Sustentabilidade (*ITS*), daí a importância da avaliação dos três parâmetros (*v*, i e *p*) simultaneamente. São os resultados dos parâmetros *i* e *p* que posicionam os indicadores nas regiões específicas da matriz, por isso também são referenciadas as regiões (*R1* a *R4*) correspondentes aos tipos de ação recomendada para os riscos associados aos indicadores.

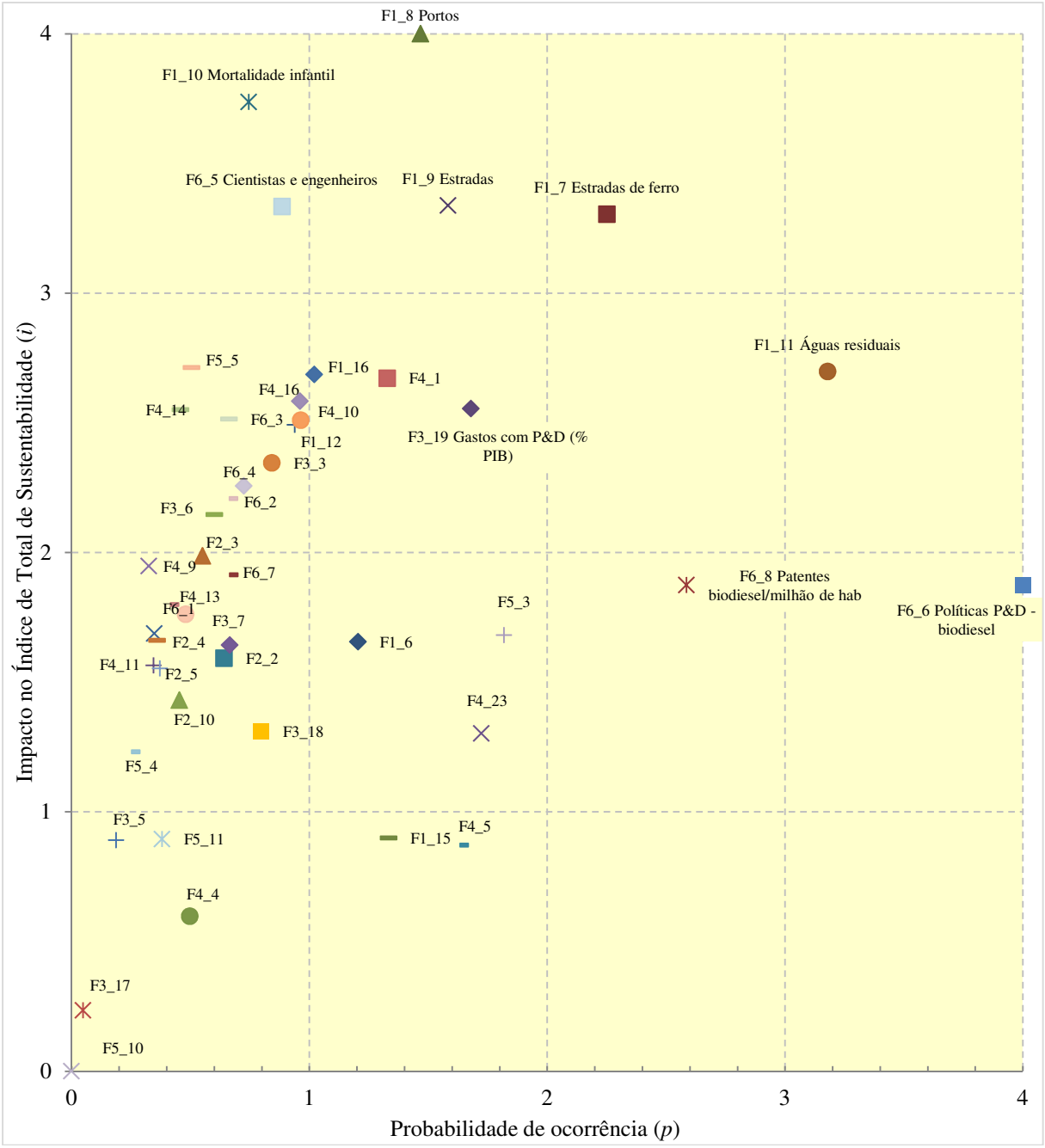


Figura 7-25 Matriz probabilidade de ocorrências (*p*) x Impacto (*i*). **Fonte:** o autor

Os indicadores marcados em vermelho na Tabela 7-52 (que correspondem à região *R1* da Figura 6-1, Seção 6.2) são os que possuem os maiores níveis absolutos de probabilidade de ocorrência e impacto. Para esses indicadores e para os situados na região laranja (região *R2*) e amarela (região *R3*) serão feitas recomendações de ações específicas de acordo com as práticas adotadas pela literatura. Os indicadores da região *R4* (marcados de verde) correspondem a indicadores associados a riscos com baixa probabilidade e baixo impacto sobre os objetivos. Nesse caso, os riscos são tão pequenos em termos relativos que pode ser desnecessário implementar esforços adicionais em relação aos procedimentos de rotina e a

única recomendação para esses casos é que tanto os controles quanto os recursos sejam mantidos nos níveis atuais. A única exceção é o indicador *F5_3* (*Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel*), que devido à proximidade do seu índice de vulnerabilidade será tratado da mesma forma que os indicadores da região *R2*, embora, pelos critérios adotados, ele esteja situado na região *R4*.

Tabela 7-52 Priorização de indicadores associados a riscos

Código	Dimensão	Indicadores	*p*	*i*	*v*	Região da Matriz de Risco
		RISCOS INTOLERÁVEIS				
F6_6	E	Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel	4,00	1,87	4,00	R1
F1_8	E	Qualidade da infraestrutura de portos	1,47	4,00	3,86	R1
F1_11	A	Tratamento de águas residuais	3,18	2,70	3,78	R1
F1_7	E	Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro	2,25	3,30	3,62	R1
F1_10	S	Eficiência em reduzir a mortalidade infantil	0,75	3,74	3,45	R1
F1_9	E	Qualidade das estradas	1,58	3,34	3,35	R1
F6_5	S	Disponibilidade de cientistas e engenheiros	0,89	3,33	3,12	R1
		RISCOS TOLERÁVEIS				
F6_8	E	Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes	2,59	1,87	2,89	R3
F3_19	E	Despesas com P&D (% PIB)	1,68	2,56	2,77	R2
F4_1	E	Natureza da vantagem competitiva	1,33	2,67	2,70	R2
F1_16	E	Indivíduos usando a Internet	1,02	2,69	2,60	R2
F5_5	E	Nível de sofisticação dos compradores	0,50	2,71	2,50	R2
F4_16	E	Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir	0,96	2,58	2,50	R2
F4_10	S	Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho	0,96	2,51	2,43	R2
F1_12	E	Abrangência da cadeia produtiva	0,94	2,49	2,41	R2
F6_3	E	Qualidade das instituições de pesquisa científica	0,66	2,51	2,35	R2
F4_14	E	Tamanho do mercado externo	0,46	2,55	2,35	R2
F3_3	E	Investimentos das empresas em P&D	0,84	2,35	2,26	R2
F5_3	E	Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel	1,82	1,68	2,24	R4
F6_4	E	Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria	0,72	2,26	2,15	R2
F6_2	E	Capacidade para inovar	0,66	2,21	2,09	R2
F3_6	E	Transparência do governo na definição de políticas públicas	0,60	2,15	2,02	R2
		RISCOS ACEITÁVEIS				
F4_23	A	Terras cultiváveis, hectares *per capita*	1,72	1,30	1,96	R4
F2_3	S	Salários e produtividade	0,55	1,99	1,87	R4
F1_6	E	Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes	1,21	1,66	1,85	R4
F6_7	E	Sofisticação do processo produtivo	0,67	1,91	1,84	R4
F4_9	E	Intensidade da competição local	0,32	1,95	1,79	R4
F4_5	E	Consumo diário de etanol	1,63	0,87	1,68	R4
F4_13	E	Tamanho do mercado doméstico	0,42	1,80	1,67	R4

F6_1	E	Disponibilidade de tecnologias recentes	0,48	1,76	1,65	R4
F3_7	E	Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos	0,67	1,64	1,61	R4
F2_4	E	Nível de formação de pessoal	0,35	1,69	1,56	R4
F2_2	E	Capacidade de reter talentos	0,64	1,59	1,55	R4
F2_6	E	Nível de absorção de tecnologias das empresas	0,36	1,66	1,54	R4
F1_15	E	Nível de dependência energética	1,33	0,90	1,46	R4
F2_5	E	Nível de uso de ferramentas de *marketing*	0,35	1,56	1,45	R4
F4_11	E	Predomínio de barreiras técnicas ao comércio	0,37	1,55	1,45	R4
F3_18	A	Proteção da biodiversidade e habitat	0,80	1,31	1,39	R4
F2_10	E	Cooperação nas relações de trabalho	0,45	1,43	1,36	R4
F5_4	E	Nível de orientação aos clientes	0,25	1,23	1,14	R4
F5_11	A	Habilidade para monitorar e reduzir emissões	0,38	0,90	0,88	R4
F3_5	S	Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)	0,19	0,89	0,82	R4
F4_4	E	Consumo diário de biodiesel	0,50	0,60	0,70	R4
F3_17	E	Políticas de custos para a agricultura	0,05	0,23	0,22	R4
F5_10	A	Emissões de CO_2 *per capita*, toneladas métricas de CO_2	0,00	0,00	0,00	R4

p = probabilidade de ocorrência; *i* = impacto; *v* = vulnerabilidade; A = ambiental; S = Social; E = Econômica; *R1* a *R4* correspondem às regiões da matriz de risco apresentada na Figura 6-1, da Seção 6.2.

De uma forma geral, os sete primeiros indicadores apresentados na Tabela 7-52 são mais críticos, de acordo com a medida do índice de vulnerabilidade. Juntos eles respondem por 27,1% do valor dos índices de vulnerabilidade de todos os indicadores. Por esse motivo esses indicadores estão referenciados, de acordo com os critérios adotados, à região R1 (vermelha) associada a riscos intoleráveis. Desses, o que se apresenta mais importante no contexto da cadeia produtiva do biodiesel é o indicador "*Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel*" (*F6_6*), seguido de "*Qualidade da infraestrutura de portos*" (*F1_8*). Esses indicadores pertencem aos dois fatores com menores índices de sustentabilidade: Tecnologia e Inovação, e Integração, Logística e Infraestrutura.

Dentre os indicadores desse grupo, o indicador *Eficiência em reduzir a mortalidade infantil* (*F1_10*) é o que tem o valor mais baixo de probabilidade de ocorrência, mas, ao mesmo tempo, um alto valor de impacto, o que o coloca entre os indicadores mais importantes, com um índice de vulnerabilidade alto (3,45). Esse padrão de valores dos parâmetros *i* e *p* demonstra a importância da comparação com outros países, representada pelo valor do impacto *i* no índice de sustentabilidade. Caso a análise se resumisse unicamente ao estudo da relação dos valores do indicador com os valores dos demais indicadores do Brasil, poderíamos concluir que os resultados estariam dentro de limites aceitáveis, dado o baixo valor relativo do parâmetro *p* (0,75).

A Tabela 7-53 apresenta de forma resumida todos os índices de sustentabilidade relativos ao Brasil, incluindo o *ITS* (0,758), e os índices de vulnerabilidade (*IV*) associados aos fatores determinantes e às dimensões da sustentabilidade. Os *IV* dos fatores e dimensões foram obtidos a partir da aplicação das equações para cálculo dos índices de vulnerabilidade dos indicadores a eles associados, conforme informações apresentadas na Tabela 7-52.

Os índices de vulnerabilidade dos países da comparação são apresentados na Figura 7-26 e foram obtidos a partir da aplicação da equação (6-5) aos resultados das probabilidades de ocorrência e impactos dos países da comparação e, em seguida, padronizados para uma escala entre 0 e 4. De uma forma geral, a vulnerabilidade associada à cadeia produtiva do biodiesel do Brasil (*IV = 2,06*) está num nível intermediário (ver também a Tabela 7-53), se considerarmos a escala de 0 a 4, o que resulta em um nível geral de riscos compatível com a categoria tolerável, embora só seja menor do que o índice da Argentina.

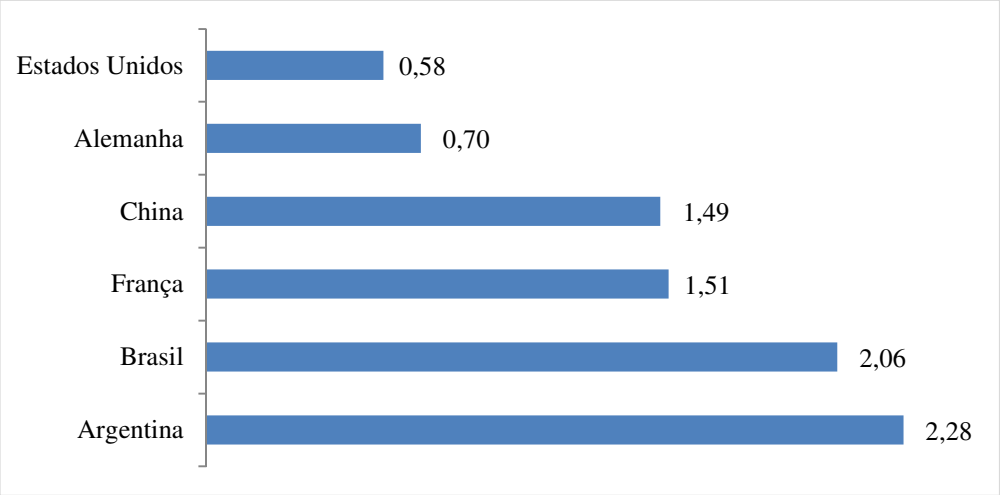


Figura 7-26 Vulnerabilidade dos países selecionados, escala (0-4). Fonte**: o autor**

Por outro lado, a análise da vulnerabilidade dos fatores determinantes demonstra que embora os fatores *F1* e *F6* estejam na faixa de riscos toleráveis, o primeiro (*IV = 2,93*), eles se aproximam bastante da região de riscos intoleráveis. Esse padrão é devido, principalmente, aos índices de vulnerabilidade das dimensões ambiental (3,78) e social (3,45), no caso do fator *F1*, e ao índice de vulnerabilidade da dimensão social (3,12), no caso do fator *F6*. Esses são níveis de vulnerabilidade que situam os riscos associados aos indicadores dessas dimensões na região de riscos intoleráveis. Conforme já mencionado, ambos os fatores possuem baixos níveis de sustentabilidade, quando comparados com os demais países.

Embora o fator *F4* esteja em um nível intermediário de sustentabilidade (quando comparado com os demais países) a sua vulnerabilidade associado à dimensão social (*IV = 2,43*) se situa num nível acima dos valores médios. Um responsável por esse resultado é o indicador *Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho* (*F4_10*). De acordo com o *World Economic Forum* (WEF, 2014a), o índice do Brasil para esse indicador, numa escala de 1 a 7, é 2,52, o que o coloca no 138º lugar no *ranking* mundial de 153 países. Entre os seis países da comparação apresentada pelo presente estudo, os resultados do Brasil para esse indicador só são melhores do que os da Argentina, 147º lugar no *ranking*.

Tabela 7-53 Índices de sustentabilidade, vulnerabilidade dos fatores determinantes e dimensões da sustentabilidade.

Fatores determinantes		Vulnerabilidade (escala 0 a 4)				
		Dimensões				
		Ambiental	Social	Econômica		
	IS [(b)]	0,691	0,833	0,759		*N* [(a)]
Integração, Logística e Infraestrutura (F1)	0,619	3,78	3,45	2,74	2,93	9
Articulação e Coordenação (F2)	0,887	-	1,87	1,49	1,55	6
Gestão Estratégica e Ambiente Institucional (F3)	0,828	1,39	0,82	1,78	1,58	7
Condições de Mercado (F4)	0,783	1,96	2,43	1,86	1,92	10
Qualidade e Sistemas de Monitoramento (F5)	0,852	0,44	-	1,96	1,35	5
Tecnologia e Inovação (F6)	0,667	-	3,12	2,42	2,51	8
Total	0,758	1,60	2,34	2,09	**2,06**	
N		5	5	35		45

(a) *N* = quantidade de indicadores; (b) IS = índice de sustentabilidade.

No resultado geral, a dimensão social é a que possui o maior índice de vulnerabilidade (*IV = 2,34*), embora essa seja a que possui o maior índice de sustentabilidade (*IS = 0,833*). Esse resultado é devido, principalmente, a indicadores associados aos fatores *F1* e *F6*, conforme apresentado na Tabela 7-52 e na Tabela 7-53, que estão situados na região *R1*, associada a riscos intoleráveis, sendo que *Eficiência em reduzir a mortalidade infantil* (*F1_10*) o indicador que possui o maior índice de vulnerabilidade, 3,45, na escala de 0 a 4.

A Figura 7-27, apresenta a correlação entre os níveis de vulnerabilidade dos fatores determinantes (*F1* a *F6*) e seus respectivos índices de sustentabilidade (*IS*), para o caso dos resultados do Brasil. Em geral, a tendência é que a sustentabilidade aumente à medida que a vulnerabilidade diminui (*R = -0,974*). Assim, considerando a configuração apresentada na

Figura 7-27, vemos que os fatores *F1* e *F6* se destacam por possuírem índices de vulnerabilidade superiores a 2,00.

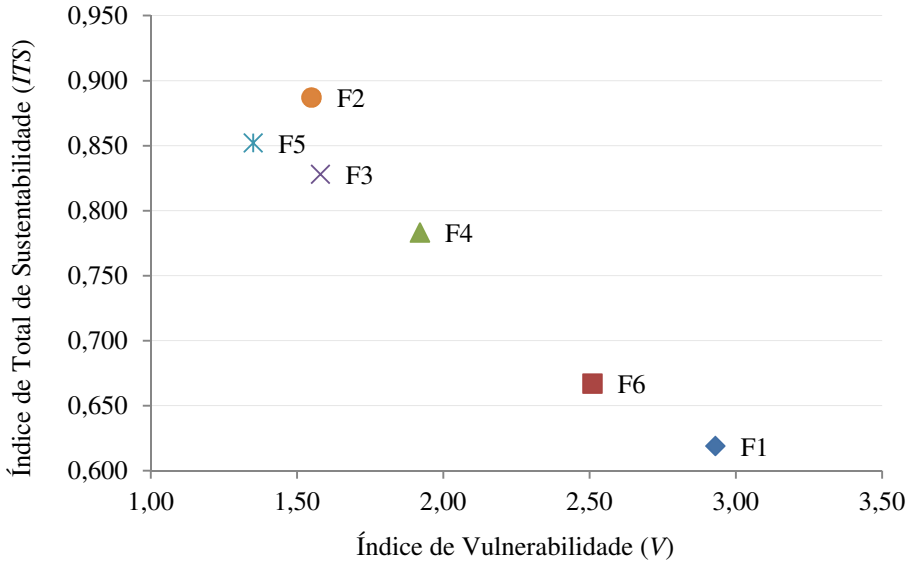


Figura 7-27 Fatores determinantes: Relação entre vulnerabilidade e *ITS* (Brasil)

Os indicadores associados a riscos intoleráveis estão concentrados nos fatores *F1* e *F6* e, juntos, correspondem a 16% de todos os riscos (Figura 7-28). Os indicadores associados a riscos toleráveis estão mais distribuídos (estão presentes em todos os fatores, exceto o fator *F2*) e correspondem a 33% de todos os riscos. Os indicadores associados a riscos aceitáveis representam a maioria dos riscos (51%) e só não estão presentes nos fatores *F1* e *F6*.

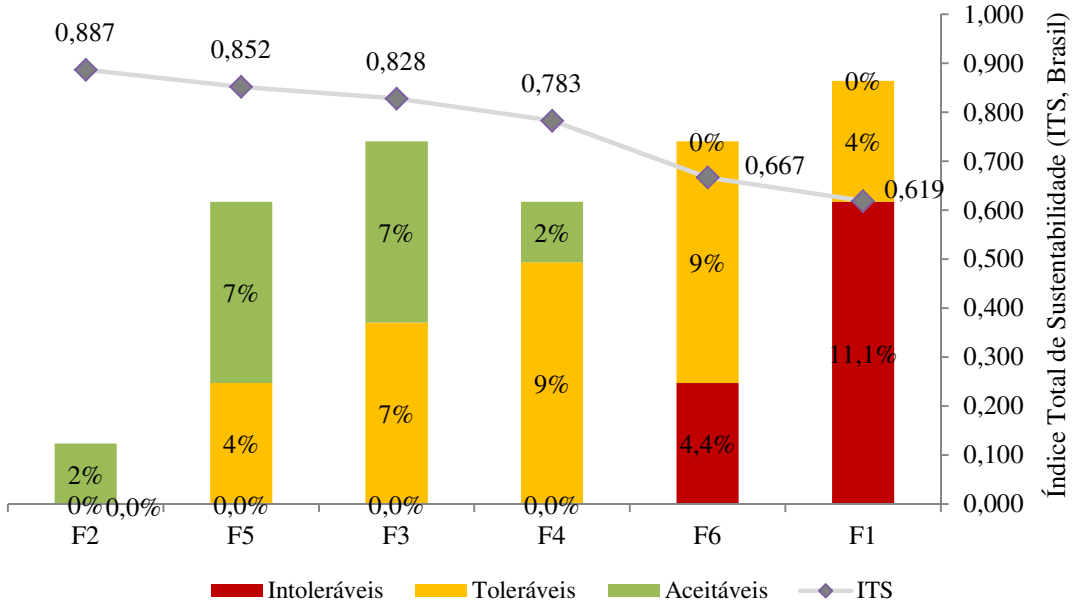


Figura 7-28 Fatores determinantes, proporção de riscos intoleráveis, toleráveis e aceitáveis

7.9.2 Associação dos indicadores aos riscos da cadeia produtiva do biodiesel

Conforme mencionado na Seção 6.3 a associação dos indicadores aos riscos é apoiada na descrição dos mesmos (ver descrição no Apêndice A). Ela será limitada aos riscos intoleráveis e toleráveis, e levará em consideração o contexto da cadeia produtiva do biodiesel. A principal suposição é que a gestão adequada dos riscos reduz as distâncias entre os resultados dos indicadores e os estados de referência adotados, elevando os níveis de sustentabilidade.

A associação dos indicadores aos riscos serve a dois propósitos: definir ações específicas para os riscos (Seção 7.10) e para apresentar recomendações para formulação de políticas para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel (Seção 7.11).

Dessa forma, os riscos apresentados no Quadro 7-11 estão associados aos indicadores com resultados intoleráveis:

Quadro 7-11 Principais riscos associados aos indicadores com resultados intoleráveis

***F6_6* – Políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel**
– Falha na criação do ambiente necessário para produzir inovações sustentáveis
– Falta da criação das condições para interação entre os setores público e privado
– Falha em programar políticas para superar ou mitigar impactos ambientais (Gmünder et al., 2012; Young, 2009)
– Falta de estímulo à introdução de biodiesel no mercado (IFQC, 2003b)
– Perda de oportunidade de promover inclusão social associada à produção de energia limpa (Guilhoto; Cunha, 2012)
– Perda de oportunidade para estimular parcerias institucionais
– Perda de oportunidade para estimular iniciativas voluntárias e regulatórias, e esquemas de certificação (Ismail et al., 2011)
– Perda de oportunidade de obter a participação das partes interessadas por meio de consultas que visem a definição de políticas, metas e objetivos (ISO, 2004a;2004b).
– Falha quanto ao desenvolvimento de novas oleaginosas (Olivério 2006; Amaral 2009; Embrapa 2007; Nunes 2007; Dunn 2005; Ramos 2008)
– Dificuldades para que as empresas estruturem seus processos por meio da adoção de políticas governamentais (ONU, 1992)
– Dificuldades para aumentar a empregabilidade (Khalil, 2006) e o potencial de geração de empregos no campo (BRASIL/MME, 2011)
– Dificuldade de acesso à tecnologia (World Bank, 2013)
F1_11 – Tratamento de águas residuais
– Aumento de casos de mortalidade infantil (EPI, 2014)
– Poluição de fontes naturais de água, com impactos como a proliferação de algas
– Problemas de disfunção do sistema endócrino humano (EPI, 2014)
– Ineficiência na reutilização da água
– Impactos negativos no sistema aquático
– Liberação de componentes orgânicos e inorgânicos como fosfatos e nitratos
– Dificuldades para minimizar o consumo de água (FURLAN, 2007)
– Dificuldades para monitorar e minimizar geração de resíduos (Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Cocco, 2007; Coppead, 2007; Furlan, 2007) Jacobi, 2003)

F1_7, F1_8 e F1_9 – Qualidade da infraestrutura de transporte.
– Falta de integração entre os elos da cadeia produtiva do biodiesel – Qualidade insuficiente da rede de distribuição (Ramaa et al., 2009) – Dificuldades em movimentar cargas e serviços com impacto nas condições de mercado – Dificuldade de mobilidade das pessoas, principalmente para os empregos mais adequados, com impactos nos índices de desemprego. – Aumento do custo de transporte. – Aumento do consumo de combustíveis fósseis – Uso insuficiente de soluções intermodais (Young, 2009) – Dependência do uso do modal rodoviário (Buainain; Batalha, 2007; Coppead, 2007; Young, 2009) – Dificuldades para desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados (OLIVÈRIO, 2006) – Dificuldades para usar tecnologia logística moderna (ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011) – Dificultar o fluxo de materiais, informações e recursos (Frazelle, 2002) – Dificuldades para garantir oferta constante e estável do biodiesel (BRASIL/MAPA, 2007) – Impactar negativamente na capacidade de armazenamento e intensificar os problemas relacionados ao transporte do biodiesel. (BRASIL/MAPA, 2007)
F1_10 – Eficiência em reduzir a mortalidade infantil
– Morte de crianças, principalmente na faixa de 1 a 5 anos.
F6_5 – Disponibilidade de cientistas e engenheiros
– Falta da criação das condições para a geração de conhecimento necessário para a criação de novas tecnologias. – Dificuldades de manter um ambiente de colaboração para a realização das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação. – Falha em manter os meios para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos entre as universidades e a indústria – Dificuldades para desenvolver inovações tecnológicas (OECD, 1996), organizacionais e sociais quando da definição de estratégias relativas à sustentabilidade (Cocco, 2007; Demirbas, 2008; Hall; Matos, 2010; McCormick; Kåberger, 2005)

Da mesma forma, os riscos apresentados no Quadro 7-12 estão associados aos indicadores com resultados toleráveis:

Quadro 7-12 Riscos associados aos indicadores com resultados toleráveis

F6_8 – Patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes
– Falha em estimular e acompanhar o processo de inovação – Aumentar a dependência tecnológica – Falha em proteger a propriedade intelectual e estimular a produção (Cepal, 2011) – Dificuldades para tecnologias sustentáveis para realização das operações (Amaral, 2010; Furlan, 2007) – Dificuldades para desenvolver inovações tecnológicas (OECD, 1996)
F3_19 – Despesas com P&D (% PIB)
– Falta da criação das condições para a geração de conhecimento necessário para a criação de novas tecnologias. – Falha em acompanhar o processo de inovação – Aumentar a dependência tecnológica – Dificuldades para promover a qualidade e produtividade dos recursos humanos (KUPFER, 1994)
F4_1 – Natureza da vantagem competitiva
– Dispor de uma cadeia produtiva em que as empresas se baseiam predominantemente no uso de mão de obra de baixo custo e sem diferenciação (*commodities*) e o uso intensivo dos recursos naturais, ao invés de processos e produtos únicos (WEF, 2014).
F1_16 – Indivíduos usando a Internet
– Dificultar a comunicação (ZHOU, HUANG e ZHANG, 2011) entre os elos da cadeia produtiva do

biodiesel.
– Reduzir a eficiência na colaboração em cadeia (RAMAA et al, 2009)
F5_5 – Nível de sofisticação dos compradores
– Dificultar a negociação entre a organização e os clientes. (KHA, 2000)
– Dificuldades para aumentar a demanda por biodiesel (EIA, 2011)
F4_16 – Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir
– Dificuldade para atrair investimentos
F4_10 – Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho
– Aumento dos custos do trabalho e desemprego.
F1_12 – Abrangência da cadeia produtiva
– Presença insuficiente das empresas e falta de integração das diversas etapas ao longo da cadeia produtiva
F6_3 – Qualidade das instituições de pesquisa científica
– Dificuldades para desenvolver novas capacitações (ASSUMPÇÃO, 2003), incluindo a de gestores dos negócios (SALLEH, 2009)
– Dificuldades para desenvolver sistemas agrícolas alternativos (Achten et al., 2010; Buainain; Batalha, 2007; Lal, 2007)
– Dificuldades para produzir inovações.
F4_14 – Tamanho do mercado externo
– Dificuldades de exportar e redução do valor das exportações de produtos e serviços.
F3_3 – Investimentos das empresas em P&D
– Dificuldades em desenvolver novas oleaginosas (Olivério 2006; Amaral 2009; Embrapa 2007; Nunes 2007; Dunn 2005; Ramos 2008)
– Dificuldades para desenvolver inovações tecnológicas (OECD, 1996)
– Dificuldades para desenvolver a capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado (Antizar-Ladislao; Turrion-Gomez, 2008; Demirbas, 2008; Pradhan et al., 2009)
F5_3 – Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel
– Falha em identificar, ter acesso e avaliar os requisitos legais relacionados aos aspectos ambientais (ISO, 2004b)
– Dificuldade para que as empresas da cadeia produtiva do biodiesel identifiquem e tenham acesso a requisitos legais relacionados aos aspectos de sustentabilidade (ISO, 2004b)
– Dificuldades para manter a habilidade de minimizar emissões e impacto na atmosfera (Furlan, 2007; Young, 2009)
– Dificuldades para implementar de sistemas de monitoramento e fiscalização (ANP, 2012; IFQC, 2003a)
– Dificuldade de aporte de recursos e investimentos na distribuição de biodiesel, laboratórios, pesquisa e produção de matérias-primas e desenvolvimento de coprodutos de valor agregado (PNPB, 2004b).
F6_4 – Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria
– Dificuldade de manter um nível mínimo de colaboração que permita a realização pesquisa e desenvolvimento entre as universidades e a indústria.
– Dificuldades para criação de inovações tecnológicas
F6_2 – Capacidade para inovar
– Redução da capacidade de realizar inovações necessárias ao desenvolvimento das atividades da cadeia.
F3_6 – Transparência do governo na definição de políticas públicas
– Aumento da dificuldade das empresas de disporem das informações necessárias para gerir os seus negócios estrategicamente.

7.10 Resultados Etapa X: Recomendações para tratamento dos riscos

Uma vez que os riscos foram identificados, classificados e priorizados quanto à sua vulnerabilidade, a próxima etapa é classificá-los quanto à sua abrangência, de forma que seja

possível identificar os responsáveis diretos pelo seu tratamento. No presente estudo não serão incorporadas as etapas referentes ao acompanhamento da eficácia das ações, pois essas estão fora do escopo do estudo e devem ser realizadas após a eventual implementação de planos de ação para tratamento dos riscos.

A classificação será feita de acordo com os tipos de riscos: empresariais, estruturais ou sistêmicos, conforme descrito na Seção 6.2. O Quadro 7-13 apresenta os dados gerais contidos na Tabela 7-52 com a inclusão da classificação dos riscos quanto à sua abrangência. A classificação indicada refere-se a: riscos empresariais (*Em*), estruturais (*Es*) e sistêmicos (*S*), conforme definido no Capítulo 6.

Quadro 7-13 Classificação dos riscos intoleráveis e toleráveis de acordo com a sua abrangência

		RISCOS INTOLERÁVEIS	
F6_6	E	Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel	S
F1_8	E	Qualidade da infraestrutura de portos	S
F1_11	A	Tratamento de águas residuais	Em, Es, S
F1_7	E	Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro	S
F1_10	S	Eficiência em reduzir a mortalidade infantil	S
F1_9	E	Qualidade das estradas	S
F6_5	S	Disponibilidade de cientistas e engenheiros	Es, S
		RISCOS TOLERÁVEIS	
F6_8	E	Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes	Em, Es
F3_19	E	Despesas com P&D (% PIB)	S
F4_1	E	Natureza da vantagem competitiva	S
F1_16	E	Indivíduos usando a Internet	Es
F5_5	E	Nível de sofisticação dos compradores	Es
F4_16	E	Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir	S
F4_10	S	Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho	S
F1_12	E	Abrangência da cadeia produtiva	Es, S
F6_3	E	Qualidade das instituições de pesquisa científica	Es, S
F4_14	E	Tamanho do mercado externo	S
F3_3	E	Investimentos das empresas em P&D	Em, Es
F5_3	E	Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel	S
F6_4	E	Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria	Es
F6_2	E	Capacidade para inovar	Em, Es
F3_6	E	Transparência do governo na definição de políticas públicas	S
		RISCOS ACEITÁVEIS	
F4_23	A	Terras cultiváveis, hectares *per capita*	S
F2_3	S	Salários e produtividade	Em
F1_6	E	Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes	Es
F6_7	E	Sofisticação do processo produtivo	Em
F4_9	E	Intensidade da competição local	Es
F4_5	E	Consumo diário de etanol	Es

F4_13	E	Tamanho do mercado doméstico	Es
F6_1	E	Disponibilidade de tecnologias recentes	Em, Es
F3_7	E	Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos	S
F2_4	E	Nível de formação de pessoal	Em, Es
F2_2	E	Capacidade de reter talentos	Em, Es
F2_6	E	Nível de absorção de tecnologias das empresas	Em
F1_15	E	Nível de dependência energética	S
F2_5	E	Nível de uso de ferramentas de *marketing*	Em
F4_11	E	Predomínio de barreiras técnicas ao comércio	S
F3_18	A	Proteção da biodiversidade e habitat	Es, S
F2_10	E	Cooperação nas relações de trabalho	Em, Es
F5_4	E	Nível de orientação aos clientes	Es
F5_11	A	Habilidade para monitorar e reduzir emissões	S
F3_5	S	Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)	Es, S
F4_4	E	Consumo diário de biodiesel	S
F3_17	E	Políticas de custos para a agricultura	S
F5_10	A	Emissões de CO_2 *per capita*, toneladas métricas de CO_2	Es,S

Como pode ser observado no Quadro 7-13, 100% dos casos de riscos intoleráveis podem ser associados a fatores sistêmicos, embora em alguns casos as ações possam ser realizadas no âmbito das empresas, sozinhas, em conjunto com outras empresas, ou em conjunto com Governo. Para os riscos toleráveis o padrão de abrangência e responsabilidades é um pouco diferente e a responsabilidade direta do Governo pode ser atribuída a cerca de 50% dos casos. Situação semelhante ocorre no caso dos riscos aceitáveis em que a responsabilidade direta do Governo está associada a cerca de 40% dos riscos aceitáveis. Esse cenário faz com que o desenvolvimento da cadeia produtiva do biodiesel seja fortemente dependente de fatores estruturais e sistêmicos.

Aparentemente, a dependência pode ser atribuída à ausência de formulação de políticas públicas ou falha de implementação das políticas existentes por parte do Governo, para os aspectos que estão sob o seu domínio de ação. Por outro lado, as ações que dependem diretamente das empresas sozinhas ou em articulação com outros agentes (inclusive o próprio Governo) estão num nível de vulnerabilidade associado a riscos toleráveis e aceitáveis. Isso pode ser uma consequência da capacidade de articulação e coordenação das empresas que fazem parte da cadeia, o que justificaria o índice de sustentabilidade dentro de limites razoáveis do fator *F2* (*Articulação e Coordenação*), cujo resultado foi o mais elevado para o caso do Brasil.

Esses resultados demonstram, por um lado, a necessidade de que o Governo desempenhe seu papel estratégico de prover o ambiente institucional necessário para o desenvolvimento da

cadeia produtiva (atuando nos riscos sistêmicos) e, por outro lado, a necessidade de envolvimento das empresas e demais agentes que as integram. Isso pode ser feito de várias maneiras, mas a gestão de riscos pode ser uma importante ferramenta para o controle efetivo dos riscos que estão sob o domínio e controle das empresas, e do monitoramento da implementação das ações para reduzir os riscos estruturais e sistêmicos que, em geral, estão além do seu controle.

As políticas e ações não devem se limitar aos indicadores aqui apresentados, pois devido à necessidade de estabelecer um referencial comparativo com outros países produtores de biodiesel e à necessidade de dispor de dados completos para todos eles, os indicadores são abrangentes. Os conjuntos de indicadores aqui selecionados podem ser complementados com indicadores específicos e os métodos aqui apresentados podem contribuir para garantir a sua confiabilidade, dimensionalidade e validade de forma que a definição de políticas e ações ocorram de forma sistemática.

Dessa forma, tendo em vista as prescrições de ações apresentadas na Seção 6.2 e pelo referencial teórico adotado (Seção 3.6) e as análises apresentadas na presente seção recomenda-se que os riscos intoleráveis por sua natureza tenham sua fonte de riscos sistematicamente analisadas com vistas à eliminação das causas ou, quando isso não for possível, que o nível de vulnerabilidade e exposição aos riscos sejam reduzidos. Trata-se de riscos com alta probabilidade de ocorrência e alto impacto nos índices de sustentabilidade e na competitividade da cadeia produtiva e, por esse motivo, a formulação de políticas e as ações devem ser realizadas com a maior brevidade possível e devem considerar a disponibilidade de recursos e controles adicionais para a sua implementação.

Devido à sua abrangência, a formulação das políticas e a definição de ações para os riscos aqui apresentados requerem a participação ativa do Governo em articulação com os agentes que fazem parte da cadeia nos seus diversos elos, pois em sua maioria trata-se de riscos sistêmicos em que a atuação do Governo é absolutamente necessária. Por outro lado, a despeito da dependência do Governo, os demais agentes da cadeia produtiva e a sociedade em geral também desempenham um importante papel, principalmente com relação aos riscos empresariais e estruturais. Nesse caso, muitas ações podem estar sob o seu domínio, no que se refere à implementação de ações ou controle e monitoramento de ações desenvolvidas em articulação com outros agentes, incluindo o Governo. Nesse sentido, o Governo pode

desempenhar um importante papel de coordenação dos esforços para a elevação dos níveis de sustentabilidade e competitividade da cadeia produtiva do biodiesel.

Como os indicadores associados a riscos intoleráveis estão fortemente relacionados aos fatores *Integração, Logística e Infraestrutura*, e *Tecnologia e Inovação*, recomenda-se que a atenção principal seja direcionada para esses fatores. Além disso, deve-se considerar a importância estratégica dos aspectos relacionados à logística, integração e às formas de desenvolver a integração da cadeia. Esses aspectos estão associados ao fator *Integração, Logística e Infraestrutura*, que além de ser considerado o mais determinante pelos agentes da cadeia (cientistas, pesquisadores, analistas, produtores e representantes do Governo), é o que apresenta o menor índice de sustentabilidade quando comparado com os índices dos países produtores de biodiesel envolvidos na comparação.

Para os toleráveis, as políticas e ações devem buscar a redução ou contenção dos riscos em função dos recursos disponíveis, considerando o equilíbrio entre os custos e benefícios, e oportunidades e consequências decorrentes da atuação para mitigá-los. As ações para os riscos toleráveis variam, principalmente, em função dos seus impactos e probabilidade de ocorrência. Esses parâmetros, conforme discutido na Seção 6.2, situam os riscos nas regiões *R2* (laranja) – região de probabilidade baixa a média, e impacto médio a alto – ou *R3 (amarela)* – região de probabilidade média a alta, e impacto médio a baixo – (ver Figura 6-1). No primeiro caso, devem ser estabelecidos planos de contingência para tratamento de ameaças e a necessidade de dispor de mais recursos deve ser avaliada. No segundo caso, os recursos existentes devem ser mantidos, mas os riscos devem ser permanentemente monitorados; o aporte de novos recursos deve ser seguido de análises de custo e benefícios para o seu tratamento.

Em geral, as ações para tratamento dos riscos toleráveis estão sob o domínio das empresas ou dessas em articulação com outros agentes da cadeia e o Governo. Conforme mencionado anteriormente, a capacidade de articulação e coordenação dos agentes da cadeia é um aspecto importante com impactos positivos para a sustentabilidade da cadeia e pode contribuir fortemente para a implementação de ações para mitigação de riscos toleráveis. Também nesses casos a metodologia aqui apresentada pode contribuir para a identificação de riscos específicos ao contexto da cadeia produtiva brasileira e formas de atuação efetivas, considerando a necessidade de que indicadores confiáveis e associados a fatores determinantes para a sustentabilidade sejam sistematicamente identificados.

No âmbito das empresas atuantes na cadeia produtiva do biodiesel atenção especial deve ser direcionada aos aspectos relacionados a salário e produtividade, sofisticação do processo produtivo (por meio da absorção de novas tecnologias e sistemas de gestão, por exemplo), aumento do nível de formação do pessoal, entre outros apresentados no Quadro 7-13.

7.11 Propostas de ações para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel

7.11.1 Introdução

Para produzir maiores volumes de produção de biodiesel o país precisa elevar os seus níveis de sustentabilidade e competitividade a patamares no mínimo compatíveis com os maiores produtores desse biocombustível. Para isso um ambiente institucional propício para a realização das operações na cadeia deve ser fomentado pelo Governo em articulação com os agentes da cadeia. A tecnologia e inovação devem ser promovidas de forma a melhorar continuamente a sofisticação dos processos ao longo de toda a cadeia, as condições do mercado e os sistemas de monitoramento para a manutenção de níveis mínimos de qualidade e produtividade. A adequação da infraestrutura e logística da cadeia é um aspecto que demanda atuação urgente e disponibilização de novos recursos para que seja possível atingir maiores níveis de integração, sustentabilidade e competitividade. Em adição às recomendações apresentadas na seção anterior, sugere-se que as diretrizes a seguir, relativas aos fatores determinantes, sejam consideradas quando da formulação de políticas para a produção, distribuição e uso do biodiesel.

7.11.2 Desenvolver a integração, logística e infraestrutura

Considerando fator *Integração, Logística e Infraestrutura*, os resultados do Brasil encontram-se, em termos relativos, no mesmo nível de sustentabilidade de países como a China e Argentina, mas ainda distantes dos países em estágio mais avançado de desenvolvimento. As maiores distâncias do Brasil em relação aos estados de referência e, portanto, responsáveis pelo menor índice de sustentabilidade entre todos os fatores, estão associadas a questões básicas de infraestrutura como tratamento de águas, infraestrutura de portos e estradas, e ineficiência para reduzir a mortalidade infantil.

A manutenção de uma infraestrutura básica é essencial para a integração dos elementos que constituem a cadeia produtiva do biodiesel. A logística da cadeia deve ser desenvolvida, principalmente pelo uso de soluções intermodais, afim de que haja um fluxo adequado de informações, produtos, serviços, materiais e que as pessoas tenham a mobilidade necessária para conseguir realizar suas atividades nos empregos mais adequados. Entre os três indicadores relacionados à qualidade da infraestrutura de transportes, a infraestrutura de portos é o que possui a maior distância em relação aos países da comparação, sendo, portanto, o que mais impacta no índice de sustentabilidade do país. Situação semelhante ocorre com o indicador relacionado à qualidade da infraestrutura de estradas de ferro e das rodovias. Nesse contexto, o aumento do nível de integração das instalações produtoras de biodiesel se apresenta como uma solução, conforme delineado por um estudo desenvolvido pela Coppead a pedido do próprio Governo (Coppead, 2007).

A abrangência da cadeia produtiva deve aumentar na extensão necessária, de forma que os seus elos, desde a produção da matéria-prima e do biodiesel até a sua distribuição possam ser cada vez mais integrados. Esses aspectos se não forem devidamente tratados podem impactar nos custos de transporte, no nível de empregos, além de dificultarem a garantia de oferta constante e estável do biodiesel, devido aos impactos na capacidade de armazenamento e transporte. Eles também impactam na eficiência da colaboração em cadeia, diminuindo a capacidade dos agentes da cadeia produtiva de compartilhar informações. Em geral um dos indicadores usados para medir essa capacidade é o percentual de indivíduos usando a Internet. Esse indicador tem sido usado devido ao poder transformador da *Internet* no que diz respeito aos aspectos econômicos, sociais, políticos e culturais. Entre os países da comparação, o Brasil, com 55,80% dos indivíduos usando a *Internet*, só supera a China, enquanto a Alemanha possui o melhor desempenho entre os países (84,00%).

Entre os aspectos relacionados à infraestrutura, a falta de tratamento adequado de águas residuais produz efeitos intolerantes como o aumento de casos de mortalidade infantil, a poluição de fontes naturais e impactos negativos no sistema aquático, devido à liberação de componentes orgânicos e inorgânicos. Cerca de 70% das mortes de crianças entre o primeiro e o quinto dia de nascimento ocorre devido a fatores ambientais, incluindo poluição e falta de acesso à água potável. No Brasil, em 2012, 42.000 crianças morreram nessa situação.

7.11.3 Promover a capacidade de articulação e coordenação

Foi no fator *Articulação e Coordenação* que o Brasil alcançou o melhor índice de sustentabilidade, o que aproximou seu desempenho aos da China e França, mas ainda o mantém distante da Alemanha e Estados Unidos. Embora ainda tímidos, os índices revelaram um razoável nível de uso de ferramentas de *marketing*, absorção de tecnologias e de formação de pessoal. A capacidade de reter talentos do Brasil é superior à da França e Argentina e está no mesmo nível que a China, mas o nível de cooperação nas relações de trabalho das empresas brasileiras somente supera o das empresas da Argentina e França.

A cadeia produtiva não é só constituída por máquinas, equipamentos e infraestrutura física. Ela requer pessoas, os agentes da cadeia, operando sua estrutura com articulação e coordenação para, de forma organizada e pelo uso de tecnologias e procedimentos, transformar trabalho e capital em produtos e serviços. Nesse sentido, o desenvolvimento das habilidades e capacidade dos agentes da cadeia, e a motivação das pessoas com orientação para metas desempenham um papel essencial nos processos de articulação e coordenação da cadeia e, portanto, na sua sustentabilidade e competitividade, com impactos nos demais fatores determinantes. O fator *Articulação e Coordenação* é o que apresenta o melhor índice de sustentabilidade; todos os indicadores a ele associados estão situados na região de riscos aceitáveis. Tecnicamente, o tratamento a ser dado para os riscos a ele associados devem ser mantidos, sem esforço adicional, pois, em geral, seus impactos na sustentabilidade da cadeia e seus níveis de probabilidade de ocorrência são relativamente baixos. Por outro lado, atenção especial deve ser dada à disponibilidade de mão de obra específica para a realização dos processos relacionados à pesquisa e desenvolvimento. Embora o indicador associado a esse aspecto não esteja relacionado no fator *Articulação e Coordenação* ele está, como será visto adiante, associado ao fator *Tecnologia e Inovação* que foi o segundo indicador com menor nível de sustentabilidade, depois de *Integração, Logística e Infraestrutura.*

7.11.4 Promover o ambiente institucional favorável à formulação e desenvolvimento de estratégias para cadeia

No fator *Gestão Estratégica e Ambiente Institucional* o destaque fica para os resultados relativos à produção de bioenergia em relação à produção total de energias renováveis, e políticas de custos para a agricultura, cujos resultados só foram inferiores aos da China. Os principais problemas nesse fator são os baixos níveis de investimentos em P&D das empresas

e as despesas em P&D em relação ao PIB. Nesses aspectos, em relação aos países da comparação, o desempenho do Brasil só supera o da Argentina.

As estratégias governamentais devem se apoiar e buscar atingir o princípio fundamental: tornar a cadeia produtiva do biodiesel cada vez mais sustentável e competitiva, capaz de produzir e distribuir energia limpa, promover inclusão social, mitigar impactos ambientais e ser economicamente viável. As políticas devem incentivar a criação ou adoção de tecnologias recentes, sistemas agrícolas e novas matérias-primas de acordo com as condições e recursos disponíveis no país e, quando essas condições não existirem formular políticas e investir na sua criação.

O desenvolvimento da cadeia produtiva é, conforme mencionado, altamente dependente de aspectos sistêmicos e estruturais. Esse cenário requer que o Governo, em articulação com os agentes da cadeia produtiva, assuma plenamente o seu papel de formulador das políticas públicas associadas ao desenvolvimento sustentável da cadeia, incluindo as políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel. A definição dessas políticas deve acontecer de maneira transparente em sintonia com os setores envolvidos, considerando o papel de articulação e regulação do Governo. Nesse sentido, as empresas e demais agentes da cadeia, incluindo instituições de pesquisa e a indústria em geral, devem promover a estruturação dos seus processos considerando o seu alinhamento com as políticas e estratégias definidas pelo ambiente institucional coordenado pelas instituições governamentais. Se por um lado, o Governo deve considerar o aumento das despesas com P&D em relação ao PIB, por outro, cabe às empresas investir em P&D e, em articulação com as universidades buscar um maior nível de colaboração em P&D, de formar a aumentar a sua capacidade de inovar. Esses aspectos têm impacto no desenvolvimento do fator tecnologia e inovação que será discutido adiante. Entre os países da comparação, o Brasil é um dos que possui os melhores resultados para o indicador políticas de custos para a agricultura. Esse é um ponto forte que deve ser continuado, embora ainda exista a necessidade de investimento em educação e novas tecnologias para consolidar o desenvolvimento socioeconômico da agricultura familiar brasileira, conforme resultados de uma pesquisa elaborada pelo Ipea (IPEA, 2011).

7.11.5 Desenvolver as condições de mercado

Em termos de resultados dos indicadores associados ao fator *Condições de Mercado*, o Brasil apresenta desempenho compatível com a França e China, superior ao da Argentina, mas inferior ao da Alemanha e Estados Unidos. Destaca-se o nível de competição local e a habilidade do mercado brasileiro em não limitar a habilidade de produtos importados competirem no mercado interno. O Brasil está entre os maiores consumidores de biocombustíveis, sendo o terceiro em consumo de biodiesel e o segundo em etanol. Embora o Brasil possua um país extenso, a sua proporção de terras aráveis *per capita* é menor do que a da Argentina e dos Estados Unidos e um pouco maior do que a da França. A proporção de terras aráveis é um fator importante para o nível de produção agrícola e pode flutuar de acordo com fatores climáticos e humanos.

Para ser sustentável a cadeia produtiva deve ser capaz de produzir e distribuir biodiesel a preços competitivos com a qualidade e a quantidade demandada pelos usuários do biocombustível. Para isso as operações da cadeia devem ocorrer num nível aceitável de estabilidade que ofereçam condições para a manutenção da sua competitividade. Os níveis de produção e consumo devem ser adequados às condições de oferta e demanda para que seja possível garantir de preços estáveis e competitivos. Em relação aos países da comparação, o Brasil possui um amplo mercado doméstico, em níveis próximos aos da Alemanha e França, com um nível razoável de competição local, mas ainda distante dos mercados da China e dos Estados Unidos. Os efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho e para investir são um entrave que precisa ser equacionado. Nesses aspectos, entre os países da comparação, os resultados dos indicadores do Brasil só são pouco melhores do que os da Argentina.

7.11.6 Promover a qualidade e o desenvolvimento de sistemas de monitoramento

O Brasil possui o melhor índice de sustentabilidade do fator *Qualidade e Sistemas de Monitoramento* entre os países da comparação, sendo o nível de emissões *per capita,* o nível de orientação aos clientes e a habilidade para monitorar e reduzir emissões os principais responsáveis por esse desempenho. Embora o país possua uma quantidade razoável de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel, ainda está aquém do nível de países como a Alemanha e Estados Unidos.

7.11.7 Investir em tecnologia e inovação

Depois de *Integração, Logística e Infraestrutura*, *Tecnologia e Inovação* é o fator com o menor índice de sustentabilidade, somente superando o índice da Argentina, menor entre os países da comparação. O pior desempenho foi no indicador sobre políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel em que não só o Brasil como os demais países, exceto os Estados Unidos, essas políticas são praticamente inexistentes, de acordo com dados da IEA (IEA/IRENA, 2014). O número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes também é um fator que impactou negativamente no resultado brasileiro para esse índice. Aspectos como capacidade para inovar, qualidade das instituições de pesquisa e sofisticação do processo produtivo tiveram resultados apenas mediano e, em geral, abaixo dos demais países, exceto a Argentina.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo envolveu várias etapas que incluíram a sua motivação, justificativas, objetivos, caracterização, delimitação e metodologia. Um capítulo especial (Cap. 2) foi dedicado à apresentação de uma ampla descrição dos aspectos gerais sobre o biodiesel e sua cadeia produtiva, incluindo características, estrutura, mercado interno e externo, e políticas para a produção sustentável do biodiesel. Em outro capítulo (Cap. 3) a fundamentação teórica apoiada nos temas gerais sobre cadeias produtivas, desenvolvimento sustentável, fatores críticos de sucesso, método PCI e gestão de riscos foram apresentados. A combinação dos elementos descritos nos dois capítulos, juntamente com a consulta a especialistas, e a experiência do autor e suas orientadoras foram essenciais para a adaptação dos métodos e procedimentos disponíveis, e para a criação de novos métodos especialmente formatados para o contexto delimitado pelo estudo.

Nas seções a seguir, as conclusões e recomendações decorrentes do estudo serão apresentadas por meio da análise das hipóteses orientadoras, descritas na Seção 1.2 deste documento, uma vez que essas estão intrinsicamente associadas às questões da pesquisa.

8.1 Análise das hipóteses orientadoras, principais resultados

8.1.1 Análise da Hipótese 1

> **Hipótese 1:** *existe um conjunto específico e característico de fatores que são determinantes para sustentabilidade de biodiesel no Brasil.*

Os resultados do estudo permitiram identificar a existência de seis fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel, listados a seguir conforme a ordenação de importância decorrente da percepção de especialistas ligados à cadeia produtiva do biodiesel: a) *Integração, Logística e Infraestrutura*; b) *Articulação e Coordenação*; c) *Gestão Estratégica e Ambiente Institucional*; d) *Condições de Mercado*; e) *Qualidade e Sistemas de Monitoramento*; e f) *Tecnologia e Inovação*.

Um questionário estruturado – formado por 24 variáveis obtidas da associação de 93 aspectos preliminares identificados na literatura, a partir de entrevistas com especialistas e em bases de dados reconhecidas – foi o principal instrumento para obter a percepção de especialistas sobre

o nível de determinância dos aspectos abordados pelas variáveis. Esses resultados serviram de base para a aplicação da análise fatorial, técnica de análise multivariada de dados que permite a agregação de variáveis em um conjunto reduzido e representativo dos aspectos preliminares. A análise fatorial possibilitou a obtenção de fatores com níveis de confiabilidade, dimensionalidade e validade compatíveis com as recomendações da literatura.

O padrão de cargas fatoriais, entre outras informações, foi um parâmetro importante para determinar e rotular os fatores encontrados. A validade do padrão de cargas pôde ser comprovada por meio da obtenção de um padrão similar após a aplicação de dois métodos diferentes de rotação de fatores, sendo um ortogonal e outro oblíquo. Níveis de confiabilidade acima do recomendável pela literatura comprovaram a consistência interna do conjunto de fatores obtidos.

Para fins de interpretação, os fatores podem ser usados para resumir, explicar e representar o conjunto original de aspectos preliminares e variáveis observadas, podendo substituí-los em análises subsequentes, com o grau de confiabilidade compatível com os critérios estabelecidos pela literatura. Uma característica importante dos fatores é que, como decorrência do uso da técnica de análise fatorial, eles são minimamente correlacionados entre si, enquanto as variáveis que os compõem possuem o máximo de correlação possível de ser obtida por meio da técnica de análise fatorial.

Dos seis fatores encontrados, *Integração, Logística e Infraestrutura* foi considerado o mais determinante de acordo com as respostas dos especialistas consultados, pois foi o que apresentou o padrão de cargas fatoriais mais forte na composição de variáveis. Os resultados demonstraram a importância de desenvolver a logística e infraestrutura da cadeia produtiva do biodiesel, bem como a necessidade de promover a integração dos seus elos. A dependência do modal rodoviário e a baixa qualidade da infraestrutura de transporte são aspectos que reduzem a competitividade da cadeia e a sua capacidade de movimentar cargas, materiais e pessoas.

Uma discussão detalhada dos demais fatores foi apresentada ao longo do estudo, incluindo uma representação gráfica dos graus de determinância associados aos seis fatores (Figura 7-4) e um modelo conceitual representativo da interligação dos fatores determinantes (Figura 7-5, reproduzida abaixo) com os objetivos gerais da cadeia produtiva.

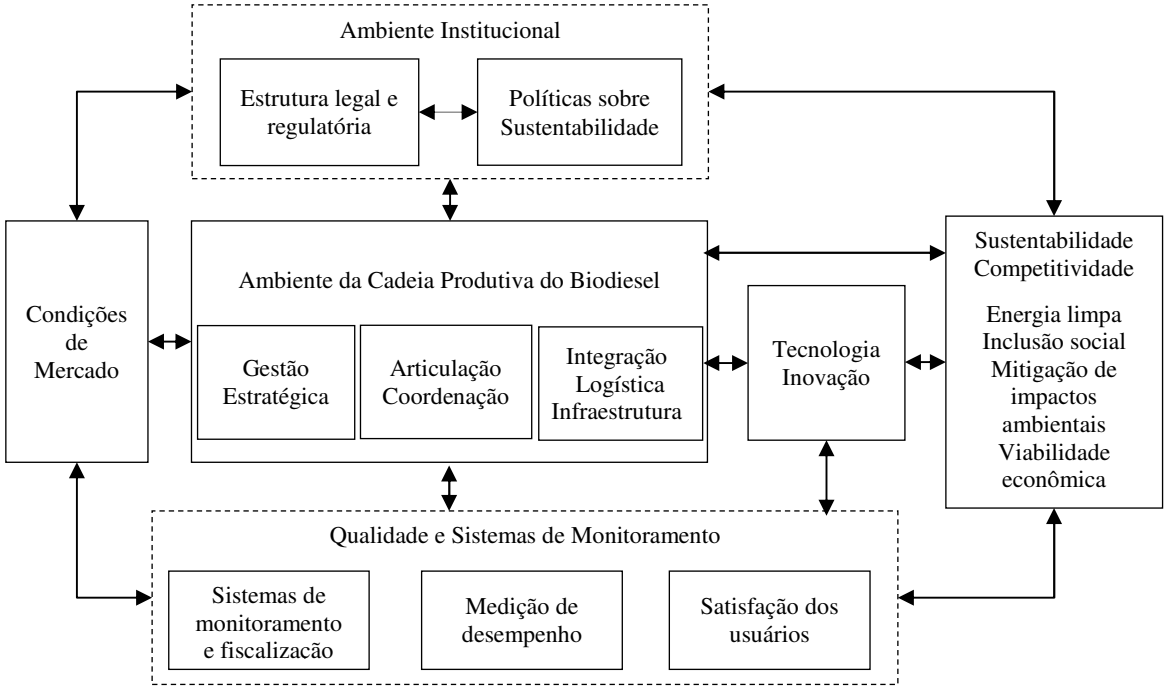


Figura 8-1 Modelo representativo da relação entre os fatores determinantes. **Fonte:** o autor.

8.1.2 Análise da Hipótese 2

> **Hipótese 2:** *a partir dos fatores determinantes é possível identificar, princípios, critérios e indicadores para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.*

O uso de uma versão adaptada do método PCI permitiu definir uma estrutura hierárquica em que critérios associados a um princípio fundamental funcionam como norteadores para a seleção de indicadores preliminares ligados aos fatores determinantes. Assim, foi definido o princípio fundamental de que a cadeia produtiva do biodiesel deve ser sustentável e competitiva, isto é, deve produzir e distribuir energia limpa, promover inclusão social, mitigar impactos ambientais e ser economicamente viável.

Ligados ao princípio fundamental foram criados seis critérios, um para cada fator determinante, que funcionaram como princípios de segunda ordem por lhes acrescentar sentido. Em seguida, tendo em vista os critérios, foram selecionados 89 indicadores de bases de dados de reconhecimento internacional com resultados completos de seis países, incluindo o Brasil, que fizeram parte de uma comparação, conforme será descrito adiante.

Os indicadores preliminares foram submetidos a testes estatísticos para garantir a sua consistência interna (confiabilidade), dimensionalidade e capacidade de representar os

conceitos envolvidos pelos fatores determinantes (validade de conceitual). Ao fim desta etapa restaram 45 indicadores: 9 para o fator *Integração, Logística e Infraestrutura*; 6 para *Articulação e Coordenação*; 7 para *Gestão Estratégica e Ambiente Institucional*; 10 para *Condições de Mercado*; 5 para *Qualidade e Sistemas de Monitoramento*; e 8 para *Tecnologia e Inovação*.

O sistema formado pelos 45 indicadores selecionados foi, então, comparado com o sistema do *Global Bioenergy Partnership (GBEP)*, um conjunto de 24 indicadores associados à produção e distribuição de bioenergia. A análise qualitativa da referência cruzada dos dois sistemas demonstrou a compatibilidade de ambos os conjuntos, com a vantagem de que o sistema descrito pelo presente estudo possui um número maior de indicadores, com dados completos para todos os países envolvidos na comparação. Ressalta-se que embora o *GBEP* tenha conseguido chegar à descrição de um conjunto de indicadores, ele não tinha como objetivo apresentar indicadores com resultados. Nesse sentido, o presente estudo apresenta uma contribuição importante, pois todos os fatores determinantes estão associados a um conjunto de indicadores que permitem estabelecer uma base de comparação entre países e, dessa forma, medir a sustentabilidade por meio da comparação dos resultados por um método apropriado.

A comparação com o *GBEP* permitiu, adicionalmente, que os indicadores do sistema apresentado pelo presente estudo, fossem alocados de acordo com as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica). Esse procedimento reduziu o grau de arbitrariedade da associação entre os indicadores e as dimensões da sustentabilidade, pois a distribuição do *GBEP* se baseia numa alocação elaborada por especialistas de renome da área de produção de bioenergia.

Considera-se que os procedimentos adotados para a etapa de seleção dos indicadores representa uma contribuição para a área de bioenergia e outras áreas em que seja necessário medir características ou fatores associados a um dado contexto, pois apresenta um conjunto de procedimentos ordenados sistematicamente com o objetivo de obter um sistema de medição confiável e fortemente associado aos conceitos representados pelas características ou fatores que se pretende medir.

Em resumo, os indicadores obtidos por meio do método descrito pelo presente estudo apresentam vantagens, dentre as quais se destacam:

- Estão apoiados em princípios e critérios associados aos seis fatores determinantes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel;
- Possuem alta confiabilidade, avaliada pelo nível de consistência interna medido pelo coeficiente *Alpha de Cronbach* e dimensionalidade, o que caracteriza o grau de associação dos conjuntos formados;
- Possuem alto nível de correlações entre os indicadores que compõem cada fator, medidos pelo nível de significância das correlações inter-items de cada par de indicadores;
- Possuem alto nível de correlação item-total, medidos por meio da avaliação das correlações entre um dado indicador e os demais indicadores de um dado conjunto associado a um fator determinante;
- São compatíveis com sistemas de medição de abrangência internacional;
- Abrangem todas as dimensões da sustentabilidade; e
- São baseados em dados completos, obtidos de bases de dados internacionalmente reconhecidas, para todos os indicadores e países selecionados para a comparação.

8.1.3 Análise da Hipótese 3

> **Hipótese 3**: *a partir de indicadores associados aos fatores determinantes e às dimensões da sustentabilidade é possível medir o nível de sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel do Brasil em relação ao nível de sustentabilidade da cadeia de outros países produtores de biodiesel.*

Índices de sustentabilidade totais, em relação aos fatores determinantes e em relação às dimensões da sustentabilidade foram calculados a partir dos indicadores selecionados para os seis países da comparação e padronizados para uma escala de 0 a 1. A medição dos índices de sustentabilidade foi possível devido à formulação de um modelo exclusivo desenvolvido para atender às necessidades do estudo, considerando o contexto da cadeia produtiva do biodiesel. O modelo usa os conceitos de similaridade e distância para medir índices de sustentabilidade. Embora outras formas de medição de distância estejam disponíveis na literatura, optou-se pela distância de Canberra, devido ao seu alto poder de discriminação e capacidade de lidar com indicadores com diferentes unidades (ver Capítulo 5). Considera-se que o modelo representa uma importante contribuição para a avaliação da sustentabilidade, pois possibilita estabelecer uma base comum de comparação de indicadores com várias unidades e, além disso, permite estabelecer *rankings* de países ou aglomerados de países, em função dos seus índices de

sustentabilidade. O modelo desenvolvido permite ainda calcular índices de acordo com as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) ou qualquer outra configuração de agrupamento de indicadores. Isso pode ser feito a partir da aplicação de uma equação geral (5-16) que permite calcular índices de sustentabilidade para qualquer subgrupo (dimensões) formado a partir de um conjunto inicial de indicadores. Essa característica pode funcionar como um poderoso instrumento de análise, pois permite compreender quais grupos de indicadores devem ser priorizados.

O modelo é apenas uma parte da metodologia geral aqui apresentada em que a etapa da seleção dos indicadores, descrita na Seção 4.7, é essencial para a obtenção de indicadores e resultados confiáveis e representativos dos conceitos representados pelos aspectos que são objeto da avaliação. O modelo pode ser usado em diversos níveis: para avaliar a sustentabilidade desde processos a atividades de setores produtivos em diversos contextos. Sugere-se que trabalhos futuros apliquem o modelo em outras situações de forma a aprimorá-lo continuamente.

Os resultados gerais (índice total de sustentabilidade, ITS) indicaram que o Brasil encontra-se no mesmo nível de sustentabilidade estatisticamente igual ao China e da França, superior ao da Argentina e abaixo da Alemanha e Estados Unidos, conforme resultados apresentados na Figura 7-8 e na Figura 7-9.

Em termos de resultados dos índices de sustentabilidade para os fatores determinantes a aplicação do modelo indicou que os menores índices do Brasil estão associados aos fatores *Integração, Logística e Infraestrutura*, e *Tecnologia e Inovação* (ver Tabela 7-43), seguidos de *Condições de Mercado*, *Gestão Estratégica e Ambiente Institucional*, e *Articulação e Coordenação*. A ordenação geral, considerando os seis países da comparação, indicam que o fator *Condições de Mercado* é o mais crítico e, a exemplo dos resultados do Brasil, o fator *Articulação e Coordenação* foi identificado como o menos crítico.

A comparação entre os resultados dos índices de sustentabilidade e de determinância (Figura 7-21) demonstraram a importância do fator *Integração, Logística e Infraestrutura*, pois ao mesmo tempo em que ele é o mais determinante, é também o que possui o menor índice de sustentabilidade. Esse cenário indica a necessidade de ações específicas para a superação dos problemas para que seja possível alcançar maiores níveis de sustentabilidade na cadeia.

Com relação às dimensões da sustentabilidade, tanto no Brasil como nos demais países, a dimensão ambiental é a mais crítica, seguida das dimensões econômica e social. No caso do Brasil, a dimensão social foi a que apresentou os melhores índices de sustentabilidade, embora em comparação com os demais países o seu resultado só seja melhor do que o da Argentina.

8.1.4 Análise da Hipótese 4

> **Hipótese 4:** *a partir do uso de indicadores relacionados aos fatores determinantes é possível categorizar e avaliar os riscos que podem influenciar a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.*

Para categorizar os riscos que podem influenciar a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel foi proposto um método que envolve a análise simultânea da probabilidade de ocorrência dos riscos e o seu impacto no índice total de sustentabilidade (Capítulo 6). A abordagem introduzida pelo estudo utiliza os conjuntos de indicadores associados aos fatores determinantes para, por meio de comparações com resultados de outros países e utilização de distâncias de Canberra, mapear os riscos envolvidos na cadeia produtiva do biodiesel no Brasil. Assim, probabilidades de ocorrência (p) foram medidas pela relação entre as distâncias dos indicadores com a soma das distâncias dos demais indicadores do país e o impacto (i) (no nível de sustentabilidade) foi medido a partir da relação entre as mesmas distâncias dos indicadores e as somas das distâncias (dos mesmos indicadores) dos demais países da comparação. Equações específicas foram desenvolvidas para calcular os parâmetros p e i e para calcular a vulnerabilidade da cadeia em função dos mesmos parâmetros, conforme descrição apresentada na Seção 6.2. Os resultados foram mapeados em um gráfico especialmente elaborado para os propósitos do estudo, o que permitiu identificar ações específicas e responsabilidades de acordo com categorias predeterminadas de riscos.

8.1.5 Análise da Hipótese 5

> **Hipótese 5:** *a análise dos riscos associados aos fatores determinantes possibilita identificar ações específicas e formular diretrizes para a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.*

Os resultados permitiram identificar sete indicadores associados a riscos intoleráveis (15,6% dos indicadores), 15 associados a riscos toleráveis (33,3%) e 23 associados a riscos aceitáveis (51,1%). O indicador o maior índice de vulnerabilidade foi *Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel,* seguido de indicadores relacionados à infraestrutura, logística, com destaque para o indicador *Qualidade da infraestrutura de portos* e *Tratamento de águas residuais*. Todos os indicadores intoleráveis apresentaram níveis de vulnerabilidade acima de três e muito próximos do valor máximo da escala padronizada no intervalo de 0 a 4.

Em comparação com outros países, a cadeia produtiva do biodiesel no Brasil possui um nível de vulnerabilidade (*IV = 2,06*) que só é menor do que o da Argentina (ver Figura 7-26). Em relação aos fatores determinantes, *Integração, Logística e Infraestrutura*, e *Tecnologia e Inovação* são os que possuem os maiores índices de vulnerabilidade. Pela perspectiva das dimensões da sustentabilidade, a dimensão social é a que possui o maior índice de vulnerabilidade, principalmente no que diz respeito aos indicadores relacionados ao fator *Integração, Logística e Infraestrutura.* Nesse caso, os indicadores *Tratamento de águas residuais* e *Eficiência em reduzir a mortalidade infantil* são os que mais impactam nos resultados da dimensão social.

8.1.6 Propostas de ações para mitigação dos riscos e definição de políticas

A partir da análise dos resultados foi possível concluir que para alcançar os maiores níveis de produção e distribuição sustentável de biodiesel o Brasil terá que tomar as medidas necessárias para a mitigação dos riscos, principalmente com relação aos riscos intoleráveis. Essas medidas envolvem a formulação de políticas específicas para a cadeia, tomada de ações imediatas e de médio e longo prazo, e disponibilização de recursos para a concretização das medidas.

Tomando como base as recomendações apresentadas pela literatura, foram definidas ações para tratamento dos riscos em função das suas consequências e impactos. Assim, para os riscos intoleráveis recomenda-se a disponibilização de recursos e controles adicionais, e a análise sistemática das fontes de riscos com vistas à eliminação das causas ou a redução da vulnerabilidade e exposição aos riscos, com a maior brevidade possível. Esses riscos, por sua natureza, são em geral sistêmicos e dependem fortemente da ação governamental. Como o fator *Integração, Logística e Infraestrutura* foi o que apresentou o maior índice de

vulnerabilidade é o candidato preferencial para a tomada de ações desse porte. Para os riscos toleráveis, as ações devem buscar a redução e contenção, em função dos recursos disponíveis, oportunidades e consequências deles decorrentes. Diferente dos riscos intoleráveis, em geral as ações para mitigação dos toleráveis estão na esfera de ação das empresas que podem agir em articulação com outros agentes da cadeia, incluindo o Governo. Elas envolvem: aspectos relacionados a salário e produtividade, sofisticação do processo produtivo (por meio da absorção de novas tecnologias e sistemas de gestão, por exemplo), aumento do nível de formação do pessoal, entre outros apresentados no Quadro 7-13. Para os riscos aceitáveis, conforme previsto na literatura, devido ao seu baixo índice de vulnerabilidade, foi considerado que nenhuma ação adicional é necessária.

O estudo apresentou recomendações de ações orientadoras para a formulação de políticas para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel com base nos resultados associados aos fatores determinantes. Essas recomendações envolvem: a) desenvolver a integração, logística e infraestrutura da cadeia; b) promover a capacidade de articulação e coordenação dos agentes da cadeia nos níveis nacionais, regionais e internacionais; c) promover o ambiente institucional favorável à formulação e desenvolvimento de estratégias para a cadeia; d) desenvolver as condições de mercado; promover a qualidade e o desenvolvimento de sistemas de monitoramento da cadeia; e e) investir em tecnologia e inovação.

8.2 Limitações da pesquisa

O estudo apresentou limitações decorrentes do próprio uso da técnica de análise fatorial, uma vez que é possível obter várias soluções, dependendo do método de extração e de rotação adotados, dos níveis de ajuste e confiabilidade requeridos, entre outros aspectos. Essa limitação exigiu do pesquisador atenção e conhecimento dos aspectos envolvidos pelas variáveis para, a partir da análise das cargas fatoriais e do atendimento aos critérios, principalmente, os relativos à adequação da amostra, obter um conjunto representativo dos aspectos do estudo.

Uma característica do método adotado para a seleção dos indicadores é que ele pode ser aplicado a cadeias produtivas do biodiesel de qualquer país, pois os indicadores são comuns e estão disponíveis em bases de dados de livre acesso. Essa vantagem representa, ao mesmo tempo, uma limitação, pois alguns indicadores específicos de um determinado país (que não

estejam disponíveis nas bases de dados) não podem ser comparados com os indicadores de outros países. Dessa forma, recomenda-se que trabalhos futuros busquem estruturar bases de dados específicas, mas que, ao mesmo tempo, permitam estabelecer referências para comparação e, portanto, para a medição confiável dos níveis de sustentabilidade e vulnerabilidade.

8.3 Recomendações e sugestões para trabalhos futuros

Considera-se que os resultados aqui apresentados são significativos, uma vez que na etapa de identificação dos fatores foi consultado um grupo seleto de especialistas com conhecimento do tema, além de terem sido seguidos rigorosos critérios recomendados pela literatura disponível. Por outro lado, recomenda-se que pesquisas futuras apliquem o questionário a um número maior de respondentes para que, dessa forma, seja possível obter uma quantidade maior de dados. Para aumentar ainda mais a confiabilidade dos resultados, a metodologia pode ser complementada com uma etapa em que especialistas possam opinar, por meio de grupos de discussões, por exemplo.

Um estudo interessante pode ser a replicação da metodologia com o objetivo de validar ou confirmar o padrão de cargas fatoriais e a estrutura de fatores, bem como verificar a estabilidade da estrutura aqui descrita.

Recomenda-se que a metodologia proposta seja repetida ao longo do tempo, na cadeia produtiva ou em outros setores industriais. Dessa forma, seria possível perceber a evolução dos indicadores e seus impactos nos índices de sustentabilidade e vulnerabilidade, servindo, inclusive, como um mecanismo para identificar inovações que ocorram na cadeia ou nos setores analisados.

Recomenda-se que pesquisas futuras desenvolvam estruturas de indicadores mais específicos, mas que, ao mesmo tempo, sejam comuns às cadeias estudadas. Nesse caso, os indicadores podem ser complementados, desde que os critérios de confiabilidade, dimensionalidade e validade sejam plenamente atendidos e que seja possível estabelecer uma base de comparação, sem a qual as medições podem ser inviabilizadas.

A metodologia aqui apresentada poderia ser aplicada aos elos específicos da cadeia para que, dessa forma, seja possível analisar índices de sustentabilidade e vulnerabilidade nas etapas de

produção de matéria-prima, produção do biodiesel, distribuição e na disponibilização aos usuários.

Outro estudo possível pode ser aplicação da metodologia aos fatores determinantes isoladamente. Dessa forma, seria possível aprofundar a medição, análise, identificação de melhorias e de fontes de inovação nos aspectos considerados pelos fatores.

Tendo em vista que a medição da sustentabilidade é um desafio em vários segmentos da atividade humana, a metodologia proposta pode ser aplicada a outros setores industriais, permitindo a análise de resultados que possibilitem a comparação nos setores.

A metodologia pode, com as adaptações necessárias, ser incorporada às práticas de gestão tecnológica como uma forma de medir a sustentabilidade de processos físico-químicos e outros processos industriais e, dessa forma, funcionar como um mecanismos para introdução de inovações, seja nos produtos ou nos próprios processos.

Embora a metodologia tenha sido formatada para a medição da sustentabilidade, ela pode ser adaptada e aplicada para medir outras características como, por exemplo, a competitividade de empresas ou setores industriais.

Trabalhos futuros poderão considerar as propostas do presente estudo para avaliar formas de implementar políticas para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel. Esses trabalhos poderão envolver especialistas e agentes da cadeia, em articulação com autoridades governamentais.

REFERÊNCIAS

ABDI, H.; WILLIAMS, L. J. Principal Component Analysis. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics,** v. 2, p. 47, 2010.

ABNT/ISO. **ISO 31000:2009 - Gestão de risco - Princípios e diretrizes**. Rio de Janeiro: ISO. ISO 31000:2009**:** 24 p. 2009.

ACHTEN, W. M. J. et al. Life cycle assessment of Jatropha biodiesel as transportation fuel in rural India. **Applied Energy,** v. 87, n. 12, p. 3652-3660, 2010.

AGROLINK. BSBIOS exporta mais 8 mil toneladas de biodiesel para Europa. **Agrolink**, 2013. Disponível em: < http://www.agrolink.com.br/noticias/bsbios-exporta-mais-8-mil-toneladas-de-biodiesel-para-europa_175200.html >. Acesso em: 15/08/2013

AMARAL, D. F. Panorama do mercado de extração de óleos. I Simpósio Tecnológico PBIO de Extração de Óleos Vegetais, 2009. Rio de Janeiro. Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (Abiove)

_____. Biofuels: global situation, concerns and the future. Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (Abiove), 2010. Rio de Janeiro. Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (Abiove)

ANP. **RESOLUÇÃO ANP Nº 7, DE 19/03/2008 - DOU 20/03/2008**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, G. N. E. B. A. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). RESOLUÇÃO ANP Nº 7 2008.

_____. A ANP e o biodiesel. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP),** v. 2011, n. 01/02/2011, 2011a. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/?pg=40787&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1297889864816 >. Acesso em: 05/06/2011

_____. A evolução dos biocombustíveis no Brasil. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)**, n. 14/05/2011, 2011b. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/?pg=49886&m=biodiesel&t1=&t2=biodiesel&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1305482502738 >. Acesso em: 12/05/2011

_____. Glossário. Biodiesel. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)**, n. 16/02/2011, 2011c. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/?id=582 >. Acesso em: 05/06/2011

_____. VI Seminário de Avaliação do Mercado de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis. In: ANP, VI Seminário de Avaliação do Mercado de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis, 2011d. Rio de Janeiro. 2011:Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 15/02/2011.

_____. **O programa de monitoramento da qualidade dos combustíveis - PMQC**. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (Brasil), 2012. 50 ISBN 978-85-88286-14-6.

_____. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2013**. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Rio de Janeiro. 2013, Disponível em: < http://www.anp.gov.br/?pg=66833#Se__o_4 >. Acesso em: 17/07/2014

_____. **Boletim mensal do biodiesel - Junho 2014**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Rio de Janeiro, p.13. 2014, Disponível em: < http://www.anp.gov.br/?pg=71251&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1405689891407 >. Acesso em: 17/07/2014

ANTIZAR-LADISLAO, B.; TURRION-GOMEZ, J. L. Second-generation biofuels and local bioenergy systems. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining,** v. 2, n. 5, p. 455-469, 2008.

ARANDA, D. Biocombustível: mais democrático e sustentável do que o petróleo. **Informativo da INSOL Intertrading do Brasil**, n. 15, 2007. Disponível em: < http://www.insoja.com.br/novo/informativo15/entrevista.php >. Acesso em: 02/03/2011

_____. Biorefinaria a partir do biodiesel. Workshop: Inovação e Sustentabilidade na Indústria Química Brasileira, 2009a. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

_____. **Do biodiesel à biorrefinaria**. Biodieselbr. Curitiba/PR**:** 18 p. 2009b.

_____. **Vendas por quotas: sistema fortalece biodiesel na Argentina**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 18 p. 2011.

ARAÚJO, R. M. **Controle de qualidade de biodiesel**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). PRODUTOS, S. D. Q. D. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) 2005.

ASSUMPÇÃO, M. R. P. Reflexão para a gestão tecnológica em cadeias de suprimento. **Gestão & Produção,** v. 10, n. n.3, p. 345-361, 2003.

ATABANI, A. E. et al. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews,** v. 16, n. 4, p. 2070-2093, 2012.

AZIZ, A. K. A.; ZAILANI, S. **A conceptual paper on determinants and outcomes of supply chain agility**. International Conference on Computer Communication and Management. CSIT. Singapura: IACSIT Press. 5**:** 456-460 p. 2011.

BALDINI, M. et al. Toxicity of Jatropha curcas L. as a biofuel crop and options for management. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources,** v. 7, 2012.

BATALHA, M. O. Sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas. In: ATLAS (Ed.). **Gestão Agroindustrial**. São Paulo, 1997. cap. 1, p.23-48.

BBOP. **Business and Biodiversity Offsets Programme - Glossary**. Washington: 2012. 51 ISBN 978-1-932928-52-5.

BENDEICH, M. **Australia imposes dumping duty on U.S. biodiesel**. Reuters. Sidney, Austrália: Reuters 2011.

BIODIESELBR. As microalgas podem constituir a fonte ideal para os biocombustíveis do futuro. **Biodieselbr**, 2008a. Disponível em: < http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/microalgas-constituir-fonte-ideal-biocombustiveis-futuro-27-10-08.htm >. Acesso em: 16/05/2011

_____. Biocombustíveis preparam sua segunda geração. **Biodieselbr**, 2008b. Disponível em: < http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/biocombustiveis-segunda-geracao-23-04-08.htm >. Acesso em: 16/05/2011

_____. Matérias-primas para o biodiesel. **Biodieselbr**, 2011. Disponível em: < http://www.biodieselbr.com/plantas/oleaginosas.htm >. Acesso em: 16/05/2011

BOARD, E. B. **The EU biodiesel industry**. European Biodiesel Board. Bruxelas, Belgium. 2009, Disponível em: < http://www.ebb-eu.org/stats.php >. Acesso em: 14/05/2011

BORSCHIVER, S. **Análise técnica, econômica e de tendências da indústria de aditivos para alimentos no Brasil**. 1997. 151 (Master). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro.

BOYTON, A. C.; ZMUD, R. W. An assessment of critical success factors. **Sloan Management Review,** v. v. 25, p. 17-27, 1984.

BRANDI, H. S. **ISO/PC 248 - Sustainability Criteria for Bioenergy – for facilitating trade of sustainable bioenergy**. ISO/PC 248; Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Rio de Janeiro. 2012, Disponível em: < http://www.abnt.org.br/imagens/Apresentacoes/WorkshopSustentabilidadeABNT/14%20e%2015_08_2012_ISO_PC248_DIN_Sustainability%20criteria%20for%20bionergy.pdf >. Acesso em: 20/02/2014

BRANDI, H. S. et al. The use of the Canberra metrics to aggregate metrics to sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, p. 1-10, 2013.

BRANDI, H. S. et al. Standardization: an important tool in transforming biofuels into a commodity. **Clean Technologies and Environmental Policy,** v. 13, n. 5, p. 3, 2011.

BRANDI, H. S.; SIKDAR, S. K. How to quantify sustainability in construction and manufacturing, and the need for standards. NIST-ASCE-ASME Sustainability Workshop, 2014. Rockville, MD. NIST-ASCE-ASME, June 12-13, 2014.

BRASIL/MAPA. Cadeia produtiva da agroenergia. **Agronegócios,** v. v.3, p. 112, 2007. ISSN 978-85-99851-13-5. Disponível em: < http://www.iica.org.br/Docs/CadeiasProdutivas/Cadeia%20Produtiva%20da%20Agroenergia.pdf >. Acesso em: 02/04/2011

BRUINSMA, J. **World agriculture: towards 2015/2030 an FAO perspective**: Information Division - Food and Agriculture Administration (FAO). London: Earthscan Publication Ltd**:** 444 p. 2011.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva da agroenergia**. Brasilia: IICA: MAPA/SPA; 112p, 2007. ISBN 978-85-99851-13-5.

CAMERON, I. T.; RAMAN, R. Process Systems Risk Management. In: (Ed.). Amsterdam, Holanda: Elsevier, v.6, 2005. p.631. (Process Systems Engineering). ISBN 0-12-156932-2.

CAPES. **Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)** 2014.

CARELLI, G. **O Brasil pode crescer em ritmo chinês sem agredir o meio ambiente?** VEJA: Ed. Abril. Especial Sustentabilidade**:** 28-33 p. 2010.

CARRIQUIRY, M. A. et al. **Second-generation biofuels**. The World Bank, p.57p. 2010, Disponível em: < http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2010/08/30/000158349_20100830090558/Rendered/PDF/WPS5406.pdf >. Acesso em: 17/05/2011

CASTRO, A. M. G. et al. **Cadeia produtiva: marco conceitual para apoiar a prospecção tecnológica**. Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. Salvador**:** 14p p. 2002.

CEPAL. **Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo**. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). Santiago, Chile, p.43p. 2011, Disponível em: < http://www.eclac.org/ddpe/agenda/2/42932/PatentesBiocombustiblesDialogoPol.pdf >. Acesso em: 06/06/2011

CHEN, I. J.; PAULRAJ, A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. **Journal of Operations Management,** v. 22, n. 2, p. 119-150, 2004.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice-Hall - Pearson Education do Brasil, 2010. 536p. ISBN 8576058367.

COCCO, D. Comparative study on energy sustainability of biofuel production chains. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy,** v. 221, n. 5, p. 637-645, 2007.

CONAB. **Biodiesel - Conjuntura mensal**. Companhia Nacional de AbastecimentoAbril/2011, p.5p. 2011, Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_04_25_16_00_02_conjunturabiodieselabril2011..pdf >. Acesso em: 27/05/2011

COPPEAD. **Planejamento estratégico tecnológico e logístico para o Programa Nacional de Biodiesel**. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP)Nov/2007. 2007, Disponível em: Acesso em: 01/06/2011

COSTA, R. **Quebra-cabeça da distribuição**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 36-40 p. 2008.

COVRIG, C.; BOSCH-GUAL, L. Assessing European biodiesel markets and capacities. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining,** v. 4, n. 6, p. 590-593, 2010.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika,** v. 16, n. 3, p. 38, 1951.

DELGADO, J. J. S. **Desenvolvimento sustentável e a indústria química brasileira: análise das posturas empresariais e proposta de desdobramento das suas estratégias**. 2007. 212 (Doutorado). COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DEMIRBAS, A. **Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines**. London: Springer-Verlag London Limited, 2008. 208 ISBN 978-1-84628-994-1.

DOE/EERE. Biodiesel production. **Energy Effiiciency & Renewale Energy. Alternative & Advanced Fuels**, 2010. Disponível em: < http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/biodiesel_production.html >. Acesso em: 14/05/2011

DUARTE, A. **Pensando no futuro**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 26-29 p. 2010.

DUNN, R. O. Other alternative diesel fuels. In: KNOTHE, G. G., J. V.; KRAHL, J. (Ed.). **The Biodiesel Handbook**. Champaign: AOCS Press, 2005. cap. 10, p.232-286.

ECONOMIST, T. **Biofuels: Off into the wild, green yonder**. The Economist: The Economist 2011.

EIA. **Biodiesel production capacity and production, 2008 through december 2009**. EIA, p.1p. 2010a, Disponível em: < http://www.eia.gov/cneaf/solar.renewables/page/biodiesel/table1.pdf >. Acesso em: 27/05/2011

_____. What is energy? **Energy Information Administration (EIA)**, 2010b. Disponível em: < http://www.eia.doe.gov/energyexplained/index.cfm?page=about_home >. Acesso em: 15/02/2011

_____. **Annual Energy Outlook with projections to 2035**. Energy Information Administration (EIA). Washington, DC: Abr, p.246. 2011a, (DOE/EIA-0383(2011)) ISBN DOE/EIA-0383(2011), Disponível em: < http://www.eia.doe.gov/forecasts/aeo/index.cfm >. Acesso em: 14/05/2011

_____. Biodiesel and the environment. **Energy Information Administration (EIA)**, 2011b. Disponível em: < http://www.eia.doe.gov/energyexplained/index.cfm?page=biofuel_biodiesel_environment >. Acesso em: 14/05/2011

_____. How dependent are we on foreign oil? **Energy Information Administration (EIA)**, 2011c. Disponível em: < http://www.eia.doe.gov/energy_in_brief/foreign_oil_dependence.cfm >. Acesso em: 14/05/2011

_____. International Energy Statistics. U.S. Energy Information Administration, United States, Banco de dados, Disponível em: < http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=79&pid=81&aid=1&cid=regions,&syid=2007&eyid=2011&unit=TBPD >, Acesso em: 21/06/2014

EMBRAPA-SOJA. A soja. **EMBRAPA,** v. 2011, 2011. Disponível em: < http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16 >. Acesso em: 03/06/2011

EMBRAPA. Cultivo de canola. **Sistemas de Produção,** v. 3, n. Nov/2007, 2007. ISSN 1809-2985. Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br >. Acesso em: 18/06/2011

EPI. World Annual Biodiesel Production, 1991-2012. **Earth Policy Institute (EPI)**, Disponível em: < http://www.earth-policy.org/datacenter/xls/book_pb4_ch4-5_34.xls >, Acesso em: 01/12/2013

EPI/YALE. Environmental Performance Index (EPI). Connecticut, United States, Banco de dados, Disponível em: < http://www.epi.yale.edu/epi/data-explorer >, Acesso em: 20/06/2014

EU. **Directive 2009/28/EC**. Official Journal of the European Union. EUROPEAN UNION: Official Journal of the European Union**:** European Union p. 2009.

FAO. Agri-Environmental Indicators. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Disponível em: < http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/E/*/E >, Acesso em: 03/06/2014

FGV/UBRABIO. **O biodiesel e sua contribuição para a economia brasileira**. Brasilia: 2010a.

_____. **O biodiesel e sua contribuição para a economia brasileira**. (FGV), U. B. D. B. U. E. F. G. V. Brasilia: União Brasileira do Biodiesel (UBRABIO) e Fundação Getúlio Vargas (FGV)**:** 36 p. 2010b.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. 2.London: SAGE Publications Ltd, 2005. 816 ISBN 10 0-7619-4451-6.

FOWLER, F. J. **Survey Research Method**. 3a.Beverly Hills: SAGE Publications Inc., 1984. 159p. ISBN 0-8039-2347-3.

FRAZELLE, E. **Supply chain strategy: the logistics of supply chain management**. McGraw-Hill, 2002. 357p.

FREITAS, H. et al. **O método de pesquisa survey**. Revista de Administração. São Paulo. v.35**:** 105-112 p. 2000.

FREITAS, R. C. **Releilões de biodiesel**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 24-27 p. 2009.

FROUFE, C. **Governo quer exportar biodiesel produzido a partir da soja**. O Estado de São Paulo. São Paulo: Agência Estado 2009.

FURLAN, L. T. Opportunities and challenges: innovation in renewable energies in Brazil. In: APRESENTAÇÃO, OECD, 2007. Berlin. OECD, 21/09/2007.

G. JURMAN, S. R., R. VISINTAINER, C. FURLANELLO. Canberra Distance on Ranked Lists. In: S. AGRAWAL, C. B., K. CRAMMER, Advances in Ranking NIPS 09 Workshop 2009. Canada.

GALIASSI, R. S.; SCUR, G. **Estudo da cadeia do biodiesel em países desenvolvidos**. Centro Universitário da FEI. São Bernardo do Campo, p.73p. 2008, Disponível em: Acesso em:

GBEP. **The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: 2011, p.223. 2011, Disponível em: < http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/The_GBEP_Sustainability_Indicators_for_Bioenergy_FINAL.pdf >. Acesso em: 10/10/2013

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5a. ed.São Paulo: Atlas, 1999. 205p.

GMÜNDER, S. et al. Environmental impacts of Jatropha curcas biodiesel in India. **Journal of Biomedicine and Biotechnology,** v. 2012, 2012.

GNOTHE, G.; GERPEN, J. V. Biodiesel production: basics of the transesterification reaction. In: (Ed.). **The Biodiesel Handbook**. Champaign: AOCS Press, 2005. cap. 4, p.34-49.

GOLD, S.; SEURING, S. Supply chain and logistics issues of bio-energy production. **Journal of Cleaner Production,** v. 19, n. 1, p. 32-42, 2011.

GOLLO, S. S. et al. Configuração da cadeia produtiva do biodiesel, a partir da matéria-prima soja, no Rio Grande do Sul. **CERAGRO**, 2010. Disponível em: < http://ceragro.iica.int/obsevatorio/Lists/Complexo%209/DispForm.aspx?ID=35 >. Acesso em: 13/05/2011

GUILHOTO, J.; CUNHA, M. Socioeconomic impacts of biodiesel industry in Brazil. In: MAGAZINE, B., Biodieselbr International Conference 2012, 2012. Sao Paulo, Brazil. Foundation Institute of Economic Research (FIPE), October 2012.

GÜL, T. **Modelling oil demand from road freight transport using WEM**. International Energy Agency (IEA). Paris. 2013, Disponível em: < https://www.iea.org/media/weowebsite/2013/iew2013/IEW2013WEOpresentations.pdf >. Acesso em: 15/07/2014

HAIR, J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 5a.Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p. ISBN 85-363-0482-0.

HAIR, J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. 5a.Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p. ISBN 85-363-0482-0.

HALL, J.; MATOS, S. Incorporating impoverished communities in sustainable supply chains. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management,** v. 40, n. 1-2, p. 124-147, 2010.

HALL, J. et al. Managing technological and social uncertainties of innovation: the evolution of Brazilian energy and agriculture. **Technological Forecasting and Social Change,** v. 78, n. 7, p. 1147-1157, 2011.

HEZRI, A. A.; DOVERS, S. R. Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics. **Ecological Economics,** v. 60, n. 1, p. 86-99, 2006.

HILL, M. **SPSS Missing Value Analysis**. INC., S. Chicago, IL: SPSS**:** 90 p. 1975.

HUOTARI, M.-L.; WILSON, T. D. Determining organizational information needs: the critical success factors approach. **Information Research,** v. 6, n. 3, 2001.

IBF. **White paper on internationally compatible biofuel standards, Tripartite Task Force Brazil, European Union and United States of America**. 31/12/2007, p.95p. 2007, Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/biocombustiveis/whitepaper.pdf >. Acesso em: 02/06/2011

IEA/IRENA. IEA/IRENA Joint Policies and Measures database. **Global Renewable Energy**, International Energy Agency (IEA), Banco de dados, Disponível em: < http://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/ >, Acesso em: 21/06/2014

IEA/OECD. **World Energy Outlook 2010**. International Energy Agency. Beijing, China: 17/Nov/2010. 2010, Disponível em: < http://www.energy.eu/publications/weo_2010-China.pdf >. Acesso em: 02/06/2011

IFQC. Monitoring and enforcement of fuel quality. In: (Ed.). **Fuel quality strategies training manual**. Sydney, Australia: International Fuel Quality Center (IFQC), 2003a. cap. 4, p.36.

_____. Pricing and market regulation issues which influence the success of fuel quality changes. In: (Ed.). **Fuel quality strategies training manual**. Sydney, Australia: Fuel Quality Center (IFQC), 2003b. cap. 3, p.32.

INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia. Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM)**. 1a Edição Luso-Brasileira.Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), 2012. 95 ISBN 978-85-86920-09-7.

IPCC. **Special report on renewable energy sources (SRREN)**. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos: Mai, p.26. 2011, Disponível em: < http://srren.ipcc-wg3.de/report/srren-spm-fd4http://srren.ipcc-wg3.de/report/srren-spm-fd4 >. Acesso em: 14/05/2011

_____. **Introduction. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.40. 2013, Disponível em: < http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter01_FINAL.pdf >. Acesso em: 15/07/2014

IPEA. **Agricultura - Do subsídio à política agrícola**. Desafios do desenvolvimento. Brasília: IPEA 2011.

ISMAIL, M. et al. A compilation of bioenergy sustainability initiatives. 2011. Disponível em: < http://www.fao.org/bioenergy/28190-01db4fcd51560954e617923620b75c5e7.pdf >. Acesso em: 20/05/2013

ISO. **ABNT NBR 16001: responsabilidade social - sistema da gestão. Requisito**. ABNT. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**:** 12p p. 2004a.

_____. **ABNT NBR ISO 14001 - Sistemas da gestão ambiental. Requisitos com orientações para uso**. ABNT. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**:** 27p p. 2004b.

_____. **IEC 31010:2009 Risk management - Risk assessment techniques**: ISO. IEC 31010:2009**:** 176 p. 2009.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, 2003.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6.London: Prentice Hall, 2007. ISBN 978-0-13-187715-3.

JUNGINGER, M. et al. Opportunities and barriers for international bioenergy trade. **Energy Policy,** v. 39, n. 4, p. 2028-2042, 2011.

JUNIOR, C. **Nova descoberta do pré-sal pode dobrar reservas de petróleo no Brasil**. Folha de São Paulo (Folha.com). Rio de Janeiro: Folha.com 2010.

KATO, E. M. et al. Padrões de cooperação tecnológica entre setores na indústria brasileira: uma análise quantitativa dos dados da PINTEC 2001-2003. **Revista de Administração e Inovação (RAI),** v. 5, n. 3, p. 128-142, 2008.

KHA, L. **Critical success factors for business-to-consumer e-business: lessons from Amazon and Dell**. 2000. 143p (Master). Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.

KHALIL, C. N. As tecnologias de produção do biodiesel. In: MDIC-STI/IEL (Ed.). **O Futuro da Indústria: Biodiesel**. Brasília: MDIC-STI/IEL, v.v. 14, 2006. p.83-90.

KURKI, A. et al. Biodiesel: the sustainability dimensions. **National Sustainable Agriculture Information Service (ATTRA)**, p. 12p, 2010.

LAL, R. Soil science and the carbon civilization. **Soil Science Society of America Journal,** v. 71, n. 5, p. 1425-1437, 2007.

LANCE, G. N.; WILLIAMS, W. T. Mixed-data classificatory programs I - Agglomerative Systems. **Australian Computer Journal,** v. 1, n. 1, p. 6, 1967.

LIMA, D. O. et al. **Uma Análise sobre o mercado mundial de biodiesel**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, AC 2008.

LOBO, I. P. et al. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. Química Nova. v. 32**:** 1596-1608 p. 2009.

LOPES, E. M. **Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino**. 2006. 106 (Mestre). Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

MAGAZINE, B. **USA Plants**. Biodiesel Magazine. 2011 2011.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada**. 3ed.Porto Alegre: Bookman, 2001. 249 ISBN 85-7307-728-x.

MANUJ, I.; MENTZER, J. T. Global supply chain risk management strategies. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,** v. 38, n. 3, p. 31, 2008.

MAPA. **Anuário estatístico da agroenergia**. MAPA/ACS. Brasilia, p.160p. 2009, (978-85-99851-60-9) ISBN 978-85-99851-60-9, Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/anuario_cana.pdf >. Acesso em: 02/05/2011

MASSABKI, A. **Para não colher prejuízos**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 41-43 p. 2009.

MATA, T. M. et al. Sustainability considerations of biodiesel based on supply chain analysis. **Clean Technologies and Environmental Policy,** v. 13, n. 5, p. 655-671, 2011.

MCCORMICK, K.; KÅBERGER, T. Exploring a pioneering bioenergy system: The case of Enköping in Sweden. **Journal of Cleaner Production,** v. 13, n. 10–11, p. 1003-1014, 2005.

MCELROY, A. K. **Pipeline potential**. Biodiesel Magazine 2007.

MDA. Energy balance: life cycle inventory for ethanol, biodiesel and petroleum fuels. **Renewable fuels,** v. 2011, n. 17/05/2011, 2011.

MDIC, Ed. **O futuro da indústria: biodiesel. Coletânea de artigos**. Brasil/MDIC. Brasília: MDIC-STI/IEL, v.14, p.145p, Brasil/MDICed. 2006.

MENDES, A. P. D. A.; COSTA, R. C. D. **Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e SocialMar/2010, p.253-280. 2010, Disponível em: < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3107.pdf >. Acesso em: 03/06/2011

MISCULIN, N. **Argentina reduz tarifa de exportação de biodiesel, diz indústria**. Estadão - Economia. São Paulo: Reuters 2014.

MME. **Biocombustíveis: instrumento para inclusão social e fator de desenvolvimento econômico com respeito ao meio ambiente.** Ministério das Minas e Energia (MME). (MME), M. D. M. E. E. Brasília: Ministério das Minas e Energia (MME)**:** 3p p. 2011a.

_____. **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis - Jan/2011**. Ministério das Minas e Energia, Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis. Brasilia: Jan/2011. 2011b, Disponível em: < www.mme.gov.br/spg/menu/publicacoes.html >. Acesso em: 01/06/2011

_____. **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis - Ago/2013**. Ministério das Minas e Energia, Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis. Brasilia: Ago/2013. 2013a, Disponível em: < www.mme.gov.br/spg/menu/publicacoes.html >. Acesso em: 20/09/2013

_____. **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis - Jun/2013**. Ministério das Minas e Energia, Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis. Brasilia: Jun/2013. 2013b, Disponível em: < www.mme.gov.br/spg/menu/publicacoes.html >. Acesso em: 15/08/2013

MORGAN STANLEY-SEATTLE TIMES. **Costs of biodiesel production**. Seatlle Times. Seattle/USA**:** 2p p. 2006.

MOURAD, A. L. **Avaliação da cadeia produtiva de biodiesel obtido a partir da soja**. 2008. 123p. (Doutorado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campina/SP.

NARDO, M. et al. Handbook on Constructing Composite Indicators, Methodology and User Guide. **OECD Statistics Working Paper**, p. 108, 2005.

NOLIN, J. Sustainable information and information science. **Information Research,** v. 15, n. 2, p. 431p, 2010.

NUNES, S. P. Produção e consumo de óleos vegetais no Brasil. **Conjuntura Agrícola**, n. 159, p. 10p., 2007. Disponível em: < http://www.deser.org.br/documentos/doc/Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20consumo%20de%20%C3%B3leos%20vegetais.pdf >. Acesso em: 02/06/2011

OECD. **Innovation, patents and technological strategies**. Paris, France: OECD, 1996.

_____. **Biofuel Support Policies: An Economic Assessment**. OECD Publishing, 2008a.

_____. **Measuring Sustainable Production**. França: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2008b. 130 ISBN 978-92-64-04412-8.

OLHAGER, J. C.; SELLDIN, E. Supply chain management survey of Swedish manufacturing firms. **International Journal of Production Economics,** v. 89, p. 353-361, 2003.

OLIVÉRIO, J. L. O programa brasileiro de biodiesel na visão da indústria de equipamentos. In: MDIC-STI/IEL (Ed.). **O futuro da indústria: biodiesel. Coletânea de artigos**. Brasília: MDIC-STI/IEL, v.v. 14, 2006. cap. 8, p.105-125.

ONU. **Agenda 21: Integrating environment & development in decision-making**. The United Nations - UN. Rio de Janeiro: 3 to 14 June 1992. 1992, Disponível em: < http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_08.shtml >. Acesso em: 01/05/2011

ONU/MDG. Millennium Development Goals Indicators (MDG). Organização das Nações Unidas (ONU), Bando de dados, Disponível em: < http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Metadata.aspx >, Acesso em: 24/03/2014

PANOS KOUVELIS, O. B., LINGXIU DONG, AND RONG LI. **Handbook of Integrated Risk Management in Global Supply Chains**. Canada: John Wiley & Sons, 2011. ISBN ISBN: 978-0-470-53512-7.

PARENTE, E. J. D. S. Biodiesel no plural. In: (Ed.). **O futuro da indústria: biodiesel. Coletânea de artigos**. Brasília: MDIC-STI/IEL, v.v. 14, 2006a. cap. 7, p.91-104. (Política Industrial, Tecnologia e de Comércio Exterior).

_____. Technical aspects of biofuels production. Inmetro, 2006b. Rio de Janeiro.

PASSENHEIM, O. **Enterprise Risk Management**. Ventus Publishing, 2010. 38 ISBN 978-87-7681-684-1.

PIEPRZYK, B. et al. **The impact of fossil fuels. Greenhouse gas emissions, environmental consequences and socio-economic effects**. Energy Research Architecture (ERA)Nov, p.98p. 2009, Disponível em: < http://www.ebb-eu.org/EBBpressreleases/ERA%20Study%20Impact%20of%20fossil%20fuels%20final%20report.pdf >. Acesso em: 03/05/2011

PNPB. Portal do Biodiesel. **Prograna Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**, 2004a. Disponível em: < http://www.biodiesel.gov.br/ >. Acesso em: 16/02/2011

_____. Portal do Biodiesel. **Prograna Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)**, n. 16/02/2011, 2004b. Disponível em: < http://www.biodiesel.gov.br/ >. Acesso em:

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 7a.Rio de Janeiro: Campus, 1986. 362p.

_____. **A vantagem competitiva das nações**. Rio de Janeiro: Campus, 1989a.

_____. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1989b. 528p.

POWER, D. J. et al. Critical success factors in agile supply chain management - An empirical study. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management,** v. 31, n. 4, p. 247-265, 2001.

PRADHAN, A. et al. **Energy life-cycle assessment of soybean biodiesel**. United States Department of Agriculture (USDA)Set, p.25p. 2009, Disponível em: < http://www.usda.gov/oce/reports/energy/ELCAofSoybeanBiodiesel91409.pdf >. Acesso em: 14/05/2011

RADICH, A. Biodiesel performance, costs, and use. **Modeling and Analysis Papers**, 2004. Disponível em: < http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biodiesel/index.html >. Acesso em: 18/02/2011

RAMAA, A. et al. **A review of literature on performance measurement of supply chain network**. Second International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology. India**:** 802-806 p. 2009.

RAMOS, L. P. **Microalgas**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 72p. p. 2008a.

_____. **Novidades do *front line***. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 55 p. 2008b.

_____. **Biodieseis não convencionais**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 49 p. 2009.

REMMEN, A. et al. **Life cycle management - a business guide to sustainability**. Paris: 2007. 52 ISBN 978-92-807-2772-2.

RENN, O.; GRAHAM, P. **Risk Governance: Towards an Integrated Approach. White Paper 1**. International Risk Governance Council. Genebra, p.157. 2005, Disponível em: < http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance__reprinted_version_.pdf >. Acesso em:

REUTERS, J. R.-. Brasil eleva mistrura de biodiesel e vê alívio na importação de diesel. **Estadão - Economia**, 2014.

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. **Harvard Business Review**, n. 57, p. 81-93, 1979.

RODRIGUES, F. **Final feliz?** Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 34-42 p. 2010.

RODRIGUEZ, S. I. et al. **Sustainability Assessment and Reporting for the University of Michigan's Ann Arbor Campus**. Center for Sustainable Systems - University of Michigan. Michigan, EUA, p.415p. 2002, Disponível em: < http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS02-04.pdf >. Acesso em: 02/05/2011

ROVERE, E. L. L. et al. Biofuels ans sustainable energy development in Brazil. **World Development,** v. 39, n. 6, p. 10, 2010.

SALLEH, R. **Critical success factors of project management for Brunei construction projects: improving project performance**. 2009. 334p. (Doctor). School of Urban Development, Queensland University of Technology, Queensland.

SCRAMIM, F. C. L.; BATALHA, M. O. Método para análise de benefícios em cadeias de suprimento: um estudo de caso. **Gestão & Produção,** v. 11, n. 3, p. 331-342, 2004.

SILVA, L. C. **Agronegócio: logística e organização de cadeias produtivas**. II Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola. Rio de Janeiro**:** 22p p. 2005.

SILVEIRA, A. **Livres para exportar**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 34 p. 2011.

SOUZA, V. Biofuels: the Brazilian experience. Inmetro, 2010. África.

SOYSTATS. **A reference guide to important soybean fact and figures**. American Soybean Association. 2011, Disponível em: < http://www.soystats.com >. Acesso em: 01/07/2013

STORK, N. E. et al. **Criteria and Indicators for Assessing the Sustainability of Forest Management: Conservation of Biodiversity**. Center for International Forestry Research. Indonesia: Agosto de 1997, p.35. 1997, Disponível em: < http://www.cifor.org/publications/pdf_files/wpapers/wp-17.pdf >. Acesso em: 01/03/2014

STRANGE, T.; BAYLEY, A. **Sustainable Development**. OECD Publishing, 2008.

SUAREZ, P. **Biodiesel de algas: outras considerações**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 54p. p. 2011.

TAMERS, M. Distinguishing between bio-ethanol and petroleum ethanol. **Ethanol Producer Magazine**, 2006.

TECNOLÓGICA, I. **Biotecnologia brasileira transforma rejeito de glicerina em energia**. Inovação Tecnológica: Inovação Tecnológica 2008.

TELLER, C. et al. Improving the execution of supply chain management in organizations. **International Journal of Production Economics,** v. In Press, Corrected Proof, 2011.

TIMMERMAN, L. **Can biodiesel compete on price?** The Seattle Times. Seattle/EUA: Seattle Times 2006.

UBRABIO. **É possível exportar biodiesel?** . Ubrabio. Brasilia: Ubrabio**:** 16-17 p. 2010.

UNEP. **Towards sustainable production and use of resources: assessing biofuels**. United Nations Environment Programme (UNEP), 2009. 120p.

UNESCO. **Risk Management - Handbook**. Paris: United Nations Educational, 2010.

VALLE, M. D. **Os nós da logística**. Biodieselbr. Curitiba/PR: Grupo Biodieselbr**:** 54-57 p. 2009.

VARGAS, R. **Mistura obrigatória eleva em 2% preço do diesel, diz entidade**. Folha de São Paulo (Folha.com). São Paulo: Grupo Folha 2011.

VASUDEVAN, P.; FU, B. Environmentally sustainable biofuels: advances in biodiesel research. **Waste and Biomass Valorization,** v. 1, n. 1, p. 47-63, 2010.

VILLA, A. Introducing some supply chain management problems. **International Journal of Production Economics** v. 73, n. 1, p. 1-4, 2001.

WALKER, T. H. et al. **Massachusetts biomass sustainability and carbon policy study**. Manomet Center for Conservation Sciences. Brunswick, Maine, p.182p. 2010, Disponível em: < http://www.manomet.org/sites/manomet.org/files/Manomet_Biomass_Report_Full_LoRez.pdf >. Acesso em: 21/05/2011

WCED. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development**. The United Nations - UN. Genebra: 1987. 1987, Disponível em: < http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I >. Acesso em: 01/05/2011

WEF. **The Global Competitiveness Report 2012-2013**. World Economic Forum. Geneva, p.545. 2012, Disponível em: < http://www.weforum.org/reports >. Acesso em: 01/07/2013

_____. **The Global Competitiveness Report 2013-2014**. World Economic Forum. Geneva, p.569. 2013, Disponível em: < http://www.weforum.org/reports >. Acesso em: 03/03/2014

_____. The Global Competitiveness Index 2013-2014 data platform. World Economic Forum, Disponível em: < http://www.weforum.org/issues/competitiveness-0/gci2012-data-platform/ >, Acesso em: 01/03/2014

_____. **Global Risks 2014**. World Economic Forum. Genebra, p.60. 2014b, (090114) ISBN 090114, Disponível em: < http://www.weforum.org/reports/global-risks-2014-report >. Acesso em: 15/03/2014

WHO. Global Health Observatory (GHO). World Health Organization (WHO), Disponível em: < http://www.who.int/gho/database/en/ >, Acesso em: 07/06/2014

WILEY, P. E. et al. Production of biodiesel and biogas from algae: A review of process train options. **Water Environment Research,** v. 83, n. 4, p. 326-338, 2011.

WIPO. WIPO IP Statistics Data Center. World Intellectual Property Organization (WIPO), Disponível em: < http://ipstats.wipo.int/ipstatv2/ >, Acesso em: 15/06/2014

WORLD BANK, T. **Sustainable Development in a Dynamic World: Transforming Institutions, Growth, and Quality of Life**. The World Bank. Washington, DC. 2003, Disponível em: Acesso em:

_____. **World Development Report 2014: Risk and Opportunity - Managing Risk for Development**. The World Bank. Washington, DC, Estados Unidos: 2013, p.363. 2013, Disponível em: Acesso em:

_____. World Development Indicators. **Anual**, The World Bank, Disponível em: < http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators >, Acesso em:

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. São Paulo: Bookman, 2001. 206p. ISBN 85-7307-852-9.

YOUNG, E. **Sustainable Brazil. Brazil's perspectives in the agricultural industry**. Ernest & Young, p.25. 2009, Disponível em: < http://www.ey.com/ >. Acesso em: Out/2012

ZHOU, Q. et al. Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy Dematel method. **Safety Science,** v. 49, n. 2, p. 243-252, 2011.

APÊNDICES

Apêndice A – Descrição dos indicadores selecionados – fatores F1 a F6

Apêndice B – Questionário

Apêndice A – Descrição dos indicadores selecionados – fatores F1 a F6

Apêndice A - 1 Descrição dos indicadores selecionados – fator F1

F1_6 – Consumo *per capita* de óleo diesel no setor de transportes		
Descrição: Mede a quantidade *per capita* de óleo diesel consumida pelo setor de transportes.		
Fonte: *World Development Indicators, World Bank (2014).*		
Período: 2009 a 2013	**Unidade**: kg de equivalente petróleo.	**Dimensão**: Econômica

F1_7 – (Qualidade da infraestrutura de estradas de ferro), **F1_8** (Qualidade da infraestrutura de portos), **F1_9** (Qualidade das estradas).		
Descrição: Medem, respectivamente, o nível de desenvolvimento do sistema ferroviário, de portos e estradas. Indicam a capacidade do país de facilitar o movimento de cargas e serviços para o mercado, e de pessoas para os empregos mais adequados. Varia de 1 (extremamente subdesenvolvido) a 7 (extenso e eficiente).		
Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*		
Período: 2013	**Unidade**: Índice 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F1_10 – Eficiência em reduzir a mortalidade infantil		
Descrição: Representa a eficiência em reduzir a probabilidade de morte de crianças entre o primeiro e o quinto ano de nascimento. Nesse período, cerca de 70% das mortes são causadas por fatores ambientais, incluindo poluição e dificuldades de acesso a água potável. A meta declarada pelas Nações Unidas é reduzir a taxa de mortalidade até 2015 para dois terços da taxa de 1990, ano em que mais de 12 milhões de crianças morreram devido a essas condições. Isso envolve a implantação de melhorias de infraestrutura que aumentem o desempenho dos indicadores ambientais. No Brasil 42.000 crianças entre 1 a 5 anos morreram em 2012 (WHO, 2014).		
Fonte: *Environmental Performance Index*, (EPI/Yale, 2014)		
Período: 2013	**Unidade**: Índice de 0 a 100 (mais eficiente)	**Dimensão**: Social

F1_11 – Tratamento de águas residuais
Descrição: Mede o nível de tratamento dos resíduos industriais, que podem conter contaminantes químicos, assim como águas de oriundas de usos domésticos, incluindo esgotos. Em geral esses rejeitos contêm nutrientes e resíduos químicos e poluem as fontes naturais de água, resultando em impactos como a proliferação de algas nos rios e problemas de disfunção no sistema endócrino humano. O tratamento desses resíduos é importante para a saúde do sistema aquático e para garantir que água limpa possa ser reutilizada.

Fonte: *Environmental Performance Index*, (EPI/Yale, 2014)		
Período: 2013	**Unidade**: Índice de 0 a 100 (melhor resultado)	**Dimensão**: Ambiental

F1_12 – Abrangência da cadeia produtiva (nível de integração)

Descrição: Mede o nível de presença das empresas na cadeia de valor. Varia de 1, quando as empresas estão envolvidas em etapas específicas do processo produtivo, até 7, quando a presença é mais abrangente ao longo da cadeia produtiva, incluindo a integração com outras etapas, como transporte de matéria-prima, produção e distribuição.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F1_15 – Nível de dependência energética

Descrição: Esse indicador corresponde a importações de energia. É estimado como a energia usada menos a produção, ambos medidos em equivalentes de petróleo. Um valor negativo indica que o país é um exportador líquido. O consumo de energia refere-se ao uso de energia primária antes da transformação para outros combustíveis de uso final, que é igual à produção interna mais as importações e as mudanças de valores, menos exportações e combustíveis fornecidos a navios e aviões que efetuam transportes internacionais.

Fonte: *World Development Indicators, World Bank (2014).*

Período: 2011	**Unidade**: % de energia utilizada	**Dimensão**: Econômica

F1_16 – Indivíduos usando a *Internet*

Descrição: Mede o percentual de indivíduos que usam a *Internet*. Os usuários referem-se a pessoas que usam a Internet a partir de vários dispositivos, incluindo telefones celulares nos últimos 12 meses.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Percentual de indivíduos usando a *Internet*	**Dimensão**: Econômica

Apêndice A - 2 Descrição dos indicadores selecionados – fator *F2*

F2_2 – Capacidade de reter talentos

Descrição: Mede a capacidade do país de reter talentos e indiretamente o nível de oportunidades disponíveis no país. Varia de 1, quando as pessoas mais preparadas deixam o país para buscar oportunidades em outros países, a 7, quando as pessoas mais preparadas ficam e buscam oportunidades no seu país de origem.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F2_3 – Salários e produtividade

Descrição: Mede o quanto o pagamento dos salários está associado à produtividade. Varia de 1, quando o salário não tem relação com a produtividade a 7, quando existe uma forte relação entre o pagamento de salários e a produtividade.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Social

F2_4 – Nível de formação de pessoal

Descrição: Mede a extensão com que as empresas investem em capacitação para desenvolvimento dos empregados. Varia de 1, nunca capacita, a 7, a capacitação ocorre em uma grande extensão.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F2_5 – Nível de uso de ferramentas de *marketing*

Descrição: Mede o nível em que as empresas usam ferramentas e técnicas sofisticadas de *marketing*. Varia de 1, nunca capacita, a 7, a capacitação ocorre em uma grande extensão.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F2_6 – Nível de absorção de tecnologias das empresas

Descrição: Mede o nível com que as empresas adotam novas tecnologias nos negócios. Varia de 1, nunca capacita, a 7, a capacitação ocorre em uma grande extensão.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F2_10 – Cooperação nas relações de trabalho

Descrição: Mede a forma que caracteriza as relações entre empregadores e empregados no país. Varia de 1, quando ocorrem muitos confrontos a 7, quando é muito cooperativa.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

Apêndice A - 3 Descrição dos indicadores selecionados – fator *F3*

F3_3 – Investimentos das empresas em P&D

Descrição: Mede a extensão com que as empresas investem em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Varia de 1, quando não investem a 7, quando investem fortemente em P&D.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F3_5 – Produção de bioenergia (em relação à produção de energias renováveis)

Descrição: Refere-se a energia derivada da fixação biológica de carbono de plantas ou de tecidos biológicos. São exemplos o biodiesel, derivado a partir de óleos vegetais e gorduras animais, e etanol, produzido pela fermentação de hidratos de carbono de plantas como o milho. A produção de biomassa para produção de

energia tem efeitos importantes sobre o desenvolvimento rural, a política e a economia internacional, e sobre o meio ambiente: ele suporta a economia rural da criação de empregos e dá aos agricultores uma fonte de renda complementar à produção de alimentos. Os biocombustíveis também têm um impacto sobre a economia e comércio, uma vez que reduzem a dependência de países produtores de petróleo. Sendo derivados de plantas, sua produção contribui para o sequestro de carbono. A produção de biocombustíveis apresenta também alguns problemas, como o aumento da pressão sobre os recursos hídricos, desmatamento (para limpar a terra para cultivar plantações de combustível), e a mudança no uso da terra, originalmente destinadas para a produção de alimentos (FAO, 2014).

Fonte: *FAO Statistical Databases & Data-sets (FAOSTAT)* (FAO, 2014)

Período: 2009	**Unidade**: % sobre produção de energias renováveis	**Dimensão**: Social

F3_6 – Transparência do governo na definição de políticas públicas

Descrição: Mede o nível de dificuldade imposto aos negócios para obter informações sobre as políticas e regulamentos que afetam as suas atividades. Varia de 1, quando é extremamente difícil, até 7, quando é extremamente fácil obter informações.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F3_7 – Eficiência da estrutura legal do governo para estabelecer regulamentos

Descrição: O indicador mede o quão fácil é para o setor privado superar as ações do governo realizadas por meio do sistema legal. Varia de 1, quando é extremamente difícil superar as dificuldades legais, até 7, quando é extremamente fácil superar os obstáculos legais. Esses obstáculos incluem burocracia excessiva e falta de transparência e tornam difícil prover os serviços e produtos, impondo custos econômicos, que, por sua vez, freiam o processo de desenvolvimento econômico.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F3_17 – Políticas de custos para a agricultura

Descrição: Mede o acesso às políticas agrícolas. Varia de 1, quando é excessivamente onerosa para a economia a 7, quando considera o equilíbrio dos interesses dos contribuintes, consumidores e produtores.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F3_18 – Proteção da biodiversidade e *habitat*

Descrição: Mede o quanto os países protegem o seu *habitat* por meio de quatro aspectos: proteção ao habitat crítico, áreas terrestres protegidas em relação ao bioma nacional e global, e áreas marinhas protegidas. De acordo com o EPI (EPI/Yale, 2014) a proteção do *habitat* é uma condição necessária, mas não suficiente para a conservação da biodiversidade e ecossistema que são críticos para manter a vida e o bem-estar.

Fonte: *Environmental Performance Index*, (EPI/Yale, 2014)

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 0 a 100 (melhor)	**Dimensão**: Ambiental

F3_19 – Despesa com P&D (% PIB)		
Descrição: Os gastos com pesquisa e desenvolvimento são despesas correntes e de capital (públicos e privados) sobre o trabalho criativo realizado de forma sistemática para aumentar o conhecimento, incluindo o conhecimento da humanidade, da cultura e da sociedade, bem como o uso do conhecimento para novas aplicações. P&D abrange a pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental.		
Fonte: *World Development Indicators, World Bank (2014).*		
Período[46]: 2010, 2011	**Unidade**: % PIB	**Dimensão**: Econômica

Apêndice A - 4 Descrição dos indicadores selecionados – fator *F4*

F4_1 – Natureza da vantagem competitiva		
Descrição: Avalia quais são as vantagem competitiva em que as empresa dos países se baseiam para colocar seus produtos no mercado internacional. O índice varia de 1, quando a vantagem competitiva é baseada em produtos que usam trabalho de baixa remuneração ou que fazem uso de recursos naturais, a 7, quando as empresas realizam produtos e processos únicos.		
Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*		
Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F4_4 – Consumo diário de biodiesel		
Descrição: Mede o consumo diário de biodiesel dos países, em milhares de barris por dia.		
Fonte: International Energy Statistics (EIA, 2014)		
Período: 2011	**Unidade**: Mil barris[47] por dia	**Dimensão**: Econômica

F4_5 – Consumo diário de etanol		
Descrição: Mede o consumo diário de biodiesel dos países, em milhares de barris por dia.		
Fonte: International Energy Statistics (EIA, 2014)		
Período: 2011	**Unidade**: Mil barris por dia	**Dimensão**: Econômica

F4_9 – Intensidade da competição local		
Descrição: Mede a intensidade da competição nos mercados locais, variando de 1, quando a competição não é intensa a 7, quando a competição é extremamente intensa.		
Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*		
Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

[46] Argentina, Brasil e China, 2010; Alemanha, Estados Unidos e França, 2011.
[47] Um barril equivale a 158,987295 litros.

F4_10 – Efeitos da tributação sobre os incentivos ao trabalho

Descrição: Mede a extensão com que a tributação reduz o incentivo ao trabalho, variando de 1, quando a redução é significativa a 7, quando não há qualquer tipo de redução ao incentivo ao trabalho devido à tributação.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Social

F4_11 – Predomínio de barreiras técnicas ao comércio

Descrição: Mede a extensão com que barreiras não-tarifárias (como padrões relativos à saúde e produtos, requisitos técnicos de etiquetagem) limitam a habilidade do país de importar produtos para competir no mercado doméstico. Varia de 1, quando limita fortemente a 7, quando não há qualquer tipo de limite.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F4_13 – Tamanho do mercado doméstico

Descrição: Refere-se a soma do PIB mais o valor de produtos e serviços, menos a exportação de produtos e serviços. Varia de 1 a 7 em função do valor resultado normalizado. Os Estados Unidos é o país com o maior índice (7,00), China está em segundo lugar (6,80) e o Brasil em sétimo, com 5,68.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F4_14 – Tamanho do mercado do externo

Descrição: Refere-se ao valor das exportações de produtos e serviços, normalizadas para uma escala de 1 a 7 em função do valor das exportações.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F4_16 – Efeitos da tributação sobre os incentivos para investir

Descrição: Mede a extensão com que a tributação reduz o incentivo para investir, variando de 1, quando a redução é significativa a 7, quando não há qualquer tipo de redução ao incentivo para investir devido à tributação.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F4_23 – Terras aráveis

Descrição: Terra arável é toda a terra que pode ser usada para o cultivo, incluindo todos os terrenos onde o solo e o clima são propícios para a agricultura. A quantidade de terra arável flutua devido a fatores climáticos e humanos, como irrigação, desmatamento, desertificação e expansão humana. A expansão da quantidade de terras aráveis é um importante fator para a produção agrícola. Nos países em desenvolvimento a quantidade de terras aráveis estagnou desde os anos 70, enquanto que nos países em desenvolvimento existe a expectativa de aumento de 13% ou 120 milhões de hectares. Nos países desenvolvidos a irrigação tem um papel fundamental, pois nesses países 20% das terras aráveis são responsáveis por cerca de 40% da produção agrícola total

(Bruinsma, 2011).

Fonte: *World Development Indicators, World Bank (2014).*

Período: 2011	**Unidade**: hectares por pessoal	**Dimensão**: Ambiental

Apêndice A - 5 Descrição dos indicadores selecionados – fator *F5*

F5_3 – Quantidade de instrumentos regulatórios em vigor relacionados ao biodiesel

Descrição: Refere-se à quantidade de instrumentos regulatórios registrados no banco de dados *IEA/IRENA Joint Policies and Measures database*, da Agência Internacional de Energia (IEA) em conjunto com a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA). Filtro no banco de dados: *"Regulatory Instruments", "In Force", "Effective between: 1994-2013"*.

Fonte: (IEA/IRENA, 2014)

Período: 1994-2013	**Unidade**: Quantidade	**Dimensão**: Econômica

F5_4 – Nível de orientação aos clientes

Descrição: Mede como as empresas orientam e tratam seus clientes. Varia de 1, quando as empresas é indiferente à insatisfação dos clientes a 7, quando a empresa é responsiva ou sensível aos clientes e busca reter seus clientes.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F5_5 – Nível de sofisticação dos compradores

Descrição: Mede como os compradores realizam suas decisões de compra. Varia de 1, quando a decisão é baseada unicamente no preço (baixo) a 7, quando a decisão é baseada em análises sofisticadas baseadas em desempenho e atributos do produto ou serviço.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F5_10 – Emissões de CO_2 *per capita*

Descrição: O indicador é definido como as emissões totais de dióxido de carbono (CO_2) de um país originadas do uso de energia, processos industriais, agricultura e resíduos (menos emissões de CO_2 de remoção de sumidouros de carbono). Os sumidouros de carbono são processos, atividades ou mecanismos que removem gases de efeito estufa da atmosfera. As florestas são consideradas sumidouros porque removem dióxido de carbono por meio da fotossíntese.

Fonte: *Millennium Development Goals Indicators* **(**ONU/MDG, 2014)

Período: 2010	**Unidade**: Toneladas métricas de CO_2 *per capita*	**Dimensão**: Ambiental

F5_11 – Habilidade para monitorar e reduzir emissões

Descrição: Refere-se à habilidade dos países de monitorar e reduzir a intensidade das emissões de carbono ao longo do tempo. De acordo com o EPI , o indicador é sensíveis a diferentes obrigações políticas dos países e

leva em consideração tanto o desenvolvimento econômico como industrial.
Fonte: *Environmental Performance Index* (EPI/Yale, 2014)

Período: 2013	**Unidade**: índice de 0 a 100% (melhor)	**Dimensão**: Ambiental

Apêndice A - 6 Descrição dos indicadores selecionados – fator *F6*

F6_1 – Disponibilidade de tecnologias recentes

Descrição: Mede a extensão com que as tecnologias mais recentes estão disponíveis. Varia de 1, quando não existe disponibilidade de tecnologias a 7, quando a vasta disponibilidade de tecnologias disponíveis para uso pelas empresas.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F6_2 – Capacidade para inovar

Descrição: Mede a extensão com que as empresas dispõem de capacidade para realizar inovações, variando de 1, quando não existe nenhuma capacidade de inovação a 7, quando a inovação existe a capacidade para inovar é máxima e ocorre em grandes volumes.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F6_3 – Qualidade das instituições de pesquisa científica

Descrição: Mede a qualidade das instituições de pesquisa, variando de situações que vão de extremamente pobres, entre as piores do mundo, que recebe o valor 1, para extremamente boa e entre as melhores situações do mundo, a qual é atribuído o valor 7.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F6_4 – Nível de colaboração em P&D entre as universidades e a indústria

Descrição: Mede o nível de colaboração em pesquisa e desenvolvimento entre as empresas e as universidades. Varia de 1, quando não existe qualquer tipo de colaboração a 7, quando existe um ambiente extensivo de colaboração.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

F6_5 – Disponibilidade de cientistas e engenheiros

Descrição: Mede a extensão com que cientistas e engenheiros estão disponíveis, variando de 1, quando não existe disponibilidade de qualquer natureza a 7, quando existe grande disponibilidade.

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Social

F6_6 – Quantidade de políticas para pesquisa e desenvolvimento tecnológicos relacionados ao biodiesel

Descrição: Refere-se à quantidade de políticas para desenvolvimentos tecnológicos relacionados ao biodiesel registrados no banco de dados *IEA/IRENA Joint Policies and Measures database*, da Agência Internacional de Energia (IEA) em conjunto com a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA). Filtro no banco de dados: *"Research, Development and Deployment (RD&D)", "Bioenergy/Biofuels for transport/Biodiesel", "Effective between: 1994-2013"*.

Fonte: (IEA/IRENA, 2014).

Período: 1994-2013	**Unidade**: Quantidade	**Dimensão**: Econômica

F6_7 – Sofisticação do processo produtivo

Descrição: Mede o nível de sofisticação do processo produtivo de um dado país, isto é, o quanto o processo produtivo é intensivo em mão de obra e faz uso de tecnologias superadas (índice igual a 1) ou o quanto faz uso de alta tecnologia e conhecimento para a realização de suas atividades (índice igual a 7).

Fonte: *The Global Competitiveness Index data platform (WEF, 2014a)*

Período: 2013	**Unidade**: Índice de 1 a 7 (melhor)	**Dimensão**: Econômica

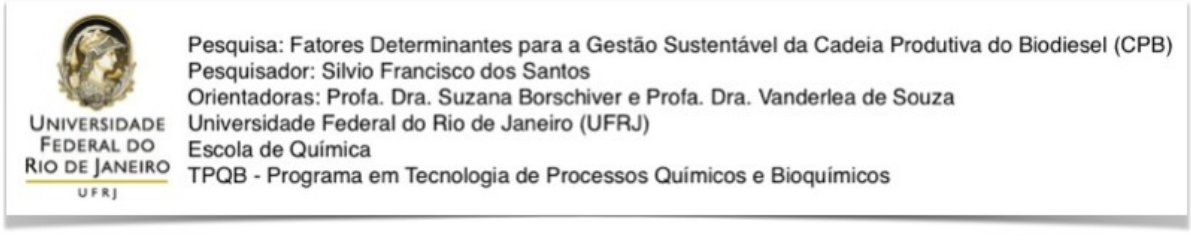
F6_8 – Número de patentes sobre produção de biodiesel por milhão de habitantes

Descrição: Mede o número de patentes sobre a produção de biodiesel por milhão de habitantes. O número de habitantes foi obtido do indicador sobre população do Fórum Econômico Mundial (WEF, 2014a). Ver também Figura 2-5 Número de patentes associadas à produção de biodiesel (2006-2010).

Fonte: *World Intellectual Property Organization*, (WIPO, 2014); (Cepal, 2011).

Período: 2006-2010	**Unidade**: Patentes/milhão de habitantes	**Dimensão**: Econômica

Apêndice B – Questionário



INSTRUÇÕES

Ao responder este questionário você está colaborando com uma pesquisa sobre Fatores Determinantes para a Gestão Sustentável da Cadeia Produtiva do Biodiesel (CPB), desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação da Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ).

O questionário tem quatro seções. Na primeira, serão coletadas informações básicas sobre os respondentes. A segunda seção apresenta blocos com questões sobre os fatores determinantes. A terceira seção apresenta blocos com questões sobre a viabilidade de implementação dos fatores e quarta seção apresenta quatro questões descritivas, além de uma questão para estimar o grau geral de conhecimento sobre os assuntos abordados e um campo para comentários.

Ao terminar de preencher uma seção você deve clicar no botão "Próxima Seção". Essa ação salvará as suas respostas e permitirá que você continue a preenchê-lo ou deixe para continuar a preencher as demais seções posteriormente.

Certifique-se de preencher todas as questões adequadamente, antes de clicar em "Próxima Seção", pois não será permitido voltar para uma seção já respondida!

Por favor, recomenda-se não discutir sobre o questionário com outras pessoas que o estejam respondendo. Consultar informações sobre o assunto pode ajudá-lo a formar a sua opinião.

Caso eu possa ajudá-lo, não hesite em entrar em contato.

Muito obrigado pela colaboração!

Sílvio Francisco dos Santos
sfsantos@inmetro.gov.br
sfsantos@gmail.com
21 2679-9049

SEÇÃO 1/4 - INFORMAÇÕES BÁSICAS SOBRE O RESPONDENTE

Indique seu nome e e-mail. (*Requerido para o controle da pesquisa*).

Nome	
E-mail	

QUESTÃO 1. Quais termos melhor descrevem sua ocupação? (*Pode ser indicada mais de uma ocupação*).

- ☐ Analista
- ☐ Cientista/Pesquisador/Professor
- ☐ Consultor
- ☐ Distribuidor
- ☐ Especialista em Regulação
- ☐ Gestor
- ☐ Produtor de Biodiesel
- ☐ Produtor de Matéria-Prima.

Outros (*Especifique*):

QUESTÃO 2. Quais as suas áreas de atuação predominantes? (*Pode ser indicada mais de uma área*).

- ☐ Associação de Produtores
- ☐ Educação

- ☐ Gestão Ambiental
- ☐ Gestão da Qualidade
- ☐ Gestão de Recursos Humanos
- ☐ Gestão Tecnológica
- ☐ Governo (Regulação)
- ☐ Governo (Outros)
- ☐ Inovação
- ☐ Instituição de Pesquisa/Universidade
- ☐ Logística, Transporte e Distribuição.
- ☐ Metrologia e Qualidade
- ☐ Políticas Públicas na Área de Energias
- ☐ Produção de Biodiesel
- ☐ Produção de Matéria-Prima
- ☐ Sustentabilidade
- ☐ Tecnologia Industrial Básica (TIB)

Outra (especifique):

QUESTÃO 3. Qual o seu nível de conhecimento sobre os elos da Cadeia Produtiva do Biodiesel? (*Podem ser marcados mais de um item nas colunas. Só marcar um item por linha*).

	Trabalho com o assunto frequentemente	Trabalho com o assunto ocasionalmente	Conheço o assunto por meio de leituras, devido ao meu trabalho.	Sou uma pessoa informada sobre o assunto	Desconheço o assunto
1. Produção da Matéria-Prima	☐	☐	☐	☐	☐
2. Transporte da Matéria-Prima	☐	☐	☐	☐	☐
3. Produção	☐	☐	☐	☐	☐
4. Distribuição	☐	☐	☐	☐	☐
5. Uso do Biodiesel	☐	☐	☐	☐	☐

SEÇÃO 2/4 - AVALIAÇÃO DOS FATORES DETERMINANTES

QUESTÃO 4. Marque a coluna mais adequada à sua avaliação sobre os fatores determinantes relacionados à gestão sustentável da Cadeia Produtiva do Biodiesel. Use para isso os critérios de avaliação apresentados no Quadro 1.

Avaliação	Descrição
Muito Determinante	– O fator é muito relevante para a sustentabilidade da CPB. – Deve estar entre os fatores prioritários para a gestão sustentável da CPB.

	– Tem impacto direto sobre a sustentabilidade da CPB. – Deve ser resolvido, tratado e gerido.
Determinante	– O fator é relevante para a sustentabilidade da CPB. – Trata-se de um fator secundário para a gestão sustentável da CPB. – Tem impacto, mas não até que outros fatores sejam resolvidos. – Não tem que ser completamente resolvido, tratado ou gerido.
Moderadamente Determinante	– O fator pode não ser relevante para a sustentabilidade da CPB. – Trata-se de um fator de terceira ordem. – Pode não ter impacto para a gestão sustentável da CPB. – Pode não ser determinante para a sustentabilidade da CPB.
Não Determinante	– O fator tem relevância insignificante. – Tem pouco ou nenhum impacto na gestão sustentável da CPB. – Não é um fator determinante para a gestão sustentável da CPB. – Não é uma prioridade e pode ser eliminado.

Quadro 1 *CPB = Cadeia Produtiva do Biodiesel*

	Muito Determinante	Determinante	Moderadamente Determinante	Não Determinante
1. Fomentar a produção de oleaginosas em função da região geográfica e do seu impacto social; investir na diversificação de matérias-primas.	☐	☐	☐	☐
2. Definir políticas, metas e objetivos da responsabilidade social e avaliar o atendimento aos requisitos legais associados aos aspectos de sustentabilidade.	☐	☐	☐	☐
3. Estruturar os processos da CPB considerando a adoção de políticas dos diversos níveis governamentais.	☐	☐	☐	☐
4. Desenvolver a integração e colaboração, por meio do compartilhamento de informações e conhecimento entre os elos da CPB.	☐	☐	☐	☐
5. Considerar os aspectos políticos, econômicos, ambientais e sociais no processo de decisão relativo à gestão da CPB.	☐	☐	☐	☐
6. Desenvolver a capacidade tecnológica e de inovação da CPB.	☐	☐	☐	☐
7. Desenvolver foco estratégico, tático e operacional para a gestão da CPB com ênfase na qualidade, custos e nível de serviço.	☐	☐	☐	☐
8. Estabelecer acordos internacionais e desenvolver mecanismos de superação de barreiras técnicas à exportação.	☐	☐	☐	☐
9. Desenvolver tecnologias que minimizem emissões e impactos na atmosfera, o consumo de água e a geração de resíduos.	☐	☐	☐	☐
10. Adequar a legislação à natureza do negócio do biodiesel.	☐	☐	☐	☐
11. Desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados; desenvolver a capacidade de armazenamento e transporte do biodiesel, e a qualidade da rede de distribuição.	☐	☐	☐	☐
12. Adquirir matéria-prima oriunda da agricultura familiar e desenvolver o potencial de geração de empregos no campo.	☐	☐	☐	☐
13. Identificar os aspectos da responsabilidade social, determinar os que tenham impacto significativo e implementá-los.	☐	☐	☐	◉
14. Estabelecer procedimentos de comunicação interna e externa relacionados aos aspectos e impactos ambientais;	☐	☐	☐	◉

implementar um sistema de informações de emergências.

15. Desenvolver relacionamentos e parcerias estratégicas com fornecedores com foco nos aspectos de sustentabilidade.	☐	☐	☐	☐
16. Desenvolver a capacidade dos gestores dos negócios da CPB; desenvolver as habilidades essenciais das organizações que compõem os elos da CPB; motivar equipes com orientação para metas ambientais, econômicas e de responsabilidade social.	☐	☐	☐	☐
17. Implantar tecnologias sustentáveis para realização das operações da CPB.	☐	☐	☐	☐
18. Definir padrões para certificação do biodiesel e implementar meios para atendê-los; monitorar a qualidade do biodiesel ao longo dos elos da CPB.	☐	☐	☐	☐
19. Monitorar e medir regularmente as principais características das operações que possam ter impacto ambiental, social e econômico.	☐	☐	☐	☐
20. Desenvolver estruturas de medição e controle de custos e desempenho na CPB.	☐	☐	☐	☐
21. Desenvolver tecnologias para melhorar a produtividade agrícola e aumentar o grau de mecanização da produção de matéria-prima.	☐	☐	☐	☐
22. Desenvolver a capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado.	☐	☐	☐	☐
23. Definir adequadamente os preços do biodiesel.	☐	☐	☐	☐
24. Definir mecanismos de desoneração do consumidor final pelo uso de misturas BX em substituição ao diesel.	☐	☐	☐	☐

SEÇÃO 3/4 - AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE

QUESTÃO 6. Marque a coluna mais adequada à sua avaliação sobre a VIABILIDADE de implementação dos fatores relacionados à gestão sustentável da Cadeia Produtiva do Biodiesel. Use para isso os critérios de avaliação apresentados no quadro abaixo.

Avaliação	Descrição
Muito Viável	– Pode ser implementado. – Não é necessário pesquisa ou desenvolvimento adicional (a tecnologia necessária está disponível). – Os recursos necessários estão disponíveis. – Não há barreiras políticas significativas a serem superadas. – Será aceito pelos envolvidos.
Viável	– Existem indicações de que pode ser implementado. – É necessário desenvolver pesquisa ou desenvolvimento (a tecnologia precisa ser adaptada). – Os recursos precisam ser obtidos. – Existem algumas barreiras políticas a serem superadas. – Existem indicações de pode não ser aceito pelos envolvidos.
Pode ou Não ser Viável	– Existem contradições sobre a implementação. – A pesquisa e desenvolvimento são indeterminados (a tecnologia existente pode ser inadequada).

	– Existem barreiras políticas consideráveis. – Existem indicações de que pode não ser aceito pelos envolvidos.
Não Viável	– Existem evidências de que não pode ser implementado. – É necessária pesquisa básica (não existem tecnologias relevantes) – A demanda por recursos é muito grande. – É politicamente inaceitável. – Não é aceito pelos envolvidos.

	Muito Viável	Viável	Pode ou Não ser Viável	Não Viável
1. Fomentar a produção de oleaginosas em função da região geográfica e do seu impacto social; investir na diversificação de matérias-primas.	☐	☐	☐	☐
2. Definir políticas, metas e objetivos da responsabilidade social e avaliar o atendimento aos requisitos legais associados aos aspectos de sustentabilidade.	☐	☐	☐	☐
3. Estruturar os processos da CPB considerando a adoção de políticas dos diversos níveis governamentais.	☐	☐	☐	☐
4. Desenvolver a integração e colaboração, por meio do compartilhamento de informações e conhecimento entre os elos da CPB.	☐	☐	☐	☐
5. Considerar os aspectos políticos, econômicos, ambientais e sociais no processo de decisão relativo à gestão da CPB.	☐	☐	☐	☐
6. Desenvolver a capacidade tecnológica e de inovação da CPB.	☐	☐	☐	☐
7. Desenvolver foco estratégico, tático e operacional para a gestão da CPB com ênfase na qualidade, custos e nível de serviço.	☐	☐	☐	☐
8. Estabelecer acordos internacionais e desenvolver mecanismos de superação de barreiras técnicas à exportação.	☐	☐	☐	☐
9. Desenvolver tecnologias que minimizem emissões e impactos na atmosfera, o consumo de água e a geração de resíduos.	☐	☐	☐	☐
10. Adequar a legislação à natureza do negócio do biodiesel.	☐	☐	☐	☐
11. Desenvolver a logística da cadeia e garantir a produção e abastecimento adequados; desenvolver a capacidade de armazenamento e transporte do biodiesel, e a qualidade da rede de distribuição.	☐	☐	☐	☐
12. Adquirir matéria-prima oriunda da agricultura familiar e desenvolver o potencial de geração de empregos no campo.	☐	☐	☐	☐
13. Identificar os aspectos da responsabilidade social, determinar os que tenham impacto significativo e implementá-los.	☐	☐	☐	☐
14. Estabelecer procedimentos de comunicação interna e externa relacionados aos aspectos e impactos ambientais; implementar um sistema de informações de emergências.	☐	☐	☐	☐
15. Desenvolver relacionamentos e parcerias estratégicas com fornecedores com foco nos aspectos de sustentabilidade.	☐	☐	☐	☐
16. Desenvolver a capacidade dos gestores dos negócios da CPB; desenvolver as habilidades essenciais das organizações que compõem os elos da CPB; motivar equipes com orientação para metas ambientais, econômicas e de responsabilidade social.	☐	☐	☐	☐
17. Implantar tecnologias sustentáveis para realização das operações da CPB.	☐	☐	☐	☐
18. Definir padrões para certificação do biodiesel e implementar meios para atendê-los; monitorar a qualidade do biodiesel ao longo dos elos da CPB.	☐	☐	☐	☐
19. Monitorar e medir regularmente as principais características das operações que possam ter impacto ambiental, social e econômico.	☐	☐	☐	☐
20. Desenvolver estruturas de medição e controle de custos e desempenho na CPB.	☐	☐	☐	☐

21. Desenvolver tecnologias para melhorar a produtividade agrícola e aumentar o grau de mecanização da produção de matéria-prima.	☐	☐	☐	☐
22. Desenvolver a capacidade de fornecer coprodutos de valor agregado.	☐	☐	☐	☐
23. Definir adequadamente os preços do biodiesel.	☐	☐	☐	☐
24. Definir mecanismos de desoneração do consumidor final pelo uso de misturas BX em substituição ao diesel.	☐	☐	☐	☐

SEÇÃO 4/4 - QUESTÕES DESCRITIVAS

Por favor, responda às seguintes questões de acordo com a sua percepção e conhecimento sobre os temas abordados.

QUESTÃO 7. Marque o elo da Cadeia Produtiva do Biodiesel que você considera MAIS CRÍTICO para assegurar a sua sustentabilidade?

- ☐ Produção de Matéria-prima
- ☐ Transporte da Matéria-prima
- ☐ Produção do Biodiesel
- ☐ Transporte do Biodiesel
- ☐ Uso do Biodiesel

QUESTÃO 8. Em sua opinião, o biodiesel:

- ☉ É uma solução sustentável e reduz a dependência dos combustíveis fósseis.
- ☐ É uma solução sustentável, mas NÃO reduz a dependência dos combustíveis fósseis.
- ☐ NÃO é uma solução sustentável, mas reduz a dependência dos combustíveis fósseis.
- ☐ NÃO é uma solução sustentável e NÃO reduz a dependência dos combustíveis fósseis.

QUESTÃO 9 (*opcional*). Como você visualiza as perspectivas para o futuro da cadeia produtiva do biodiesel? Será possível produzir biodiesel de maneira sustentável? Que medidas você recomendaria para tornar a cadeia produtiva do biodiesel sustentável?

QUESTÃO 10 (*opcional*). Em sua opinião, que medidas deveriam ser adotadas para superar as barreiras à exportação do biodiesel?