

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO BIODIESEL DA SOJA NO RIO GRANDE
DO SUL: UMA ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA

Rafael Batista Zortea

Porto Alegre, fevereiro de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICA

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO BIODIESEL DA SOJA NO RIO GRANDE
DO SUL: UMA ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA

RAFAEL BATISTA ZORTEA

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental como pré-requisito para a obtenção do título de Doutor

Orientador: Prof. Luiz Fernando de Abreu Cybis

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Gino Gehing
Profa. Dra. Ana Carolina Badalotti Passuelo
Profa. Dra. Cássia Maria Lie Ugaya

IPH/UFRGS
NORIE/UFRGS
UTFPR

Porto Alegre, RS

2015

AGRADECIMENTOS

Agradecer a todas as pessoas que me auxiliaram na concretização deste trabalho durante estes 5 anos, acredito que seja mais difícil que a realização do próprio trabalho. Desta forma apesar de ser breve tentarei não esquecer ninguém que me conduziu nesta caminhada. E peço desculpas aquelas pessoas não citadas e a compreensão de que as mesmas estão sendo lembradas quando cito uma pessoa que acaba representando uma determinada organização ou grupo de pessoas em comum.

Aos colegas e professores do IPH e da UFRGS pela oportunidade do Doutorado e infraestrutura que me foi oferecida. Agradeço em nome dos professores Gino Gehling que me abriu as portas e ao professor Luiz Fernando Cybis que me conduziu no resto desta caminhada.

Thank you friends from University of Wisconsin for the opportunity, in name of Professor Robert Anex and people from Madison-WI, mainly Madison Friends of International Students and people from Eagle Heights. My gratitude in special for Daryl Sherman and Michael O`Keefe that put a big effort in my english improvement.

Aos bolsistas de IC: Cássio Almeida (agora engenheiro) e Marcelo Cenci e ao Mestre Gabriel Muller sempre prestativos e muitas vezes sendo meu braço direito na construção deste trabalho.

A turma do Language House e pela persistência do Léo Viega quando parecia que o barco ia afundar...

Ao pessoal do PGETEMA-PUC em nome do Professor Marcus Seferin, Wagner Menezes e Vinicius Maciel pelo apoio incondicional e pela oportunidade de podermos ter trabalhado juntos.

Ao pessoal da UTFPr e do Grupo de Pesquisa de ACV Social, principalmente a Professora Cássia Ugaya por ter me apresentado a ACV Social e uma nova forma de pensar o ACV.

Ao IFSUL, CNPq, CIENTEC, INMETRO, IBGE, FEPAM, FETAG-RS e EMATER que me disponibilizaram tempo, recursos, conhecimento e informações fundamentais para este trabalho.

Não posso deixar de esquecer os encorajadores comentários de todos os meus amigos que sempre me lembraram de que eu não estava fazendo nada...

A minha família, meus pais: Gregório, Rosi; e a minha amada esposa Andrea.

RESUMO

A condição para o ser humano continuar usufruindo dos recursos naturais de forma sustentável para o planeta passa, obrigatoriamente, por uma revisão do seu modo de vida atual. Além disso, ao se repensar este novo estilo de convivência com o resto do planeta, o homem deve avaliar os prováveis efeitos que tais mudanças poderão gerar. Assim, torna-se importante analisar quais externalidades (positivas ou negativas) acabam resultando neste processo de mudança. Entre as formas de análise existentes para os impactos gerados por um novo produto, processo ou serviço, encontra-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Este método tem como objetivo compreender e lidar com tais impactos gerados tanto de forma qualitativa, como também de forma quantitativa. A ACV busca verificar tais impactos em todas as suas fases do ciclo de vida, ou seja, desde a extração das matérias-primas, passando pelo processo de fabricação e uso até o descarte ou descaracterização final de um determinado produto.

Porém, tais impactos não se restringem apenas ao campo ambiental. Ao se questionar a sustentabilidade do modo de vida do ser humano, tal escopo acaba se ampliando, incluindo também as questões social e econômica. Desta forma, avaliações que atualmente analisam somente os impactos ambientais num processo de fabricação, por exemplo, terão que se auxiliar de mensurações econômicas e sociais a fim de poder compreender e lidar com a futura sustentabilidade deste processo. O mesmo acaba valendo para a metodologia adotada, pois a análise dos impactos ambientais terá que englobar os resultados econômicos e sociais. É neste caminhar que a Avaliação do Ciclo de Vida busca se adequar a esta visão de avaliação baseada nestas três dimensões (ambiental, econômica e social) tornando-se uma Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV). Este novo método buscou agregar os impactos sociais e econômicos com os ambientais já medidos durante o ciclo de vida de um determinado produto ou serviço.

O Rio Grande do Sul (RS), assim como todo o Brasil vem enfrentando este mesmo desafio, a partir da homologação da Lei nº 11.097, que determina a adição de biodiesel ao óleo Diesel. Desta forma, a matriz energética brasileira começou a se modificar incorporando fontes de energia alternativas através da biomassa, entre elas a soja. Portanto, torna-se prudente avaliar de que forma os impactos ambientais, sociais e econômicos se comportam ao se substituir o Diesel pelo biodiesel.

Assim, este trabalho buscou verificar dentro do estado do Rio Grande do Sul o nível de sustentabilidade do biodiesel de soja baseando-se no ciclo de vida deste. Para isso, foi

utilizada uma forma de ASCV a fim de qualificar e quantificar estes impactos. Tais resultados têm o intuito de auxiliar nesta nova escolha para a matriz energética, para que os futuros tomadores de decisão possam lidar melhor com este processo de transição.

Desta maneira trabalhou-se o ciclo de vida do biodiesel gaúcho em três fases: agrícola, industrial e uso e transporte. Foram mensuradas 6 categorias de impacto ambiental, 3 categorias de custo e 3 partes interessadas: acidificação, eutrofização, aquecimento global, recursos abióticos, uso do solo, uso da água, custos de insumos, custos de infraestrutura e manutenção, despesas financeiras, trabalhadores, comunidade local e sociedade, e atores da cadeia de valor. A coleta de dados ocorreu tanto por questionários como por coleta de dados secundários (específicos e genéricos).

De uma forma geral verificou-se que enquanto a fase agrícola do biodiesel gaúcho destaca-se na dimensão ambiental, a fase industrial apresenta potencialidades na dimensão econômica. Além disso, verifica-se que o elo mais fraco do ciclo de vida deste biocombustível encontra-se na etapa de uso e transporte. A respeito da dimensão social avaliou-se ainda uma carência em todas as etapas com relação à maturidade desta dimensão o que acabou dificultando uma melhor coleta de dados e homogeneidade destes resultados quando confrontados com as dimensões ambiental e econômica. Verificou-se que os impactos mais críticos em cada dimensão do ciclo de vida do biodiesel acabaram sendo a acidificação (ambiental), custos de insumos (econômica) e a parte interessada comunidade local/sociedade (social). Por fim, verificou-se que o biodiesel gaúcho possui uma boa sustentabilidade onde se percebe a dimensão social com maior potencialidade de melhoria.

Palavras-chave: avaliação de ciclo de vida, sustentabilidade, biodiesel, soja, ACV-S, ASCV

ABSTRACT

The condition of human being using natural resources in a way to become sustainable to the planet necessitates revision in our current way of life. Besides that, when human beings think about a new coexistence with the rest of the planet, they must evaluate the probable effects (that) their actions can generate. Hence, it is important to analyze which externalities (positive or negative) may result from this process. Among the methods which already exist to evaluate the impacts generated by a new product, process or service; there is the Life Cycle Assessment (LCA). This method aims to understand and deal with the impacts generated, in both quantitative and qualitative ways. LCA seeks to verify the impacts in all phases, i.e., from the raw material extraction through the manufacturing process and use, until disposal as waste.

However, these impacts are not restricted only to the environmental field. When the humans way of life is questioned, in terms of sustainability, it is necessary to widen the scope, aggregating also the social and economic dimensions. Therefore, current evaluations which analyze only environmental impacts in the manufacturing process, for instance, are being expanded for economical and social measurements in order to understand and deal with the sustainability of these processes. The same happens with methods, because the environmental impact analysis will have to encompass social and economic results. These include the LCA method which we should try to fit in this kind of evaluation based on three dimensions (environmental, social and economical), offering a Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). This innovative method seeks to aggregate the social and economical impacts into the environmental impacts already measured during the LCA related to a specific product or service.

Rio Grande do Sul State (RS), like the rest of Brazil, has this same challenge, since the approval of the Brazilian Law number 11.097 which has established biodiesel addition to Diesel. In this way, Brazilian energy matrix began to change; encompassing alternative energy sources from biomass, among them soybean. Therefore, with a cautious approach it becomes necessary to evaluate in which way environmental, social and economical impacts behave when Diesel is replaced by soybean biodiesel.

Thus, this work seeks to verify, the level of sustainability of soybean biodiesel in produced in Rio Grande do Sul, based on their LCA. For this, it will be used an LCSA analysis with the aim to qualify and quantify these impacts. The results obtained will help in a

better understanding of this energy matrix, assisting decision-makers to better deal with this transition process.

In this way, the life cycle of Rio Grande do Sul biodiesel was assessed in three stages: agricultural, industrial, and use and transport. It was measured 12 impact categories and/or stakeholders: acidification, eutrophication, global warming, abiotic depletion, land use, water depletion, supply costs, infrastructure and maintenance costs, financial expenses, workers, local communities and society, and value chain actors. The data collection was made both, by questionnaires and by secondary data collect (specific and generics).

In general, it was verified that while the agricultural stage of the biodiesel stand out in environmental dimension, the industrial stage presents potential in economical dimension. Besides that, the stage of use and transport presented like the weakest link in this biofuel chain. In relation to social dimension was perceived a lack of maturity in all stages of life cycle which brought problems to a better data collection and homogeneity of these results in relation to environmental and economical dimension results. It was found that the most critical impacts in each dimension were acidification (environmental), supply costs (economical) and the stakeholder local communities/society (social). Lastly, it was checked that the Rio Grande do Sul biodiesel has a good level of sustainability which it is possible to perceive a social dimension with higher potential of improvement.

Keywords: life cycle assessment, sustainability, biodiesel, soybean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hierarquia das necessidades de Maslow	13
Figura 2: Estágios de desenvolvimento do grupo.....	14
Figura 3: Modelo de Maturidade de Processo	15
Figura 4: Fases de uma ACV.....	19
Figura 5: Procedimentos simplificados para análise de inventário	24
Figura 6: Mecanismo de definição dos indicadores de categoria de impacto	26
Figura 7: Exemplo de um processo, seus impacto e danos associados	31
Figura 8: Sugestão de alinhamento das Avaliações do Ciclo de Vida Ambiental e Social.....	37
Figura 9: Esquema de avaliação abordando as três dimensões de sustentabilidade.....	47
Figura 10: Esquema da relação entre a dMUT e a iMUT.	56
Os aspectos ambientais envolvidos na produção do biodiesel deverão contemplar não só as etapas descritas na figura 11, como também os impactos ambientais resultantes do processo de obtenção do álcool (etanol ou metanol) e do catalisador (NaOH ou KOH, por exemplo). Figura 11: Obtenção do biodiesel por meio da transesterificação	58
Figura 12: Volume de biodiesel produzido e as respectivas participações dos materiais graxos utilizados como insumos.	62
Figura 13: Sugestão de um novo pensar para as etapas da Avaliação Sustentabilidade do Ciclo de Vida.....	69
Figura 14:Sugestão de inventários para a ACV do biodiesel de soja neste trabalho.....	72
Figura 15: Representatividade individual e total na produção de soja no estado do RS.....	75
Figura 16: Fluxograma resumido do processo de produção do biodiesel com a sugestão da estratégia de alocação a ser utilizada neste estudo.	83
Figura 17: Apresentação final do índice DoS.....	96
Figura 18: Estrutura de composição da formação dos indicadores ambiental, social, econômico e de sustentabilidade através do DoS.....	98
Figura 19: Uso de maquinários, práticas e produtos mais adotados no cultivo da soja no Estado do RS	103
Figura 20: Quantidades e grandezas assumidas pela unidade funcional nas etapas da fase agrícola	105
Figura 21: Percepção da importância da associação coletiva pelos produtores de soja.....	110
Figura 22: Realização de reuniões ou discussões de assuntos de interesse.....	111
Figura 23: Gráfico de levantamento de horas trabalhadas	111

Figura 24: Nível de escolaridade dos produtores de soja	112
Figura 25: Existência de repasse aos produtores de soja de procedimentos ou normas de segurança ou saúde por parte das cooperativas, fornecedores, governo ou federações.	112
Figura 26: Forma como os treinamentos aos produtores de soja são realizados.....	113
Figura 27: Carga horária destinada ao treinamento e capacitação dos produtores de soja	113
Figura 28: Frequência de aproximação dos produtores de soja com a comunidade de forma voluntária.....	113
Figura 29: Número médio de trabalhadores envolvidos na produção da soja, tomando por base uma propriedade em média de 20 hectares.....	114
Figura 30: Quantidades e grandezas assumidas pela unidade funcional nas etapas da fase industrial	116
Figura 31: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método CML-IA baseline v.3.01/World 2000.....	134
Figura 32: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método IMPACT 2002+ v.2.11.....	135
Figura 33: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método ReCiPe Midpoint v.1.10/World Recipe.....	135
Figura 34: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método IPCC 2007 GWP 100a v.1.02.	135
Figura 35: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método Hoekstra et al. 2012 (Water Scarcity) v1.01.....	136
Figura 36: Caracterização relativa por fase de cada um dos impactos ambientais considerando cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.....	137
Figura 37: Caracterização dos impactos sobre os recursos abióticos de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.	138
Figura 38: Caracterização dos impactos relacionados à acidificação de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.	138
Figura 39: Caracterização dos impactos relacionados à eutrofização de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.	139
Figura 40: Caracterização dos impactos relacionados ao aquecimento global de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.	139
Figura 41: Caracterização dos impactos sobre o uso do solo de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.....	140

Figura 42: Caracterização dos impactos sobre o uso da água de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metflica.....	140
Figura 43: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre os recursos abióticos de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.....	144
Figura 44: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre os recursos abióticos de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.....	145
Figura 45: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à acidificação de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.	145
Figura 46: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à acidificação de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.	146
Figura 47: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à eutrofização de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.	146
Figura 48: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à eutrofização de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.	147
Figura 49: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados ao aquecimento global de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.	148
Figura 50: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados ao aquecimento global de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.	148
Figura 51: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso do solo de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.	149
Figura 52: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso do solo de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso....	149
Figura 53: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso da água de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.....	150
Figura 54: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso da água de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso...	150

Figura 55: Contribuição dos custos nas fases e etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica	151
Figura 56: Composição dos impactos dos custos do biodiesel de soja gaúcho via rota metálica	152
Figura 57: Participação quantitativa dos custos nas fases e etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica	153
Figura 58: Participação quantitativa da formação dos impactos dos custos durante a fase agrícola.	154
Figura 59: Participação quantitativa da formação dos impactos dos custos durante a prod. do óleo de soja.	154
Figura 60: Formação quantitativa dos impactos dos custos durante a etapa de transesterificação.	155
Figura 61: Impactos sociais de cada uma das etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja relacionados a determinadas partes interessadas.	156
Figura 62: Impactos sociais das cidades integrantes da fase agrícola relacionados a determinadas partes interessadas.	157
Figura 63: Impactos sociais das empresas integrantes da fase industrial e da etapa de transporte relacionados a determinadas partes interessadas.	159
Figura 64: Análise de incerteza das categorias de impacto ambiental	168
Figura 65: Análise de incerteza do impacto de custo total do ciclo de vida do biodiesel de soja	173
Figura 66: Comparativo dos impactos sociais (Índice Social) com o índice socioeconômico das cidades que tiveram dados coletados para o inventário social	177
Figura 67: Normalização dos impactos ambientais do biodiesel de soja no RS utilizando as metodologias CML-IA e ReCiPe Midpoint.	179
Figura 68: Normalização dos impactos ambientais do biodiesel de soja no RS utilizando a metodologia CML-IA e desconsiderando os impactos: uso do solo e uso da água.	180
Figura 69: Impactos de cada fase ou etapa do biodiesel de soja e as respectivas referências baseadas em produtos substitutos para o caso do RS.	181
Figura 70: Esquema de agrupamento dos impactos da ACV ambiental, CCV e ACV-S por fases ou etapas até a obtenção do indicador de sustentabilidade.	182
Figura 71: Impactos relativos do CCV por fases/etapas para os componentes de custo.	183
Figura 72: Impactos relativos do ACV ambiental por fases/etapas para as categorias de impacto	184

Figura 73: Impactos relativos do ACV-S por fases/etapas para as partes interessadas.....	184
Figura 74: Resultado do agrupamento dos impactos relativos da ACV ambiental, CCV e ACV-S apresentado tanto por dimensão como por fases ou etapas.	185
Figura 75: Indicador de Sustentabilidade resultante do agrupamento final dos impactos relativos da ACV ambiental, CCV e ACV-S.	186
Figura 76: Resultados traçados do PCA para os impactos ambientais, de custos e sociais ...	192
Figura 77: Quantitativos das variáveis originais nos CPs encontrados.	193
Figura 78: Dendograma da análise de <i>cluster</i>	194
Figura 79: Resultados traçados do PCA com relação as fases agrícola, industrial e etapa de uso e transporte sem considerar a dimensão social.	195
Figura 80: Resultados traçados do PCA para os impactos ambientais e de custos	195
Figura 81: Resultados traçados do PCA para os impactos ambientais e de custos não considerando as categorias de impacto recursos abióticos e uso do solo.....	196

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias de impacto de ciclo de vida normalmente utilizadas.....	30
Tabela 2: Partes interessadas e subcategorias da ACV-S.....	39
Tabela 3: Principais características das ACV (ambiental), CCV e ACV-S.	45
Tabela 4: Empresas gaúchas que possuem o Selo de Combustível Social.....	64
Tabela 5: Modelos e categorias de impactos ambientais selecionadas	86
Tabela 6: Indicadores dos custos no ciclo de vida.....	87
Tabela 7: Temas centrais e indicadores dos impactos sociais selecionados.....	87
Tabela 8: Conversão dos dados sociais qualitativos em uma avaliação semi-quantitativa	88
Tabela 9: Matriz de qualidade dos dados com 5 indicadores de qualidade (pedigree)	90
Tabela 10: Classificação e critérios de ordenação dos resultados da análise de contribuição das substâncias e processos.....	92
Tabela 11: Variáveis codificadas e suas respectivas dimensões a serem utilizadas para a determinação do indicador de sustentabilidade com base no método DoS.....	96
Tabela 12: Custo total dos combustíveis (ciclo diesel) comercializados no RS.	99
Tabela 13: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de preparação do solo para o plantio da soja.	106
Tabela 14: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de tratamento da semente e plantio da soja.	106
Tabela 15: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de fase de crescimento da soja.....	107
Tabela 16: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de colheita da soja. ..	108
Tabela 17: Despesas de custeio e custos envolvidos na cultura da soja no RS.....	109
Tabela 18 - Resultado da valoração e conversão dos dados coletados pelo questionário – Fase Agrícola	114
Tabela 19: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de preparação do grão de soja para extração do óleo.....	117
Tabela 20: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de extração do óleo de soja.....	117
Tabela 21: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de degomagem e neutralização do óleo de soja.....	118
Tabela 22: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de transesterificação e obtenção do biodiesel	119

Tabela 23: Custos de produção para o biodiesel de soja rota metálica na região sul do Brasil.	121
Tabela 24: Despesas de custeio e custos envolvidos na produção do óleo de soja.	122
Tabela 25: Despesas de custeio e custos envolvidos na obtenção do biodiesel a partir do óleo de soja.	123
Tabela 26: Informações evidenciadas para a parte interessada Trabalhadores	124
Tabela 27: Informações evidenciadas para as partes interessadas Comunidade Local e Sociedade.....	124
Tabela 28: Informações evidenciadas para a parte interessada Atores da Cadeia de Valor... ..	125
Tabela 29: Resultado da valoração das informações sociais evidenciadas junto as usinas de biodiesel – fase Industrial	126
Tabela 30: Distâncias médias consideradas para termos de cálculo das emissões geradas durante a fase de transporte	126
Tabela 31: Dados de importação de insumos usados na fase industrial do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS.....	128
Tabela 32: Fluxos de entrada e saída na etapa de uso do biodiesel de soja rota metálica	128
Tabela 33: Informações evidenciadas relacionadas a parte interessada Trabalhadores	129
Tabela 34: Informações evidenciadas relacionadas a parte interessada Comunidade Local e Sociedade.....	130
Tabela 35: Informações evidenciadas relacionadas a parte interessada Atores da Cadeia de Valor	130
Tabela 36: Resultado da valoração das informações sociais evidenciadas junto as empresas de logística – etapa de transporte	130
Tabela 37: Dados de IDH de municípios gaúchos e valores médios dos municípios integrantes da fase agrícola e industrial do biodiesel de soja	131
Tabela 38: Dados de PIB, coeficiente de Gini e valor adicionado bruto por setor dos municípios gaúchos e valores médios dos municípios integrantes da fase agrícola e industrial do biodiesel de soja	132
Tabela 39: Dados de IDESE de municípios gaúchos e valores médios dos municípios integrantes da fase agrícola e industrial do biodiesel de soja	133
Tabela 40: Fatores de alocação para o biodiesel de soja	134
Tabela 41: AICV para a categoria aquecimento global de estudos para o biodiesel brasileiro.	141
Tabela 42: AICV para a categoria acidificação de estudos para o biodiesel brasileiro.....	142

Tabela 43: AICV para a categoria eutrofização de estudos para o biodiesel brasileiro.	142
Tabela 44: AICV para a categoria recursos abióticos de estudos para o biodiesel brasileiro.	143
Tabela 45: AICV para as categorias uso do solo e uso da água de estudos para o biodiesel de soja.....	143
Tabela 46: Impactos sociais mais positivos e mais críticos da fase agrícola	158
Tabela 47: Impactos sociais mais positivos e mais críticos da fase industrial	160
Tabela 48: Níveis de consistência e confiabilidade dos dados para as etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS.....	162
Tabela 49: Identificação das contribuições importantes(>10%) para o ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica no RS.....	163
Tabela 50: Variação do impacto de uso do solo pela variação da área ocupada durante o plantio da soja.	164
Tabela 51: Variação do impacto de acidificação pela variação da emissão de NO _x durante a queima de biodiesel.	164
Tabela 52: Variação do impacto de eutrofização pela variação da emissão de nitrogênio e fósforo durante a etapa de semeadura da fase agrícola.	165
Tabela 53: Variação do impacto de recursos abióticos pela variação do metanol na fase industrial.	165
Tabela 54: Variação do impacto de aquecimento global pela variação das emissões dos GEE gerados pela MUT na fase agrícola.	166
Tabela 55: Variação do impacto de aquecimento global pela variação das emissões dos GEE gerados pela fase de uso.	166
Tabela 56: Variação do impacto de uso da água pela variação do hidróxido de sódio na fase industrial.	167
Tabela 57: Variação do impacto de uso da água pela variação da energia elétrica na fase industrial.	167
Tabela 58: Variação do impacto de uso da água pela variação do metanol na fase industrial.	167
Tabela 59: Estatísticas e distribuições realizadas na simulação da incerteza dos dados.....	168
Tabela 60: Níveis de consistência e confiabilidade dos dados para as etapas dos custos do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS	169
Tabela 61: Identificação das contribuições importantes (>5%) para os custos ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica no RS.....	170

Tabela 62: Variação do impacto de custo pela variação do tipo de fonte de energia utilizada na fase industrial.....	171
Tabela 63: Variação do impacto de custo de arrendamento/terra própria (fase agrícola) e de aluguéis (fase industrial).....	171
Tabela 64: Variação do impacto de custo pela variação de fertilizantes e pesticidas devido a mudança de produtividade.....	172
Tabela 65: Variação do impacto de custo pela variação de metanol e pela substituição por etanol.	172
Tabela 66: Matriz pedigree e média dos escores conforme apresentado por Haaster et al. (2013) para as etapas do ciclo de vida social do biodiesel de soja no RS.....	174
Tabela 67: Níveis de consistência, confiabilidade dos dados para as etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS.....	175
Tabela 68: Participações majoritárias e minoritárias do setor agropecuário no valor adicional bruto dos municípios integrantes da fase agrícola.....	177
Tabela 69: Participações majoritárias e minoritárias dos setores industrial e de serviços no valor adicional bruto dos municípios das fases industrial e de transporte.....	178
Tabela 70: Levantamento dos hotspots por dimensão e fase/etapa no ciclo de vida do biodiesel de soja.....	187
Tabela 71: Situação com relação a um referencial determinado para fins de avaliação integrada	188
Tabela 72: Atividades e/ou processos de maior influência por dimensão e fase/etapa.....	189
Tabela 73: Análise de sensibilidade conjunta dos processos de maior influência nas dimensões ambiental e econômica.	189
Tabela 74: Potenciais sinergias existentes entre atividades e/ou processos da ASCV do biodiesel de soja no RS.....	190

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3R	Redução, Reutilização, Reciclagem.
ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ABIQUIM	Associação Brasileira das Indústrias Químicas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ACV-S	Avaliação do Ciclo de Vida Social
AEMVI	Análise Estatística Multivariada Integrada
AICV	Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
Ascar	Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural
ASCV	Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
BoS	Barometer of Sustainability – Barômetro de Sustentabilidade
CA	Análise de <i>Cluster</i>
CCV	Custos do Ciclo de Vida
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica do Estado do RS
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFC	Clorofluorcarbonos
CIENTEC	Fundação de Ciência e Tecnologia
CML	Centre of Environmental Science
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
Cofins	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
Com.	Comércio
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COOPERMIL	Cooperativa Mista São Luiz Ltda.
CORSAN	Companhia Rio-grandense de Saneamento
COT	Custo Operacional Total
COTRIJUI	Cooperativa Agropecuária & Industrial
CP	Componentes Principais
CPR	Cooperativa dos Produtores Rurais
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

DQO	Demanda Química de Oxigênio
DoS	Dashboard of Sustainability
EDIP	Environmental Design of Industrial Products
EFM	Ecological footprint method
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária
EMBRATER	Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural
EPS	Environmental Priority Strategies
ESALQ-LOG	Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial
FAPERGS	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
FC	Fluxo de Caixa
FE	Fonte de Energia
FEE	Fundação de Economia e Estatística do Estado do RS
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
FETAG	Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Rio Grande do Sul
GB	Glicerina Bruta
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	Green House Gases
GWP	Global Warming Potential
HC	Hidrocarbonetos
HCFC	Hidroclorofluorcarbonos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBICT	Instituto Brasileiro de Ciência e Tecnologia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
IDESE	Índice de desenvolvimento socioeconômico
IDH	Índice de desenvolvimento humano
IDHM	Índice de desenvolvimento humano médio
IE/M ou IE&M	Infraestrutura e manutenção
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
Ind.	Indústria
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change

IPEA	Instituto de Pesquisas em Economia Aplicada
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz
IS/IDS	Índice de Sustentabilidade
ISCC	International Sustainability & Carbon Certification
ISO	International Standards Organization
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Initiative
LCSD	Life Cycle Sustainability Dashboard
Ltda.	Sociedade Limitada
MA	Maranhão
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MEEuP	Methodology for the Ecodesign of Energy-using Products
MUT	Mudança de Uso da Terra
NBR	Norma Brasileira
NPK	nitrogênio- fósforo- potássio
OD	Oxigênio Dissolvido
PA	Pará
Pasep	Programa de Formação do Patrimônio do funcionário Público
PCA	Análise de Componentes Principais
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PR	Paraná
RS	Rio Grande do Sul
S.A.	Sociedade Anônima
SAM	Método de Avaliação de Subcategorias Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade
SASSMAQ	
SBCS	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
SESI	Serviço Social da Indústria
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SIPAT	Semana Interna de Prevenção de Acidentes no Trabalho
SP	São Paulo
SPD	Sistema de Plantio Direto

SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SS	Sólidos em Suspensão
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TRACI	Tool for the Reduction and Assessment of Chemical Impacts
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNEP	United Nations Environment Program
USP	Universidade de São Paulo
UVA	Radiação Ultravioleta Tipo A
UVB	Radiação Ultravioleta Tipo B
VPL	Valor Presente Líquido
WSI	Water Stress Indicator

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
<	menor
>	maior
1,4 DB	1,4 diclorobenzeno
2,4 D	Ácido diclorofenoxiacético
a.a.	ao ano
atm	atmosferas (unidade de pressão)
B5	Diesel com uma fração de 5% de biodiesel
C	Carbono (átomo)
CH ₃ Br	Brometo de metila
CH ₃ OH	Metanol
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CS _A	estoque de carbono associado ao uso atual
CS _i	estoque de carbono associado a uma determinada substância
CS _R	estoque de carbono associado ao de referência
C _{VEG}	carbono armazenado na vegetação aérea e subterrânea
DCB	Diclorobenzeno
eq	equivalentes
F _I	fator que reflete os diferentes níveis de entrada de carbono no solo
F _{LU}	fator que reflete a diferença na SOC _{ST} associado ao tipo de uso da terra
F _{MG}	fator que reflete à quantidade de carbono orgânico normal do solo
g	grama (unidade de massa)
GJ	Giga-joule (unidade de energia)
H	Hidrogênio (átomo)
H ₂	Hidrogênio
ha	hectare (unidade de área)
HCl	Ácido Clorídrico
HF	Ácido Fluorídrico
i	taxa de juros
J	Joule (unidade de energia)
kg	quilogramas (unidade de massa)

km	quilometro (unidade de distância)
K ₂ O	Óxido de potássio
KOH	Hidróxido de Potássio
L	litros (unidade de volume)
m ²	metro quadrado (unidade de área)
m ³	metro cúbico (unidade de volume)
MJ	Mega-joule (unidade de energia)
mol	mol (unidade de quantidade)
N ₂	Nitrogênio
N ₂ O	Óxido Nitroso
NaOH	Hidróxido de Sódio
NH ₄	Amônia
NO	Óxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Enxofre
O	Oxigênio (átomo)
°C	graus Celsius (unidade de temperatura)
PO ₄	Fosfato
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
ppm	partes por milhão (concentração)
®	marca registrada
R\$	Reais
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO _x	Óxidos de Nitrogênio
SOC _R	carbono orgânico do solo na referência
SOC _{ST}	carbono orgânico do solo
t	toneladas (unidade de massa)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. A QUESTÃO DA SUSTENTABILIDADE	5
3.1.1. Conceitos e Requisitos.....	5
3.1.2. Indicadores de Sustentabilidade	7
3.1.3. Macroindicadores Sócioeconômicos	10
3.1.4. O Comportamento Organizacional e o Nível de Maturidade das Organizações.....	12
3.2. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO CICLO DE VIDA (ASCV).....	17
3.2.1. Avaliação do Ciclo de Vida (ABNT 14040, 2009 & ABNT 14044, 2009)	18
3.2.2. Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental.....	29
3.2.3. Avaliação dos Custos no Ciclo de Vida (CCV)	33
3.2.4. Avaliação do Ciclo de Vida Social.....	36
3.2.5. ASCV na Prática.....	42
3.3. PROCESSO PRODUTIVO DO BIODIESEL DE SOJA	51
3.3.1. Biodiesel - Fase Agrícola: produção da soja	51
3.3.2. Biodiesel - Fase Industrial: produção do óleo de soja e do biodiesel.....	56
3.3.3. Biodiesel - Produção de Insumos: etanol e metanol.....	60
3.3.4. Aspectos Sociais e Econômicos da Cadeia Produtiva do Biodiesel de Soja.....	61
3.3.5. ACV de Biocombustíveis no Brasil.....	65
4. METODOLOGIA.....	68
4.1. DEFINIÇÃO DO OBJETIVO.....	69
4.2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO.....	69
4.3. ANÁLISE DO INVENTÁRIO.....	71
4.3.1. Inventário Ambiental.....	73
4.3.2. Inventário Econômico.....	79
4.3.3. Inventário Social.....	80
4.3.4. Alocação	82

4.4. AVALIAÇÃO DO IMPACTO.....	85
4.5. INTERPRETAÇÃO	89
4.5.1. Interpretação das AICV ambiental, social e econômica separadas	89
4.5.2. Indicador de Sustentabilidade: Dashboard of Sustainability (DoS)	92
4.5.3. Análise Estatística Multivariada Integrada.....	99
5. RESULTADOS	102
5.1.INVENTÁRIO FASE AGRÍCOLA – DIMENSÃO AMBIENTAL	102
5.1.1.Caracterização de Especificidades do Plantio de Soja no RS	102
5.1.2.Fluxos Materiais e Energéticos de Entrada e Saída.....	104
5.2.INVENTÁRIO FASE AGRÍCOLA – DIMENSÃO ECONÔMICA.....	109
5.3.INVENTÁRIO FASE AGRÍCOLA – DIMENSÃO SOCIAL.....	110
5.4.INVENTÁRIO FASE INDUSTRIAL – DIMENSÃO AMBIENTAL.....	115
5.4.1.Caracterização da Produção do Biodiesel de Soja no RS.....	115
5.4.2.Fluxos materiais e energéticos de entrada e saída	115
5.5.INVENTÁRIO FASE INDUSTRIAL – DIMENSÃO ECONÔMICA	120
5.6.INVENTÁRIO FASE INDUSTRIAL – DIMENSÃO SOCIAL	124
5.7.INVENTÁRIO FASES DE TRANSPORTE E USO – DIMENSÃO AMBIENTAL	126
5.8.INVENTÁRIO FASES DE TRANSPORTE E USO – DIMENSÃO ECONÔMICA.....	129
5.9.INVENTÁRIO FASES DE TRANSPORTE E USO – DIMENSÃO SOCIAL	129
5.10.INVENTÁRIO MACROINDICADORES SÓCIO-ECONÔMICOS	130
5.11.IMPACTOS – DIMENSÃO AMBIENTAL	134
5.12.IMPACTOS – DIMENSÃO ECONÔMICA.....	150
5.13.IMPACTOS – DIMENSÃO SOCIAL	156
6. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	161
6.1.INTERPRETAÇÃO DA ACV AMBIENTAL.....	161
6.1.1.Análise de Consistência e Completeza.....	161
6.1.2.Análise de Contribuição	162
6.1.3.Análise de Sensibilidade.....	163
6.1.4.Análise de Incerteza.....	167
6.2.INTERPRETAÇÃO DO CCV	168

6.2.1.Análise de Consistência e Completeza.....	169
6.2.2.Análise de Contribuição	170
6.2.3.Análise de Sensibilidade.....	170
6.2.4.Análise de Incerteza.....	172
6.3.INTERPRETAÇÃO DA ACV-S	173
6.3.1.Análise de Consistência, Completeza e Incerteza	174
6.3.2.Interpretação Comparativa Visando Verificação, Contribuição e Sensibilidade	175
6.4.INTERPRETAÇÃO DA ASCV	178
6.4.1.Determinação dos Referenciais para Termos de Comparabilidade dos Impactos da ACV Ambiental, CCV E ACV-S.....	179
6.4.2.Interpretação Integrada Utilizando o Painel de Sustentabilidade ou Dashboard of Sustainability (DoS)	182
6.4.3.Análise Estatística Multivariada Integrada dos Impactos de ACV Ambiental, CCV e ACV-S.....	191
7.CONCLUSÕES	197
8.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	200
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202

1. INTRODUÇÃO

A sociedade atual, após um longo tempo de discussão, está assimilando a ideia de que se deve utilizar os recursos naturais de uma forma sustentável para o planeta. Termos como: ambientalmente correto, reuso e energias renováveis já fazem parte do dia-a-dia. Todavia a conscientização sobre a questão ambiental já não satisfaz mais quando a meta buscada passa a ser um mundo mais justo, auto-suficiente e economicamente viável. A partir deste momento surge uma nova forma de pensar, baseada nos princípios da sustentabilidade, tanto na esfera individual, como na regional, nacional e até mesmo global. Neste âmbito, outras dimensões, como as variáveis sociais e econômicas passam a ter importância juntamente com a questão ambiental. Logo, acaba sendo nesta mesma linha de raciocínio que as metodologias e ferramentas da área ambiental devem seguir, ou seja, incorporando os princípios de sustentabilidade e agregando as suas metodologias variáveis sociais e econômicas.

Entre as metodologias existentes dentro da área ambiental, pode ser citada a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que se trata da avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ou serviço ao longo do seu ciclo de vida. O objetivo principal da Avaliação do Ciclo de Vida é buscar quantificar e qualificar todas as etapas envolvidas desde a retirada dos recursos naturais do solo até a disposição final neste mesmo ambiente. Portanto, a busca pelo maior número de informações sobre cada uma das etapas auxilia um ente organizacional nas suas futuras tomadas de decisão. Em relação às etapas envolvidas na ACV, torna-se importante não só a questão dos resíduos e emissões gerados em decorrência da produção e consumo de um determinado produto. Esta técnica procura analisar também qual tipo de matéria-prima deve-se utilizar durante o processo industrial, por exemplo: soja e cana-de-açúcar no caso de biocombustíveis (matérias-primas renováveis) ou petróleo e carvão no caso de combustíveis de fontes fósseis (não renováveis).

Assim, ao se pensar na questão do Desenvolvimento Sustentável, esta metodologia foi planejada para avaliar os aspectos econômicos e sociais dentro do ciclo de vida de produtos e serviços já analisados dentro do escopo ambiental. Tal planejamento resultou na incorporação de duas metodologias denominadas: Custos do Ciclo de Vida (CCV) e a Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACV-S), a fim de preencher os três pilares do Desenvolvimento Sustentável (ambiental, econômico e social). Para o caso, estas duas metodologias, acabam sendo as mais usuais na representação dos pilares econômico e social, respectivamente, dentro da ideia de sustentabilidade quando agregadas ao ACV ambiental

podem ser denominadas como a Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV). Dentro desta linha de tomada de decisão, o levantamento de informações a respeito dos aspectos ambientais, sociais e econômicos envolvidos acabam servindo de subsídio para uma análise mais criteriosa quando da utilização de uma ASCV (Kloepffer, 2008; UNEP, 2011).

Com o advento da Lei Federal nº 11.097 de 2005: que determina a adição de biodiesel ao óleo Diesel (BRASIL, 2005), não só o Rio Grande do Sul (RS), como todo o Brasil vem enfrentando este desafio de substituir gradualmente uma fonte fóssil por fontes renováveis. No que tange ao estado do RS, tal fonte acaba sendo direcionada para a soja, devido à participação majoritária desta leguminosa como matéria-prima para o biodiesel (BRASIL, 2005; ANP, 2013a). Portanto, devido a esta recente demanda de mercado, verifica-se uma evolução significativa na produção e no número de usinas de biodiesel instaladas nestes últimos anos. Assim, esta crescente produção de biodiesel baseado na utilização de oleaginosas acaba significando um uso intensivo de recursos e obrigando, no mínimo, a se questionar, se este combustível de fonte renovável apresenta, também, vantagens econômicas e sociais.

Assim, diante do questionamento levantado no parágrafo anterior, o presente estudo busca oferecer um olhar sob a abordagem da ACV no intuito de analisar a sustentabilidade do biodiesel de soja gaúcho. Tal avaliação busca não só analisar os impactos ambientais e socioeconômicos, como também, discutir possíveis formas de interação destas três dimensões no decorrer de cadeia produtiva, assim como em relação aos atores e partes interessadas. Vale destacar, que este olhar diferente de análise sobre a técnica de ACV não possui a ambição de sedimentar uma nova metodologia de quantificação, mas tão somente demonstrar um novo caminho possível, ou seja, uma forma de Avaliação Sustentável do Ciclo de Vida (ASCV) (ABNT, 2009; UNEP, 2011).

Desta forma, este estudo se propôs a oferecer uma alternativa de utilização da ACV buscando mensurar não só os impactos ambientais, mas oferecer uma abordagem baseada na sustentabilidade com relação às possíveis formas de produção e utilização do biodiesel de soja para o estado do RS. Portanto, este trabalho não se resumiu a simples aplicação da ACV. Este trabalho teve o intuito de utilizar os dados obtidos em cada uma das ACV aplicadas (ACV ambiental, CCV e ACV-S) e realizar uma boa reflexão sobre as relações e influências de cada uma destas dimensões. Desta maneira o resultado alcançado visa auxiliar numa avaliação agregada de sustentabilidade para o produto em questão que a cada ano incorpora uma faixa cada vez maior do mercado de biocombustíveis no Brasil.

Vale comentar, que este trabalho está baseado num amplo inventário dos processos relacionados à produção deste biocombustível tanto na fase agrícola, como nas fases industrial, de transporte e uso. Fatores como o avanço da soja e seus potenciais impactos também foram contemplados. Dados como produtividade de soja, produção de biodiesel, número de empregos relacionados, perfil educacional dos agricultores e custos inseridos, além da influência destes na sustentabilidade do biodiesel foram contemplados na etapa de diagnóstico. A partir destes dados, este trabalho buscou demonstrar quais processos e atividades mais influenciam nos impactos ambientais, econômicos e sociais do ciclo de vida do biodiesel de soja. Buscou-se destacar os pontos críticos nas três dimensões avaliadas (ambiental, econômico e social) como também em cada uma das etapas aqui contempladas (fase agrícola, fase industrial, etapa de transporte e etapa de uso) que demandam melhorias para uma sustentabilidade maior deste produto. Além disso, tal avaliação busca verificar as relações e sinergias existentes entre as etapas que compõem o ciclo de vida deste biocombustível.

O objetivo final foi de apresentar como os principais processos e atividades se integram na busca da sustentabilidade do biodiesel de soja. Conclusões baseadas na quantificação e avaliação dos prováveis impactos (ambientais, sociais e econômicos) auxiliarão nas futuras decisões de como planejar não só a melhor forma de participação dos atores envolvidos, como também, a maneira mais correta para a manufatura e utilização deste combustível de forma a mitigar os possíveis impactos existentes na cadeia produtiva do mesmo. É claro que o trabalho acabou tendo suas deficiências como, por exemplo, a necessidade de avanço nas metodologias relacionadas à questão social. Desta maneira, as mesmas são levantadas e apresentadas com a utilização de ferramentas estatísticas, a fim de oferecer aos futuros trabalhos oportunidades para melhorar as mesmas na busca da maior consistência de resultados de pesquisa nesta área.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Apresentar uma forma de verificação da sustentabilidade do biodiesel de soja com o emprego da Avaliação de Sustentabilidade de Ciclo de Vida (ASCV), no contexto do estado do Rio Grande do Sul.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento da situação gaúcha no que diz respeito à cadeia produtiva do biodiesel da soja.
- Caracterizar os atores e o envolvimento destes com a questão ambiental, econômica e social.
- Definir e avaliar os aspectos ambientais, sociais e econômicos para o objeto de estudo em questão.
- Elaborar os Inventários de Ciclo de Vida (ICV) utilizando como base os dados obtidos para a produção do biodiesel da soja.
- Analisar os impactos calculados e verificar os níveis de sustentabilidade para o biodiesel no estado do Rio Grande do Sul.
- Desenvolvimento metodológico da ferramenta de ASCV.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de facilitar o entendimento das ideias desenvolvidas neste trabalho, torna-se necessário esclarecer de que forma este capítulo foi organizado procurando explicar todos os assuntos relacionados ao tema abordado. Assim, esta revisão da bibliografia englobará ideias e conceitos que dizem respeito à verificação da sustentabilidade do biodiesel de soja, utilizando a ASCV e seus respectivos componentes.

Este capítulo iniciará com uma discussão a respeito da sustentabilidade, procurando contextualizar itens como o seu conceito, requisitos e formas de medição com a utilização de indicadores. A seguir o trabalho busca discutir como esta abordagem da sustentabilidade se adequa à metodologia normalizada de ACV, buscando assim propor um novo olhar baseado no tripé da sustentabilidade, com uma proposta de ASCV, ou seja, analisar o ciclo de vida do biodiesel não só dentro da dimensão ambiental, como também estender para as dimensões econômica e social e como estas se relacionam de forma integrada. Portanto, a fim de entender, principalmente a dimensão social dentro das organizações, torna-se necessária uma discussão sobre um tema de grande influência na avaliação do ciclo de vida social que é a questão do comportamento organizacional e o nível de maturidade dos sistemas de gestão das organizações. Com relação à padronização da ACV, serão descritas as funções de cada uma das etapas: objetivo e escopo, inventário, avaliação de impactos e interpretação. Ainda sobre este mesmo tema serão levantadas e discutidas as ideias abordadas no meio acadêmico. Ao final, o capítulo abordará uma descrição detalhada da cadeia produtiva do biodiesel e seus respectivos insumos.

3.1. A QUESTÃO DA SUSTENTABILIDADE

3.1.1. Conceitos e Requisitos

Torna-se notório que a humanidade vem colocando em risco sua sobrevivência neste planeta ao viver em desacordo com os princípios defendidos pelo Desenvolvimento Sustentável. Os requisitos da sustentabilidade terão de ser atingidos através do estabelecimento destes em todos os níveis da nossa sociedade. Isto inclui as esferas nacionais, regionais, individuais e global (Kloepffer, 2008).

Além disso, vale lembrar que a ideia da sustentabilidade não se concentra somente na questão da preservação dos recursos naturais. Souza (2000) coloca que esta ideia vai além, contemplando questões como a pobreza no mundo e as limitações que o estágio atual da tecnologia, e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo este de atender às necessidades futuras da humanidade. Esta ideia foi levantada, pela primeira vez, em 1987

pela World Commission on Environment and Development (WCED) - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. A partir dos trabalhos da mesma, foi publicado um trabalho intitulado: *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum). Este trabalho também é conhecido como Relatório Brundtland, nome este utilizado em homenagem à primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland que naquela ocasião chefiou esta comissão (Sustainable Development Commission, 2011; Medrano, 2007; Philippi Jr., 2005; Trigueiro, 2005). Um dos resultados deste encontro foi a concepção do conceito de desenvolvimento sustentável, mostrado a seguir:

“O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.” (Sustainable Development Commission, 2011)

Conforme se observa no conceito apresentado, a sustentabilidade baseia-se na utilização dos recursos naturais de uma maneira responsável. Estes recursos, em todas as suas dimensões (ecológica, social, econômica, espacial/geográfica e cultural), devem poder ser ofertados de forma equânime para as atuais e futuras gerações. Tal ideal teve seus princípios enunciados em 1972 na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo. Naquele momento foi levantada a questão da necessidade de um ecodesenvolvimento, termo utilizado naquela ocasião.

Todavia, conforme destaca Medrano (2007), tal conceito acabou não se fortalecendo. Isto ocorreu, pois se levantou a questão de que a contemplação destas 5 (cinco) dimensões, juntamente com o fenômeno da globalização acabaria implicando num desenvolvimento que respondesse não só as variáveis endógenas, como também as variáveis exógenas. Assim, isto acabou repercutindo num indicativo de internacionalização dos mercados, produção e modelos culturais. Tal fato acabaria enfraquecendo a capacidade dos Estados de manterem uma unidade e identidade nacional. Somente na década seguinte, discussões sobre desenvolvimento começaram a tomar importância novamente. Porém, tais discussões, acabaram tomando um rumo um pouco mais neoliberal. Desta forma, cinco anos após a sua concepção em 1987, durante a Conferência Mundial de Meio Ambiente ocorrida no Rio de Janeiro (Eco-92), este mesmo conceito de desenvolvimento sustentável acabou sendo modificado para:

“É o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades.”(Sustainable Development Commission, 2011)

No caso deste segundo conceito, em seu sentido mais amplo, a estratégia de desenvolvimento sustentável visa buscar a promoção da harmonia entre os seres humanos, e entre a humanidade e a natureza. Todavia, no que se refere ao sentido mais específico, tal concepção acabou sendo alicerçada em três dimensões: a ambiental, a econômica e a social. O embasamento nestas três acabou sendo mais bem aceito por todas as partes e governos que participaram da construção desta nova forma de pensar o desenvolvimento. Isto culminou nesta estrutura tão divulgada e utilizada nos dias atuais.

3.1.2. Indicadores de Sustentabilidade

Uma vez definido e aceito, o próximo passo em relação ao desenvolvimento sustentável diz respeito à questão de como os governos e partes interessadas fariam para mensurar e controlar este desenvolvimento. Conforme coloca Bellen (2006), apesar do baixo nível de consenso sobre o conceito de desenvolvimento sustentável torna-se imprescindível a elaboração de indicadores com um determinado grau de agregação para o monitoramento da questão da sustentabilidade. Isto é importante, pois a utilização destes indicadores nada mais é do que uma maneira intuitiva de monitorar sistemas complexos que a sociedade considera importante e que, portanto, precisam ser controlados. Somado a isso, Rodriguez et al. (2002) colocam a importância da interação destas três dimensões e, por consequência, a necessidade de indicadores que apresentem de alguma maneira o envolvimento simultâneo da prosperidade econômica, qualidade ambiental e equidade social. Estes autores ainda reforçam que apesar das dificuldades e limitações que os indicadores de sustentabilidade podem apresentar, a Universidade de Michigan acabou utilizando-se destes para demonstrar a sustentabilidade de seu Campus, tanto na forma agregada como na forma desagregada (indicadores ambientais, econômicos e sociais).

Todavia, Gallopin; Wall e Bossel apud Bellen (2006) alertam que quando se discute a sustentabilidade e seus indicadores, deve-se ter em vista que julgamentos de valor sempre estarão presentes nos sistemas de avaliação, nos diferentes níveis e dimensões existentes. Além disso, tais indicadores poderão ser implícitos ou explícitos. Julgamentos de valor explícitos são aqueles tomados conscientemente e compreendem a parte fundamental do processo de criação de indicadores. Porém, os valores implícitos também poderão estar incluídos nesse processo. Tais valores decorrem de aspectos que não são facilmente observáveis e que são, na sua maioria, inconscientes e relacionados a características pessoais e

de uma determinada sociedade (cultura). A mensuração da influência dos fatores implícitos é difícil de avaliar e afeta de qualquer maneira o processo de formulação dos indicadores. Outro aspecto amplamente discutido por estes autores, diz respeito a questão da agregação dos dados na sua formulação. Wall e Bossel apud Bellen (2006) destacam que embora indicadores altamente agregados sejam necessários para aumentar o grau de conhecimento e consciência a respeito dos problemas ambientais, indicadores desagregados são, ainda assim, essenciais para que se possam tomar iniciativas específicas de ação. Desta forma, em resposta a este problema existente na agregação de valores, existe a opção da utilização de sistemas ou listas de indicadores que estejam relacionados a problemas específicos de determinada área que esteja sendo investigada. Outra opção seria a criação de uma subestrutura de informações desagregadas. Pensando nessas situações e problemas é que foram criados indicadores. Estes possuem o intuito de facilitar estas tarefas de controle e mensuração, sem esqueceros potenciais problemas relacionados aos valores implícitos e a agregação destes mesmos valores.

Todavia, antes de focar o assunto nos tipos de indicadores utilizados e em que situações estes possuem melhor adequação, deve-se ressaltar o que coloca, por exemplo, Philippi Jr (2005). Este autor destaca a existência de uma grande diversidade de indicadores ambientais, econômicos e sociais em uso, porém a sua utilização sem estudos e critérios adequados poderá dificultar a avaliação e a comunicação do processo de desenvolvimento. Nesse sentido, torna-se importante a pesquisa dos indicadores existentes e em uso, uma vez que já se dispõe de histórico e experiência para diversos deles, possibilitando assim uma aplicação mais imediata, inclusive com análises temporais. Somado a isto, vale citar também a questão colocada por UNEP (2009), no que se refere à validade de um indicador. Este autor levanta a preocupação de que um indicador é dito ser válido quando o ajuste entre ele e o adequado conceito estão muito próximos. Embora isto seja uma regra elementar de pesquisa empírica, isto não significa simplesmente observar. Conceitos são abstratos enquanto medidas de indicadores são concretas. Seguindo nesta mesma linha, o autor afirma ainda que se deve levar em conta que a definição de indicadores de sustentabilidade pode demonstrar dificuldades na obtenção dos dados. Portanto, ao se definir um indicador de sustentabilidade este deve passar por uma análise na tangibilidade dos dados, caso contrário de nada adianta definir como imprescindível tal indicador se o mesmo nem ao menos pode ser mensurado. Pensando numa forma de mensurar o quão sustentável é um país, o Banco Mundial, por exemplo, utiliza uma metodologia para o cálculo de indicação de riqueza que contempla o montante de recursos naturais disponíveis pelo País que futuramente poderão

gerar riqueza. Portanto, ao valorar a riqueza gerada por uma fonte não renovável e uma renovável num determinado território em um espaço de tempo definido, verifica-se claramente que no caso da fonte não renovável a exploração e consumo com certeza diminuirão as oportunidades e riquezas a serem utilizadas pelas gerações futuras. Tal fato acaba indo de encontro com o conceito de desenvolvimento sustentável. Além disso, ao se analisar pelo prisma econômico, a utilização de um bem sem a sua renovação repercute na diminuição de riquezas geradas por aquele país. Portanto, a utilização destes indicadores abrange muitas questões e dimensões, o que acaba refletindo numa grande diversidade de sistemas de indicadores conforme já foi citado (Philippi Jr., 2005; Bellen, 2006; UNEP, 2009).

Liverman apud Juwana et al. (2012) sugerem algumas características consideradas importantes para a escolha de um indicador. Características como: sensibilidade de mudança no tempo e espaço, sensibilidade de pró-atividade ou antecipação, possibilidade da transformação apropriada dos dados, sem tendências ou propensões (ou que permita localizar as potenciais fontes), serem compostos por dados disponíveis e/ou acessíveis e possibilidade de uma leitura integradora dos resultados individuais. Estes autores defendem que tais características é que tornam um indicador mais confiável, robusto e construtivo.

Ainda com relação aos indicadores de sustentabilidade, Böhringer e Jochem (2007), defendem alguns requisitos-chave para a agregação de dados e, em que premissas um indicador apropriado deve se basear. Das diversas premissas colocadas, destacam-se os requisitos defendidos com relação à agregação de variáveis apresentadas em intervalos de escala (semi-quantitativas) sem que sejam comparáveis. Tal fato acarretaria num indicador baseado numa média ilusória, o que representaria uma imposição ditatorial. Levando essa colocação para o caso das dimensões que compõem a sustentabilidade, verifica-se a usabilidade de resultados com indicadores semiquantitativos e qualitativos na dimensão social e pode-se afirmar também a existência do problema de comparabilidade que ocorre entre estas três dimensões. Baseado nesta última informação verifica-se que muitos índices de sustentabilidade aplicados acabam violando esta premissa podendo resultar num indicador cuja agregação de dados baseou-se numa possível média ilusória. Define-se aqui média ilusória, como sendo uma média que reúne dados não comparáveis e que possivelmente levarão a um resultado médio sem qualquer significado ou validade. Portanto, Böhringer e Jochem (2007) ainda colocam, que no caso dos indicadores de sustentabilidade, existe a necessidade de se agregar variáveis não comparáveis, utilizar dados semi-quantitativos e qualitativos, sem citar os problemas comuns relacionados a limites financeiros, humanos e de tempo. Assim, para que estes indicadores possam cumprir os requisitos recém discutidos sem

que se perca a confiabilidade, robustez e operacionalidade dos resultados. Assim, sugere-se que um indicador de sustentabilidade deva realizar a ponderação das variáveis baseada em critérios transparentes e de aceitação geral, que a análise dos índices que compõem o indicador seja realizada de forma compreensiva e que os índices que compõem o indicador possam ser mensuráveis de alguma maneira.

Desta forma, a fim de verificar como este universo de indicadores de sustentabilidade é visto, Bellen (2006) realizou uma análise de seleção, onde foram levantadas 18 (dezoito) diferentes métodos de avaliações de sustentabilidade baseadas em indicadores reconhecidos internacionalmente. A seleção realizada, por este autor, destes sistemas de indicadores baseou-se na consulta a diversos especialistas da área, de variados segmentos da sociedade, e que tem trabalhado com temas relacionados à sustentabilidade. Tal processo de seleção da amostra dos especialistas foi realizado a partir da construção de uma lista dos principais participantes e palestrantes dos eventos internacionais mais importantes na área de desenvolvimento sustentável e também de grupos interdisciplinares que trabalham nesta área. A amostra acabou sendo 80 especialistas que foram divididos em 4 (quatro) categorias: organizações não governamentais (27 especialistas), organizações governamentais (27 especialistas), instituições educacionais ou de pesquisa (22 especialistas) e instituições privadas (4 especialistas). A partir deste levantamento, a amostra da consulta a estes especialistas conduziu a 3 (três) sistemas de indicadores relacionados à sustentabilidade que são mais reconhecidos internacionalmente baseados na metodologia aqui descrita. As três metodologias de avaliação mais lembradas foram: Ecological Footprint Method (EFM), Dashboard of Sustainability (DoS) e Barometer of sustainability (BoS). Interessante observar que o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), acabou sendo a quarta metodologia mais lembrada apesar desta não estar necessariamente ligada ao conceito de desenvolvimento sustentável, demonstrando então o grande destaque que vem sendo dado a esta metodologia na mídia recente.

3.1.3. Macroindicadores SócioEconômicos

Além dos Indicadores de Sustentabilidade, a aferição do Desenvolvimento Sustentável pode ser auxiliada com a verificação de macroindicadores socioeconômicos. Como o trabalho em questão utilizou macroindicadores como o Produto Interno Bruto (PIB), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (IDESE) e o Coeficiente de Gini, este item da revisão bibliográfica busca realizar uma breve

discussão a respeito destes macroindicadores com o intuito de deixar mais claro o significado de cada um.

O indicador de desenvolvimento mais utilizado e divulgado trata-se do PIB. Trata-se da soma de todos os bens e serviços finais produzidos dentro do território econômico de um país, independentemente da nacionalidade dos proprietários das unidades produtoras. Por bens e serviços finais compreende-se que não são consideradas as transações intermediárias. Este índice de uma maneira geral é utilizado para determinar a riqueza de um país. (Rosseti, 1980). Todavia, Souza (2000) coloca que se trata de um indicador muito questionado, pois atualmente referencia uma forma de medição extremamente importante que acaba representando resultados de bem-estar e de desenvolvimento, sendo utilizado, portanto como parâmetro de decisões políticas e econômicas. Porém, a forma de cálculo, baseado na agregação de toda a produção nacional ocasiona algumas distorções. Por exemplo, embora uma floresta contribua com inúmeros serviços para o sistema econômico, apenas é considerado como riqueza o fruto da madeira que se retira dela. Desta forma, o desmatamento eleva o PIB e, conseqüentemente gera “riqueza” para o país! Essa e outras distorções são frutos do sistema de cálculo das contas nacionais, que desconsidera os serviços prestados pelos ecossistemas e pelo capital natural em geral.

Deve-se destacar que o macroindicador IDH possui como um dos requisitos o PIB. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), o IDH foi criado como uma medida do grau de desenvolvimento humano de um país em alternativa ao PIB, buscando então minimizar estas distorções existentes no PIB. Este macroindicador reúne três requisitos, que se referem a requisitos importantes para a expansão das liberdades das pessoas: a oportunidade de se levar uma vida longa e saudável (saúde), ter acesso ao conhecimento (educação) e de poder desfrutar de um padrão de vida digno (renda). Procurando popularizar o conceito de desenvolvimento centrado nas pessoas, e não a visão de que desenvolvimento se limita a crescimento econômico, o PNUD Brasil, o IPEA e a Fundação João Pinheiro adaptaram a metodologia do IDH Global para calcular o IDH Municipal (IDHM) dos municípios brasileiros (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013).

Já, o IDESE é um índice comparativo usado para classificar os municípios e Coredes (Conselhos Regionais de Desenvolvimento da Região Sul) do Rio Grande do Sul pelo seu grau de desenvolvimento econômico, sendo apresentado pela Fundação de Economia e Estatística (FEE). Este índice surgiu com base no IDH buscando agrupar indicadores econômicos e sociais em 4 blocos distintos: educação, renda, condições de saneamento e domicílio, e saúde. Vale lembrar que cada bloco ainda é composto por mais de um indicador

que determinam o valor final destes blocos. O IDESE tem o propósito de mensurar o nível de desenvolvimento dos municípios gaúchos. (FEE, 2009).

O Coeficiente de Gini é um indicador de desigualdade sendo comumente utilizado para calcular a desigualdade de distribuição de renda. Este coeficiente foi desenvolvido pelo estatístico Corrado Gini, que acabou determinando o nome do indicador. Ele consiste em um número de 0 (zero) a 1 (um), onde 0 (zero) corresponde a completa igualdade de renda e 1 (um) corresponde à completa desigualdade (onde uma pessoa tem toda a renda). Este resultado final é baseado nas proporções acumuladas das variáveis população e renda. (BRASIL, 2013). Desta maneira este coeficiente serve de complementação para as informações de renda dos outros macroindicadores, pois é possível verificar se o valor bruto obtido para a renda está distribuído de uma forma mais igualitária.

3.1.4. O Comportamento Organizacional e o Nível de Maturidade das Organizações

Diferentemente da ACV (ambiental) e do CCV que baseiam seus inventários no entendimento do processo a fim de levantar os fluxos mássicos, energéticos e econômicos, a ACV-S vai além, tentando compreender a responsabilidade social assumida pelas organizações (Parent et al., 2010). Entende-se como responsabilidade social uma forma de gestão externalizada em atividades na sociedade e com todos os públicos com os quais a organização se relaciona que transcendem a atividade de filantropia. Desta forma não se pode confundir Responsabilidade Social com um investimento isolado da empresa. Investimentos são louváveis, mas o conceito em questão é muito mais amplo. Convém ressaltar que a filantropia tem seu valor na sociedade atual e não deve ser menosprezada. Porém, não existe um acompanhamento quanto aos resultados e impactos sociais, que para o caso da ACV-S torna-se essencial (Moretti, T & Rizzi, M, 2004; ABNT, 2010).

Desta forma, esta compreensão passa também por diagnosticar o comportamento organizacional de cada instituição. Assim, Robbins (2002) apresenta um modelo para o comportamento organizacional. Neste modelo são sugeridos três níveis de análise: o nível do indivíduo, o nível do grupo e o nível dos sistemas organizacionais. Robbins (2002) explica que à medida que se caminha do nível individual para o sistema organizacional, eles vão se somando sistematicamente ao entendimento do comportamento dentro das organizações. Os três níveis básicos são análogos a blocos de construção, ou seja, cada nível é construído sobre o nível anterior.

Neste mesmo caminho, o autor do trabalho busca apresentar um modelo para o comportamento da gestão da responsabilidade social. Este modelo assim como o modelo de Robbins (2002) será construído partindo de teorias do nível básico do indivíduo, sobrepondo a limitação teórica sobre os níveis do indivíduo e do grupo para se atingir um modelo final complementado pela teoria ao nível do comportamento organizacional.

Ao se avaliar a evolução da gestão da responsabilidade social nas organizações tomando como referência o nível individual, a conhecida teoria da hierarquia das necessidades de Maslow sempre acaba se apresentando como uma boa maneira de entender a hierarquia de necessidades de cada ser humano (Robbins, 2002). Além disso, a pirâmide das necessidades já serviu como modelo de adaptação para explicar a evolução da abordagem da avaliação da sustentabilidade (Finkbeiner et al., 2010) além de sempre ser lembrada como um bem conhecido modelo de maturidade (Klimko, 2001).

Segundo esta teoria dentro de cada ser humano existe uma hierarquia de cinco necessidades, conforme apresentado na figura 1, são elas:

Figura 1: Hierarquia das necessidades de Maslow



Fonte: Robbins (2002)

1. Fisiológicas: incluem fome, sede, abrigo, sexo e outras necessidades corporais
2. Segurança: inclui segurança e proteção contra danos físicos e emocionais.
3. Sociais: incluem afeição, aceitação, amizade e sensação de pertencer a um grupo.
4. Estima: inclui fatores internos de estima, como respeito próprio, realização e autonomia; e fatores externos de estima, como status, reconhecimento e atenção.
5. Auto-realização: a intenção de tornar-se tudo aquilo que a pessoa é capaz de ser, inclui crescimento, autodesenvolvimento e alcance do próprio potencial.

À medida que cada uma destas necessidades vão sendo atendidas, a próxima torna-se dominante. Como mostra a figura 1, o indivíduo move-se para o topo da pirâmide. As cinco necessidades são separadas em patamares mais altos e mais baixos. As necessidades fisiológicas e de segurança são descritas como necessidades primárias, e aquelas relacionadas com auto-realização, estima e sociais são chamadas de necessidades secundárias. A diferenciação entre estes dois níveis parte da premissa de que as necessidades secundárias são satisfeitas internamente enquanto aquelas de nível primário são satisfeitas quase sempre externamente.

O próximo nível seria o do grupo. Neste caso, chama a atenção às teorias que buscam explicar uma sequência padronizada para a evolução de um determinado grupo. Robbins (2002) coloca que esta sequência de evolução pode ser chamada de modelo de cinco estágios de desenvolvimento de grupo. O modelo de cinco estágios de desenvolvimento do grupo caracteriza o processo que passa cinco etapas diferentes (figura 2): formação, tormenta, normalização, desempenho e interrupção.

Figura 2: Estágios de desenvolvimento do grupo



Fonte: Robbins (2002)

O primeiro estágio, formação, é caracterizado por uma grande dose de incerteza sobre os propósitos do grupo, sua estrutura e sua liderança. Os membros estão “testando o terreno” pra descobrir quais os comportamentos aceitáveis no grupo. Este estágio termina quando os membros começam a pensar em si mesmos como parte do grupo.

O estágio da tormenta é aquele dos conflitos dentro do grupo. Os membros aceitam a existência do grupo, mas mostram resistência aos limites impostos à individualidade. Além disso, existe um conflito sobre quem controlará o grupo. Quando este estágio estiver concluído, haverá uma hierarquia de liderança relativamente clara.

O terceiro estágio é aquele em que se desenvolvem os relacionamentos mais próximos e o grupo passa a demonstrar coesão. Existe agora um forte sentido de identidade grupal e de camaradagem. Este estágio de normalização se completa quando a estrutura do

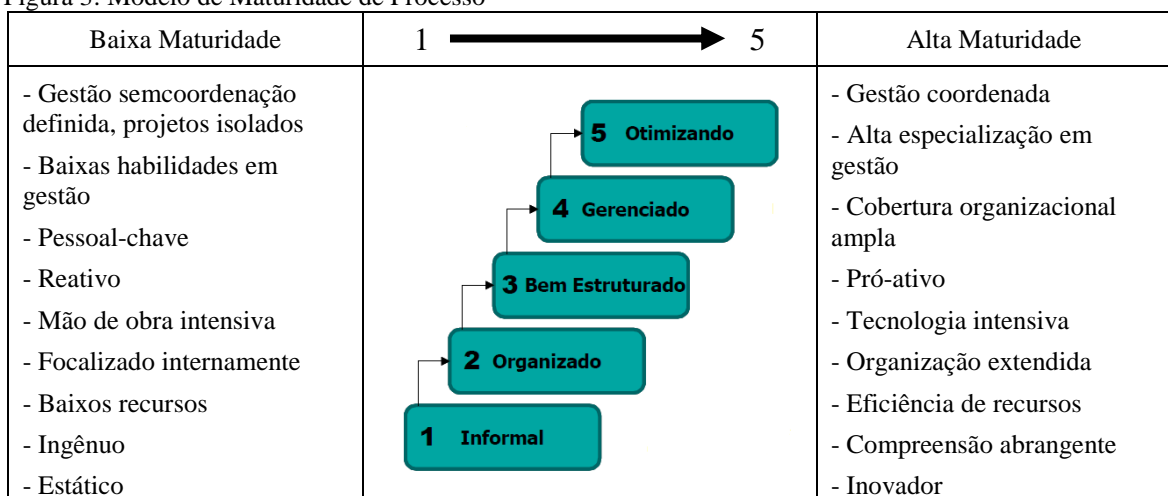
grupo se solidifica e ele assimila um conjunto de expectativas, que definem qual deve ser o comportamento correto de seus membros.

O quarto estágio é o desempenho. A estrutura, neste momento, é totalmente funcional e aceita. A energia do grupo transferiu-se do esforço de conhecer e compreender uns aos outros para o desempenho da tarefa que deve ser realizada.

Para os grupos permanentes de trabalho, o desempenho é o último estágio do desenvolvimento. Contudo para os grupos temporários, como comissões, equipes, forças-tarefa e similares, que possuem uma determinada tarefa a cumprir, existe o estágio da interrupção, quando as atenções voltam-se todas para a conclusão das atividades.

O último nível trata-se do comportamento organizacional analisado sob a sua estrutura formal somado ao prévio conhecimento do comportamento dos indivíduos e dos grupos. Neste caso, o modelo de avaliação da maturidade das organizações amplamente utilizado como referencial é o Modelo de Maturidade de Processos (Klimko, 2001; Rosemann & De Bruin, 2005; Siqueira, 2005). Conforme colocam Rosemann & De Bruin (2005) e Siqueira (2005), este modelo é estruturado em 5 níveis, conforme apresentado na figura 3.

Figura 3: Modelo de Maturidade de Processo



Fonte: Rosemann & De Bruin (2005) e Siqueira (2005)

Cada nível de maturidade é formado por um conjunto de atributos que caracterizam o estágio da capacidade dos processos da organização. O modelo é concebido de tal forma que a capacidade nos níveis inferiores fornece progressivamente as bases para os estágios superiores.

Em resumo, os cinco níveis de maturidade são assim definidos: informal, organizado, bem-estruturado, gerenciado e otimizado (Rosemann & De Bruin, 2005; Siqueira, 2005).

Na base do modelo, as organizações que se encontram no nível informal caracterizam-se pela execução de atividades básicas sem rigor no planejamento e execução. Além disso, o desempenho das atividades pode ser confuso, imprevisível e inconsistente, podendo resultar em produtos de baixa qualidade, incertezas quanto aos prazos de entrega e extrapolação no orçamento de custos. Desta forma o desempenho depende de habilidades e dedicação individuais.

No nível organizado, etapa posterior do nível informal, as organizações já apresentam produtos conforme padrões e requisitos especificados. A execução dos principais processos já demonstra planejamento, gestão e direcionamento para uma boa estruturação e os resultados destes processos já são previsíveis. Os subprocessos e atividades podem ser bem definidos, todavia a relação entre processos específicos e macro-processos ainda não é bem definida.

O terceiro nível classifica uma organização como bem-estruturada. Neste caso, as atividades básicas são desempenhadas segundo um processo bem definido, seguindo padrões adotados por toda a organização. Além disso, os subprocessos e atividades, assim como a relação entre processos e macro-processos são definidos. É durante este nível que a organização inicia o uso de medições para ajudar no gerenciamento de processos.

A organização que apresenta as características do nível gerenciado encontra-se focada no gerenciamento de processos, com medições de desempenho detalhadas e analisadas. Nesta etapa a organização já possui conhecimento da capacidade do processo apresentando boa margem de acerto nas previsões de desempenho. A qualidade do produto é quantificada e o gerenciamento do desempenho é objetivo.

O nível mais alto que uma organização pode alcançar é o nível otimizado. Neste caso as metas de desempenho baseadas nos objetivos do negócio são quantitativamente estabelecidas. Além disso, existe uma permanente ação de melhoria e refinamento de métodos, orientada para os objetivos estratégicos da organização com medições sistemáticas para fornecer *feedback* sobre o desempenho do processo e orientar as ações de melhoria e inovação.

Portanto, o modelo para o comportamento organizacional de Robbins (2002) nos oferece três maneiras de se verificar a maturidade das organizações e, por consequência, o nível de maturidade do sistema de gestão da responsabilidade social destas instituições. Logo, avaliando de forma conjunta este referencial teórico sobre as diversas formas de avaliação da maturidade das organizações e a importância da ACV-S e seus objetivos, a questão mais

importante a ser avaliada é: organizações que apresentem níveis de maturidade diferentes podem ser comparadas e/ou avaliadas por uma mesma ACV? A resposta para esta pergunta ampara-se na explicação de que a obtenção de uma boa ACV-S depende do sucesso no levantamento de indicadores sociais que são praticamente gerados através das partes interessadas (Grießhammer, 2006; UNEP, 2009; Dreyer et al., 2010; Benoit-Norris et al., 2011; UNEP, 2011; Ramirez et al., 2014). Desta forma, o nível de maturidade da gestão de uma organização influenciará na qualidade dos dados a serem utilizados no inventário, pois conforme colocam Rosemann & De Bruin (2005) e Siqueira (2005) o aumento da maturidade do sistema de gestão de uma organização repercute na melhoria do controle de desempenho devido a implementação de medições, monitoramento e análise do desempenho sistemático das atividades e métodos implementados na organização. Por fim, e não menos importante, torna-se fundamental abrir uma discussão a respeito da identificação de potenciais pontos críticos sociais durante o ciclo de vida de um determinado produto.

Somado a isso, conforme já foi colocado por Finkbeiner et al. (2010) é possível também verificar o nível de maturidade nas organizações baseando-se nessa mesma pirâmide de necessidades, só que adaptada para a abordagem da avaliação da sustentabilidade. Neste caso, Finkbeiner et al. (2012) sugere uma base da pirâmide composta por organizações que recém se depararam para o pensamento do ciclo de vida. Conforme vai se escalando esta pirâmide, então as organizações se apossam da questão da pegada de carbono e pegada hídrica, assumindo então a ACV, chegando então a níveis mais altos de maturidade para organizações que já investem na eficiência ecológica e, finalmente, na ASCV. Vale ressaltar que esta adaptação sugerida por Finkbeiner et al. (2012) encontra espaço como uma ferramenta de apoio na avaliação de ASCV, pois esta adaptação acaba servindo de comparativo aos resultados obtidos através de outras abordagens utilizadas para a ASCV.

3.2. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO CICLO DE VIDA (ASCV)

A ASCV é uma metodologia que busca verificar o nível de sustentabilidade de um produto, serviço ou processo dentro do ciclo de vida do objeto de estudo. Na verdade, esta metodologia deriva da ACV, onde ao se pensar na questão do desenvolvimento sustentável, a ACV acabou sendo repensada a fim de englobar os aspectos econômicos e sociais. Desta forma, este planejamento, baseado nos princípios da sustentabilidade, resultou na incorporação das metodologias denominadas: Custos do Ciclo de Vida (CCV) e a Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACV-S). Portanto, a ASCV acabou sendo denominada como a agregação da ACV ambiental, da CCV e ACV-S.

Para uma melhor compreensão do que se trata a ASCV será realizada uma contextualização de cada uma das metodologias integrantes (ACV, CCV e ACV-S) separadamente. Antes disso, torna-se importante uma análise da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida baseada nas normas ABNT NBR ISO 14040:2009 e ABNT NBR ISO 14044:2009 que definem os princípios, estrutura, requisitos e orientações no que tange a este assunto.

3.2.1. Avaliação do Ciclo de Vida (ABNT14040, 2009&ABNT 14044,2009)

Esta técnica de gestão ambiental, para termos de Brasil, possui seus princípios e estrutura definidos na norma ABNT NBR ISO 14040:2009 e seus requisitos e orientações definidos na norma ABNT NBR ISO 14044:2009.

Conforme colocam estas mesmas normas, a ACV trata da compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. Além disso, o termo “ciclo de vida” está definido como: estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final. Vale destacar que um estudo de ACV trabalha como uma ferramenta de subsídio na identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental nas diversas etapas de um ciclo de vida. Somado a isso, a ACV auxilia no nível de informação que tomadores de decisão necessitam tanto em nível de projeto como de planejamento estratégico de um processo ou produto de uma organização. Por fim, ela disponibiliza uma variedade de indicadores de desempenho ambiental relevantes, auxiliando também nas questões mais atuais como o “marketing verde” ou no esclarecimento de informações de cunho ambiental, importantes para o consumidor.

Em termos de estruturação a ACV é composta por 4 fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e fase de interpretação. A figura 4 apresenta como estas fases se relacionam.

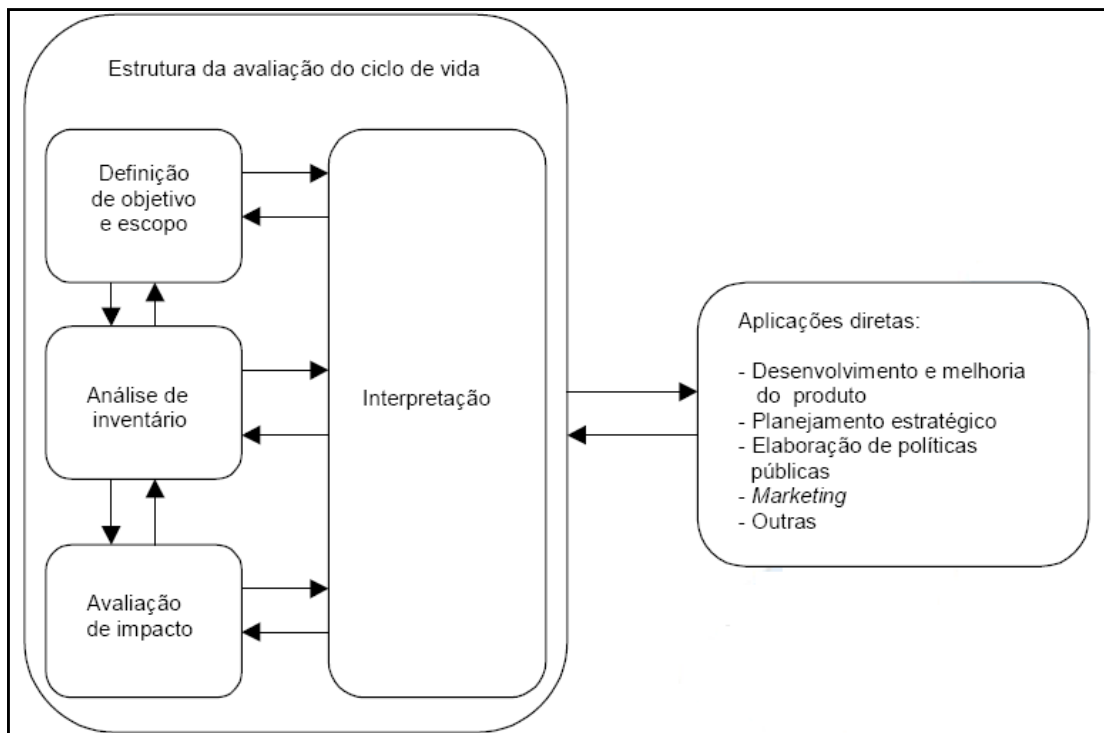
Assim, para que se possa entender de forma mais clara um estudo de ACV torna-se necessário o aprofundamento e discussão destes itens acima citados.

a) Objetivo e escopo

Uma clara e inequívoca definição do objetivo e do escopo é fundamental para a condução do estudo. Embora pareça simples e óbvia esta fase é crucial para o sucesso do estudo e para a sua relevância e utilidade. De fato, o processo de estabelecer estas definições pode ser bastante complexo. Deve partir da clara definição do sistema de produto ou serviço.

Isto envolve a definição da chamada “unidade funcional”, o que pode não ser trivial, mas que está intimamente ligada ao uso, à finalidade última do sistema de produto. Por exemplo, ao se estudar o ciclo de vida de tintas, a unidade funcional deve ser algo como a unidade de área pintada acabada, e não a unidade de volume ou massa de tinta, uma vez que os rendimentos podem ser diferentes. Uma vez definida a unidade funcional, deve-se então partir para a definição do fluxo de referência do mesmo. Este facilitará a construção do fluxograma de processo e seus respectivos processos elementares. Entende-se como fluxo de referência a medida das saídas de processos em um dado sistema de produto, requeridas para realizar a função expressa pela unidade funcional.

Figura 4: Fases de uma ACV



Fonte: ABNT NBR 14040:2009

A partir daí, definem-se também as fronteiras e limites do estudo, simplificações adotadas, modelos matemáticos, bem como outros aspectos cruciais para o desenvolvimento do estudo. Vale destacar que a fronteira do sistema define quais processos elementares serão incluídos na ACV. É importante tornar tal fronteira consistente com o objetivo do estudo, portanto, os critérios utilizados na determinação desta fronteira deverão ser identificados e explicados.

Além disso, a definição do escopo define as fronteiras da avaliação, ou seja, o que deverá ser incluído no sistema e, por consequência, que método de avaliação será utilizado. Vale destacar ainda que a definição do escopo deve garantir que a extensão, profundidade e

largura do mesmo sejam compatíveis com o objetivo definido para tal estudo. Entende-se desta forma, que esta compatibilidade é que viabilizará o atendimento deste objetivo. Para um melhor entendimento destas dimensões, Chehebe (2002) coloca que: a largura do estudo trata-se da determinação de quantos e quais subsistemas deverão ser considerados, a extensão do estudo trata-se de onde o estudo deverá ser iniciado e onde ele deverá parar no ciclo de vida e, por fim, a profundidade do estudo trata-se do nível de detalhamento a ser dado para o mesmo.

Vale lembrar que é nesta fase que os procedimentos de alocação, requisitos dos dados, hipóteses de limitações e as metodologias de avaliação de impacto adotadas devem ser considerados. Tais assuntos serão abordados com mais profundidade quando da discussão das fases de inventário, avaliação de impactos e interpretação. Neste caso esta etapa contempla somente a consideração destes temas quando da definição do escopo, porém tais assuntos fazem parte das demais fases.

Um último fato importante a ser considerado é de que a ACV é uma técnica interativa. Desta forma, no decorrer do estudo devido a uma série de fatores e conforme este esteja sendo conduzido, poderão ser necessárias modificações do escopo ou complementação com informações adicionais, a fim de manter a compatibilidade e viabilidade da ACV.

b) Inventário do ciclo de vida

A análise do inventário do ciclo de vida (ICV) refere-se à coleta de dados e ao estabelecimento dos procedimentos de cálculo para que se possa facilitar o agrupamento em categorias ambientais normalmente utilizáveis e comparáveis, de modo semelhante a um balanço contábil. Considera-se nessa fase que tudo que entra deva ser igual ao que sai do sistema em estudo, em termos de energia e/ou massa, desde a extração das matérias-primas até o descarte final do produto.

Esta fase da ACV pode se tornar uma das mais difíceis e trabalhosas em função da dificuldade ou impossibilidade de obtenção dos dados, da baixa qualidade dos dados disponíveis ou da necessidade de estimá-los. Com relação aos dados a serem coletados, a busca da credibilidade e qualidade dos mesmos pode significar um procedimento árduo e que toma muito tempo. Desta forma, a utilização de dados secundários pode se tornar uma alternativa aceitável, desde que estes dados mantenham a qualidade e credibilidade do estudo. Pensando na dificuldade de obtenção destes dados, Sonnemann et al. (2003) coloca que a coleta de dados pode ser construída de diferentes fontes de dados, que podem ser divididas em 4 (quatro) principais categorias: base de dados eletrônicos (dados retirados da base de dados

dos softwares de ACV, dados retirados da internet ou sites específicos de ACV), dados da literatura (artigos, periódicos publicações acadêmicas e estudos de ACV existentes), dados não declarados (provindos de empresas, laboratórios, autoridades e fontes correlatas) e medições e/ou simulações (calculados ou estimados onde as fontes são inexistentes ou onde os dados devam ser melhorados).

Somado a isso, com relação aos possíveis desafios existentes quando da coleta dos dados que integrarão o inventário de uma ACV, podem-se destacar alguns exemplos (Rebitzer et al., 2004):

- o pouco ou nenhum conhecimento que, normalmente, o usuário de ACV apresentará em relação ao processo investigado, fazendo com que seja necessário no decorrer da coleta de dados a realização de um processo de aprendizado e esclarecimento das transformações que ocorrem nos processos, compilações e conhecimentos necessários para a compreensão dos fluxos existentes nos processos em análise;
- ao se avaliar os processos de um ponto de vista mais técnico, algumas medidas necessárias para a complementação dos fluxos poderão não ser possíveis, ou seja, a obtenção quantitativa detalhada de todas as entradas e saídas de fluxos para cada processo poderão não ser mensuráveis ou não estarem disponibilizadas, obrigando o usuário a adotar fluxos que englobem mais de um processo;
- muitas empresas frequentemente consideram seus dados e informações como confidenciais, assim, uma forma de se sobrepôr a este problema seria a utilização de aproximações por omissão ou a utilização de médias na ausência de dados mais específicos;
- muitas vezes tornar-se-á necessária uma comunicação com mais de um tipo de empresa e organização que estejam fora do escopo do processo, devido a demanda por pontos de vista de diferentes atores; e
- a quantidade de cada produto, poluente, recurso, etc., precisa ser medida da mesma forma em cada unidade de processo, além disso a nomenclatura utilizada deve demonstrar que os fluxos e as trocas ambientais estão consistentes através do sistema de produção.

Heijungs apud Sallaberry (2009) sugere quatro etapas de análise do inventário: fluxograma do ciclo de vida, coleta e armazenamento de dados, aplicação de procedimento de alocação e emissão da tabela de inventário.

Portanto, deve-se levar em consideração:

- a necessidade de uma estratégia cuidadosa na preparação para a coleta de dados;
- a coleta de dados;
- o refinamento dos limites do sistema;
- a determinação dos procedimentos de cálculo; e
- os procedimentos de alocação.

Por fim, alguns itens desta fase demandam uma descrição mais pormenorizada para termos de entendimento. Assim, as questões de procedimentos de cálculo e alocação e a determinação dos resultados obtidos para o inventário, serão detalhadas a seguir.

- Procedimento de Cálculo

No que diz respeito à obtenção dos dados utilizados na ACV, deve-se ressaltar a importância de se documentar e demonstrar os procedimentos de cálculo e os pressupostos utilizados. Dessa forma, a fim de que os dados possam apresentar consistência, requisitos como a diversidade das fontes de obtenção e a eficiência de processo e perdas, por exemplo, deverão constar na memória de cálculo dos dados de fluxo dos processos. Outro aspecto importante refere-se à conversão da massa de materiais energéticos em entradas ou saídas de energia. Neste caso, deve-se relatar se foi utilizado o poder calorífico superior ou inferior, por exemplo. Além disso, passos operacionais como a verificação da validade dos dados, correlação dos dados aos processos elementares e à unidade funcional, assim como o refinamento da fronteira do sistema de estudo tornam-se essenciais para o cálculo dos dados.

- Alocação

Normalmente um processo industrial gera mais de uma saída, ou seja, produz mais de um produto. Neste caso, convém que seja considerada a necessidade de procedimentos de alocação quando o processo a ser estudado possuir múltiplos produtos. A alocação também pode ser aplicada em situações de reuso e reciclagem. Desta forma, a alocação prevê uma divisão dos impactos ambientais gerados entre seus diferentes produtos ou funções, de maneira a refletir as relações físicas subjacentes entre eles, ou seja, convém que se reproduza a maneira pela qual as entradas e saídas são alteradas por mudanças quantitativas nos produtos e funções providos pelo sistema. Quando uma relação física por si só não puder ser estabelecida ou usada como base para a alocação, convém que as entradas sejam alocadas entre produtos e funções de uma maneira que reflita outras relações entre eles. Por exemplo, dados de entrada e saída podem ser alocados entre coprodutos proporcionalmente ao seu valor econômico. Além disso, algumas saídas podem ser

parcialmente coprodutos e parcialmente resíduos. Neste caso, deverá ser realizada a identificação da razão entre coprodutos e resíduos, pois a alocação será feita somente para a parcela de coprodutos.

Todavia, é de suma importância ressaltar que a alocação deve ser evitada, sempre que possível. Para isso, devem-se utilizar possíveis métodos como, por exemplo, a divisão dos processos elementares em subprocessos. Tal método procura relacionar a coleta dos dados a esses subprocessos. Uma alternativa, diz respeito à expansão do sistema de produtos de modo que se considerem as funções adicionais relacionadas aos subprodutos, levando, também, em consideração os requisitos atrelados as fronteiras do sistema (Brujin et al, 2004). Além disso, o processo de alocação em ACV-S com múltiplos produtos é citado como um dos problemas mais críticos, pois o mesmo acaba permitindo diversos métodos de alocação e sua escolha acaba apresentando uma forte influência nos resultados de uma ACV (Aguirre-Villegas, 2011). Portanto, devido a esta influência nos resultados, Ekvall (2006) sugere que a alocação deva ser utilizada somente por sistemas multifuncionais complexos, pois os mesmos acabam apresentando importantes diferenças nos resultados da Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV), diferenças estas que não ocorrem na mesma dimensão em processos simplificados. Assim, como já comentado anteriormente, a norma ISO 14044:2006 sugere que a alocação seja evitada, sempre que possível, e apresenta maneiras para evitar a utilização do procedimento de alocação.

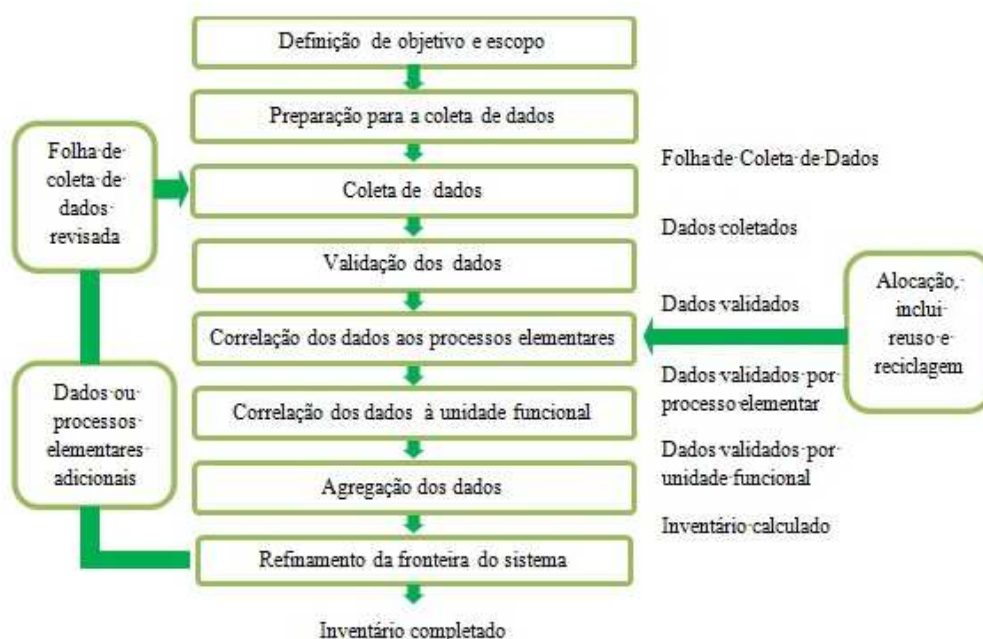
Porém, Weidema (1999) destaca que o procedimento de expansão do sistema apresenta diversas dificuldades quando aplicado. Este autor cita alguns obstáculos neste procedimento como, por exemplo: dificuldade na identificação de quais processos são afetados, a possibilidade de intermináveis regressões quando o procedimento de expansão do sistema envolve processos que também possuem múltiplos produtos, a possibilidade de que este procedimento não possa ser utilizado em ACV retrospectivas por estas não apresentarem dados marginais e, também, pelo fato de que os coprodutos tenham que apresentar uma função idêntica ao produto a ser substituído. Aguirre-Villegas (2011) também destaca a dificuldade em aplicar o procedimento de expansão do sistema, pois este pode introduzir uma diversidade de estudos inter-relacionados. Tendo em mente todos estes obstáculos existentes para o procedimento de expansão do sistema e ciente da grande influência que a escolha do método de alocação pode ter nos resultados finais, Aguirre-Villegas (2011) sugere três diferentes métodos para atribuir os impactos ambientais para coprodutos resultantes do processo de obtenção do queijo e do soro de leite: divisão dos processos elementares (método que evita a alocação), alocação em todos os processos existentes (estratégia mais comumente

aplicada para métodos de alocação verificados na literatura especializada), e um método misto (que utiliza tanto a divisão dos processos elementares para identificar processos específicos de cada produto como a alocação para coprodutos em processos que são comuns).

- Resultados (Brujin et al, 2004)

Os principais resultados desta fase serão então utilizados como dados de entrada para a fase de avaliação de impactos ambientais. Normalmente, estes dados acabam sendo apresentados em formas de tabelas. Estas tabelas representarão cada um dos processos elementares e serão compostas pelos fluxos materiais e energéticos de entrada e saída, agora então quantificados. Apesar, dos processos elementares já estarem com seus fluxos de entrada e saída quantificados, existe a necessidade da obtenção de informações adicionais específicas da região e/ou processo que não puderam ser quantificados, informações que dizem respeito à questão do nível de qualidade dos dados e que, provavelmente, influenciarão na qualidade do inventário. Sendo assim, torna-se importante a obtenção deste tipo de dados que contribuirão não só para a melhora do inventário como auxiliarão, também, na fase de interpretação. Uma forma de exemplificar esta preocupação é citada por CML (1999) que descreve que em uma determinada ACV pode-se necessitar de dados da geração energética na Europa, por exemplo. Se, por acaso, forem utilizados os dados nacionais holandeses neste inventário, estará se ignorando o fato de que a Holanda possui uma matriz energética com menos contribuições de hidroelétricas e de usinas nucleares quando comparada a média europeia. Portanto a validade destes dados deverá ser considerada baixa, embora a confiabilidade dos dados possa ser alta.

Figura 5: Procedimentos simplificados para análise de inventário



Fonte: ABNT NBR ISO 14044:2009

Assim, com base na discussão e assuntos apresentados para esta fase da ACV, a norma ISO 14044:2006 descreve um procedimento simplificado para a etapa de inventário em forma de fluxograma, conforme é apresentado na figura 5.

c) Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV)

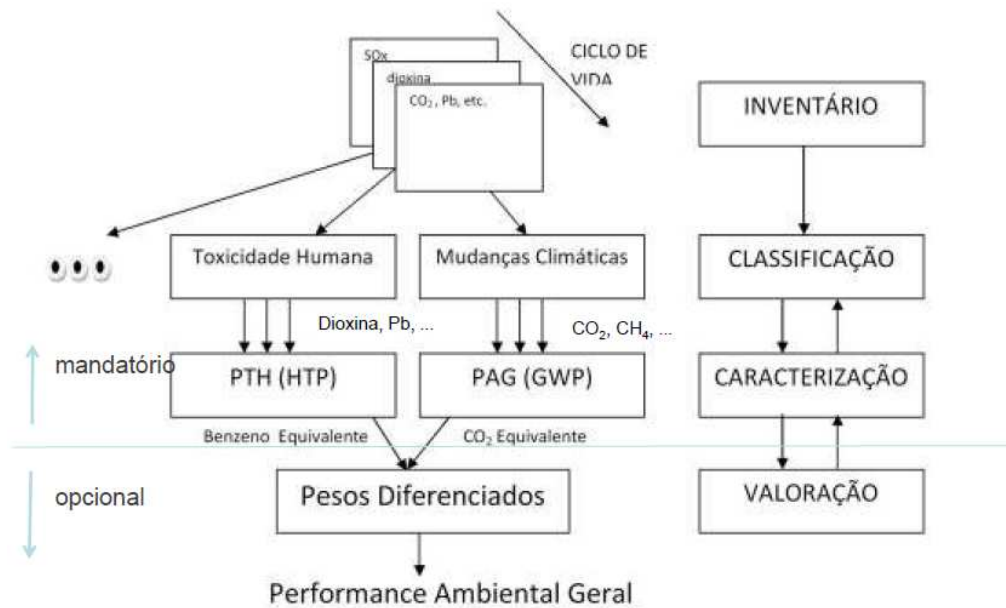
A construção deste item com relação a esta fase da ACV merece uma pequena ressalva. Diz-se isso, pois como este trabalho visa trabalhar com a ASCV, o objeto de estudo será avaliado não só em relação aos impactos ambientais, como também a respeito dos impactos sociais e econômicos. Portanto como a norma está direcionada somente aos impactos ambientais, procurar-se-á realizar neste momento uma discussão direcionada ao que tange a requisitos e orientações que dizem respeito a: considerações gerais que expliquem o processo de definição dos indicadores de categoria de impactos da AICV. O objetivo é de discutir somente elementos que sejam de uso comum tanto para os impactos ambientais, como para os sociais e econômicos. Desta forma, serão realizadas uma melhor descrição das categorias de impacto, correlação dos resultados e cálculo no que tange aos aspectos ambientais, sociais e econômicos, propriamente ditos, separadamente quando se discutir em detalhes a ACV ambiental, a CCV e a ACV-S.

A AICV é a etapa onde primeiramente se qualifica e, posteriormente, se quantifica os potenciais impactos avaliados. Em outras palavras, converte os resultados do inventário para um grupo selecionado de impactos. No entanto, deve-se destacar que a quantificação se dará numa grandeza quantitativa equivalente a unidade funcional determinada (Seo, 2006; Viana, 2008). Assim, a AICV é uma técnica diferente das demais, tais como a avaliação de desempenho ambiental ou avaliação de impacto ambiental, uma vez que se trata de uma abordagem relativa baseada em uma unidade funcional. Assim, conforme coloca Chehebe (2002), o critério de decisão das categorias de impacto a serem selecionadas para uma determinada ACV deve estar embasado nos impactos que mais contribuem no sistema em estudo. Tal critério deve ser justificado e consistente com o objetivo e escopo da ACV. Uma vez definidas as categorias de impacto, seus indicadores de categoria devem ser correlacionados aos resultados do ICV descrevendo o mecanismo e o modelo utilizados. Por fim, quando as categorias de impacto, indicadores de categoria ou modelos de caracterização existentes não forem suficientes para satisfazer o objetivo e escopo definidos para a ACV, novos itens devem ser definidos.

Com relação aos componentes necessários da AICV, cada categoria de impacto deve contemplar, através de um raciocínio inverso, primeiramente a identificação do ponto

final da categoria. A partir desta identificação faz-se então uma definição de quais indicadores de categoria tornam-se relevantes para dado ponto final de categoria. Na sequência, uma vez definidos estes indicadores, realiza-se a identificação do modelo e fatores de caracterização apropriados que correlacionem os resultados do ICV à categoria de impacto em questão. Tal mecanismo que caracteriza os indicadores de categoria de impacto encontra-se na figura 6.

Figura 6: Mecanismo de definição dos indicadores de categoria de impacto



Fonte: Anex (2012)

Além disso, convém que sejam seguidas algumas recomendações no que diz respeito à seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização. Uma delas diz respeito a se evitar a dupla contagem. Outra se refere à representatividade, pois as categorias de impacto devem representar os impactos agregados das entradas e saídas do sistema de produto sobre o ponto final da categoria através de seus indicadores. E, não menos importante, recomenda-se que tais modelos de caracterização dos impactos sejam aceitos internacionalmente ou que sejam científica e tecnicamente válidos. O cálculo dos resultados dos indicadores envolve a conversão dos resultados do ICV para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da mesma categoria de impacto. Essa conversão utiliza fatores de caracterização. O resultado do cálculo acaba sendo um resultado numérico do indicador. Vale destacar que o método de cálculo utilizado deve ser identificado e documentado. Outra consideração importante de ser colocada, diz respeito à simplicidade do modelo de caracterização e à exatidão dos resultados. Neste caso, deve-se ter em mente que modelos mais simples diminuem a exatidão, enquanto a busca por dados mais exatos tornam o modelo mais complexo demandando um grau de esforço muito maior. Daí a

importância da fase de objetivo e escopo, pois a quantidade e a natureza dos pressupostos simplificadores, além da escolha dos valores utilizados no modelo de caracterização para o indicador de categoria também variam entre categorias de impacto e podem depender da região geográfica. Assim, a busca por um equilíbrio entre a simplicidade do modelo de caracterização e a exatidão dos dados pode auxiliar na busca de dados suficientemente bons para a AICV sem exigir um nível de esforço muito alto.

Uma AICV, dependendo do objetivo e escopo, também pode utilizar informações de elementos como normalização, agrupamento, ponderação e análise da qualidade dos dados. Estes elementos opcionais podem utilizar informações externas, porém quando o uso destas informações for realizado, estes deverão ser explicados e reportados.

A normalização tem como objetivo entender melhor a magnitude relativa a cada resultado de indicador do sistema de produto em estudo. Este elemento pode ser útil para verificar inconsistências, comunicar informações sobre a significância relativa dos resultados dos indicadores e preparar procedimentos adicionais a respeito dos demais elementos opcionais. O agrupamento trata-se da reunião de categorias de impacto em um ou mais conjuntos e pode envolver agregação e/ou hierarquização. Ele possui dois procedimentos disponíveis: agrupar as categorias de impacto em uma base nominal e classificar as mesmas de acordo com uma dada hierarquia (prioridade). Já, a ponderação é a utilização de fatores numéricos baseados em escolha de valores. Este processo oferece uma alternativa de conversão dos resultados de indicadores de diferentes categorias de impacto no processo de escolha e de decisão. Todavia, vale destacar que esta escolha de valores não possui embasamento científico, pois diferentes indivíduos, organizações e sociedades podem ter preferências diferentes. Por último, a análise da qualidade de dados auxilia na melhor compreensão dos resultados. Estas técnicas e informações adicionais de análise ajudam a distinguir se diferenças significativas estão ou não presentes, identificam resultados não significativos do ICV ou orientam o processo iterativo da AICV. Os principais objetivos da análise da qualidade dos dados são: identificar aqueles dados que têm a maior contribuição para o resultado do indicador, determinar como as incertezas nos dados e pressupostos se propagam nos cálculos e como mudanças nos dados e nas escolhas metodológicas afetam os resultados de ICV.

d) Interpretação do ciclo de vida

Além de ser a última das 4 (quatro) etapas da ACV, trata-se da etapa onde as constatações do ICV e da AICV são consideradas em conjunto. Ela, também, verifica a

consistência do estudo com o objetivo e escopo definidos. Por fim, ela visa alcançar conclusões e recomendações. Além disso, esta etapa busca também explicar limitações e prover recomendações caso as mesmas tornem-se necessárias de serem explicadas e providas. Desta forma, a fase de interpretação deve contemplar não só a identificação dos impactos significativos, como também a avaliação do estudo em relação a sua integridade, sensibilidade e consistência. Portanto, é de suma importância que a etapa de interpretação resulte em conclusões e recomendações de melhorias que tenham como finalidade a redução dos impactos negativos significativos e um aprendizado sobre os impactos positivos existentes.

Ferreira (2004) resume que a etapa de interpretação compreende os seguintes elementos: identificação dos problemas mais relevantes (com base no inventário e na avaliação de impactos), avaliação (verificação da consistência, completeza e análise da sensibilidade), conclusões, recomendações e divulgação.

Todavia, Brujin et al. (2004) elencam a fase de interpretação sendo composta por: procedimentos iniciais, verificação de consistência, verificação de completeza, análise de contribuição, análise de perturbação, análise de sensibilidade e incerteza e conclusões e recomendações. Estes mesmos autores colocam ainda que os objetivos da verificação de consistência são determinar se as hipóteses, métodos, modelos e, principalmente, os dados estão consistentes com o objetivo e escopo do estudo em questão. Esta verificação deve iniciar a fase de interpretação, pois todas as demais análises serão inúteis se as hipóteses e modelos utilizados na ACV estiverem inconsistentes com o objetivo e escopo do estudo. Com relação à verificação de completeza, esta tem como objetivo garantir que todas as informações relevantes e dados necessários para a fase de interpretação estejam válidos e completos. A completeza do estudo pressupõe também uma verificação de erros, ou seja, verifica-se se há falsas hipóteses, dados e escolha de modelos. Portanto, o olhar de um especialista sobre os resultados e como os mesmos foram gerados pode revelar erros e dados incompletos. Um especialista em ACV possui a capacidade de verificar a metodologia utilizada nas diferentes fases do projeto e os resultados e conclusões da análise com relação ao objetivo e escopo do estudo. Já, a análise de contribuição tem como objetivo calcular as contribuições totais para os resultados de diversos fatores. Estas contribuições são normalmente expressas em porcentagens sobre o total. Análises de contribuição também respondem questões sobre a contribuição de um fluxo específico, processos ou influências para um determinado impacto. Para termos de melhor esclarecimento, vale citar um exemplo hipotético para a análise de contribuição quanto à emissão de cádmio em águas superficiais. Os processos que contribuem para a emissão deste componente químico são: produção de eletricidade (56%), refino -

alocado para a nafta (25%) e incineração de resíduos químicos (19%). Portanto, percebe-se que a maior parte de contribuição com relação à emissão do cádmio em águas superficiais é causada pela produção de eletricidade. Além disso, vale destacar que 25% da contribuição causada pelo processo de refino dizem respeito somente à parte alocada especificamente a produção de nafta. Assim, fica claro que os dados para o processo de produção de eletricidade devem ser verificados cuidadosamente. Com relação à etapa de perturbação, o objetivo desta envolve o estudo dos efeitos de pequenas modificações nos resultados de uma ACV. Os efeitos destas pequenas modificações serão calculados simultaneamente para todos os fluxos no sistema, incluindo, até mesmo, fluxos econômicos e sociais. Esta análise pode ser conduzida em diferentes níveis de agregação: tabela de inventários, resultados dos indicadores normalizados ou resultados ponderados.

Na busca para tornar a ACV uma ferramenta de tomada de decisão, torna-se necessária uma robustez nas informações a serem utilizadas para a obtenção dos resultados. Assim, a análise de sensibilidade e incerteza analisa a influência nos resultados de variações dos dados processados, escolha de modelos e outras variáveis. Na análise de sensibilidade, serão deliberadamente introduzidas modificações nos dados de forma a determinar a robustez dos resultados em relação a estas modificações realizadas. Já, a análise de incerteza utilizará dados empíricos com variações de incerteza dos dados específicos a fim de calcular o erro total na variação dos resultados. Ainda, existem itens mínimos a serem contemplados na análise de sensibilidade como: regras utilizadas na alocação, métodos de caracterização utilizados, formas de ponderação dos dados, critérios de corte ou exclusão, definição do sistema utilizado para definição das fronteiras do estudo, dados utilizados e normalização dos dados (Brujin et al, 2004).

3.2.2. Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental

Como já foi comentado anteriormente, trata-se da avaliação do ciclo de vida já consagrada e que deu início a este tipo de estudo. Diferentemente da avaliação dos custos do ciclo de vida e da avaliação de ciclo de vida social, esta avaliação está padronizada através das normas ABNT NBR ISO 14040:2009 e ABNT NBR ISO 14044:2009. Além disso, a ACV ambiental já possui seus impactos ambientais definidos, considerando também a questão de impactos (midpoints) e danos (endpoints). Apresenta também um extenso banco de dados (inventário) reportado, tornando este tipo de avaliação bem mais viável.

Como as fases de objetivo e escopo, inventário e interpretação já foram apresentadas em item anterior, baseado nas normas, este item se resumirá a uma discussão sobre o AICV com relação ao aspecto ambiental.

Os impactos ambientais foram classificados em um número determinado de categorias ambientalmente relevantes. Além disso, a fim de se atingir uma aceitação internacional destas categorias determinadas (acordo internacional ou aprovadas por uma entidade internacional competente), as mesmas devem ser científica e tecnicamente válidas, e serem baseadas em um mecanismo ambiental específico e identificável e/ou em observação empírica reprodutível.

Tabela 1: Categorias de impacto de ciclo de vida normalmente utilizadas

Categoria de Impacto	Escala	Dados relevantes de inventário	Fator de caracterização	Exemplo de descrição do fator de caracterização
Depleção de recursos bióticos	Global/ Regional/ Local	Quantidades de bens renováveis utilizados	Potencial de depleção biótica	Converte os dados em equivalentes de elefante africano
Depleção de recursos abióticos	Global/ Regional/ Local	Quantidade de bens não renováveis utilizados	Potencial de depleção abiótica	Converte os dados em equivalentes de antimônio
Aquecimento global	Global	CO ₂ , NO ₂ , CH ₄ , CFC, HCFC e CH ₃ Br	Potencial de aquecimento global	Converte os dados em equivalentes de CO ₂
Depleção da camada de ozônio	Global	CFC, HCFC, CH ₃ Br e halogênios	Potencial de depleção da camada de ozônio	Converte os dados em equivalentes de CFC-11
Formação de oxidantes fotoquímicos	Local	HC não metanos	Potencial de criação de oxidantes fotoquímicos	Converte os dados em equivalentes de C ₂ H ₆
Acidificação	Regional/ Local	SO _x , NO _x , HCl, HF, NH ₄	Potencial de acidificação	Converte os dados em equivalentes de H ⁺
Eutrofização	Local	PO ₄ , NO, NO ₂ , NH ₄ nitratos	Potencial de eutrofização	Converte os dados em equivalentes de PO ₄
Toxicidade Humana	Global/ Regional/ Local	Químicos tóxicos com registro de concentração letal	Potencial de toxicidade humana	Converte os dados LC ₅₀ em equivalentes de massa de químicos tóxicos
Ecotoxicidade	Local	Químicos tóxicos com registro de ao meio ambiente	Potencial de ecotoxicidade	Converte os dados LC ₅₀ em equivalentes de massa de químicos tóxicos
Utilização do solo	Global/ Regional/ Local	Quantidade de área utilizada	Potencial de ocupação ou transformação do solo	Converte os dados em perda da biodiversidade ou do suporte de vida relacionado à situação de referência

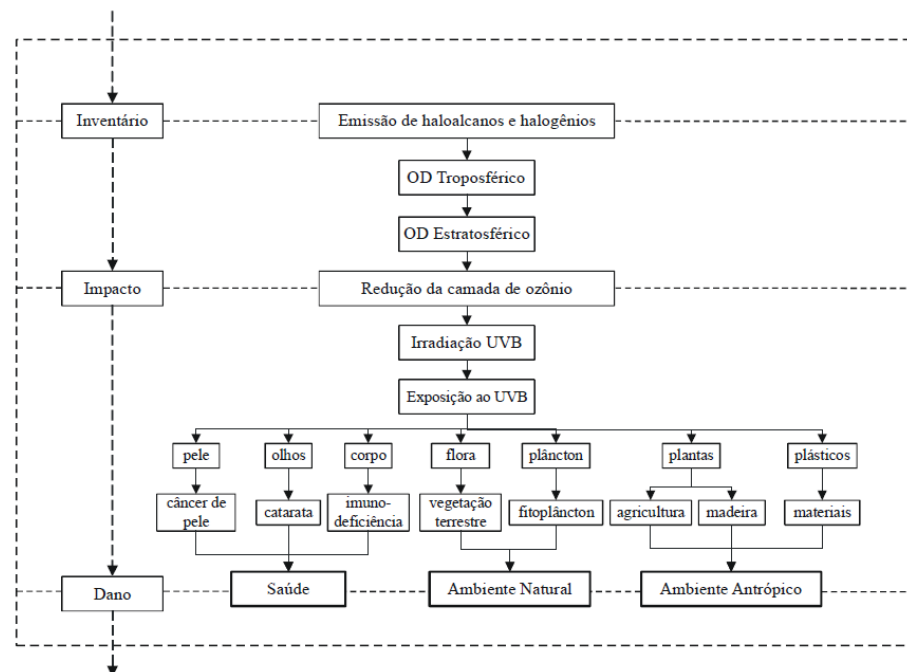
Fonte: Ferreira (2004) e Brujin et al (2004)

No entanto, procurando oferecer ao leitor uma lista que pudesse apresentar o número total de categorias de impactos ambientais utilizadas para ACV, percebe-se que, quando da consulta junto a trabalhos relacionados a este assunto, que os exemplos apresentados focam-se em cerca de 10 (dez) categorias. As geralmente citadas são: depleção de recursos bióticos, depleção de recursos abióticos, aquecimento global, depleção da camada

de ozônio, formação de oxidantes fotoquímicos, acidificação, eutrofização, toxicidade humana, ecotoxicidade e utilização do solo (Cooper, 2003; Ometto, 2005; Seo, 2006; Viana, 2008; Mendonça, 2007; Sallaberry, 2009; Cavalett e Ortega, 2010). Com relação as suas escalas, dados relevantes de inventário, fator de caracterização e descrição destes, os mesmos são apresentados na tabela 1.

Porém, com relação à forma de obtenção e avaliação dos resultados obtidos destes impactos ambientais, tornam-se importantes algumas ressalvas e observações. Primeiramente, a forma de apresentação do resultado destes impactos pode ser expressa em diferentes categorias, onde se desenvolveu duas principais escolas: o método clássico de avaliação dos impactos, também conhecido como *midpoints* ou impactos e o método orientado de dano, também conhecido como *endpoints* ou danos (Jolliet et al, 2004). Este mesmo autor coloca que a diferença entre impacto (*midpoint*) e dano (*endpoint*) é a distância entre o processo unitário e o seu efeito. Em outras palavras, em uma escala contínua o processo (com suas entradas e saídas) é o início, sendo o ponto intermediário o impacto e, o ponto final o dano que se tratará do efeito no ambiente e no homem. Tal estrutura pode ser mais bem compreendida pela figura 7.

Figura 7: Exemplo de um processo, seus impacto e danos associados



Fonte: Sallaberry (2009)

Ao se analisar a figura 7, torna-se importante uma breve discussão a respeito dos principais aspectos relacionados a impactos e danos. Ambos possuem um mecanismo de transformação, no entanto, conforme coloca Jolliet et al (2004), Brujin (2004) e Ferrão (2009)

enquanto os *midpoints* possuem mecanismos de impacto bem estabelecidos, os *endpoints* ainda encontram-se em desenvolvimento devido as incertezas ainda existentes nos seus mecanismos de definição de dano. Tais incertezas ocorrem, pois no caso de determinados modelos ainda não sabe como e quanto incluir dos efeitos relevantes sobre o homem e a natureza de forma um pouco mais precisa, além, é claro, dos métodos de dano existentes ainda apresentarem diferenças consideráveis. Conforme ressalta Jolliet et al (2004) e Ferrão (2009), os indicadores de dano nada mais são do que uma representação quantificada deste dano, porém este indicador de dano acaba sempre sendo um modelo simplificado de uma realidade muito mais complexa e, portanto, tal indicador trata-se somente uma aproximação do “status” qualificado desta entidade dano. Todavia, estes mesmos autores destacam que apesar dos impactos apresentarem menos incertezas que os danos, o resultado final das categorias de impacto acabam resultando num indicador específico, por exemplo, kg SO₂ eq/kg de outro elemento, no caso da categoria de impacto acidificação. Apesar de se tratar de um resultado quantificado e com um bom nível de qualidade, o entendimento dos efeitos resultantes deste valor final acabam tornando-se um pouco mais complexos, principalmente para o público leigo. Desta forma, os *midpoints* acabam se tornando uma forma de comunicação extremamente científica e de difícil entendimento. Assim, Brujin et al. (2004) explicam que os *endpoints* têm como intuito demonstrar esta relação entre o processo unitário e seus efeitos adversos para o homem e a natureza numa linguagem menos complexa e que possa ser entendida por todos. Desta forma, estes mesmos autores colocam que um processo unitário acaba gerando um processo (modificação) ambiental, ou seja, uma cadeia de eventos físicos, químicos e biológicos ambientais (*midpoints*) que estão relacionados a uma intervenção ambiental específica relacionada a um possível efeito adverso identificável tanto para o ser humano como para a natureza (*endpoints*).

Além disso, conforme colocam Bueno et al (2012) existem hoje mais de 50 modelos de AICV disponíveis na Europa. Tratam-se de técnicas específicas referentes aos impactos ambientais que integram o escopo das avaliações efetuadas nestas regiões. Todavia, estes autores citam que os principais métodos amplamente utilizados na fase de AICV são: Eco Indicator 99, EDIP 97, EDIP 2003 (Dutch), Handbook on LCA (CML2002), TRACI, EPS 2000, Impact 2002(+), Swiss Ecotoxicity (Ecopoints 2006), ReCiPe e MEEuP. A respeito destes métodos citados, estes autores analisaram as principais características destas metodologias de AICV. Baseado então na classificação e comparação realizadas, foram verificadas diferenças com relação aos seguintes parâmetros metodológicos.

- Nível de Avaliação de Impacto: atribuição de níveis de avaliação de impacto *midpoint*, *endpoint* ou híbrido (*midpoint+endpoint*) das categorias de impacto abordadas por cada metodologia.
- Abrangência de aplicação: determinação da abrangência do escopo geográfico/regional para o qual uma determinada categoria de impacto de uma metodologia específica estudada foi criada.
- Metodologia de Normalização: Descrição da metodologia de normalização apresentada para o método de AICV.
- Metodologia de Ponderação: Descrição da metodologia de ponderação apresentada para o método de AICV.
- Categorias de impacto: comparação entre as categorias de impacto abordadas pela metodologia.

Além disso, Zanghelini et al (2012) também questionam a percepção no uso de diferentes métodos de AICV. Neste trabalho, particularmente, os autores analisaram 4 (quatro) diferentes métodos com relação a somente uma categoria de impacto ambiental, o aquecimento global, para um mesmo escopo de estudo. Os resultados demonstraram uma variação de 2% nos resultados. No entanto, o que mais se destacou neste trabalho foi que enquanto o método CML2000 Baseline compila 53 substâncias para demonstrar o total emitido, os métodos GHG Protocol, ReCiPe e EDIP2003 compilam 92, 95 e 150 substâncias, respectivamente. Desta forma, esta diferenciação no número de substâncias compiladas, para o escopo determinado, acaba justificando esta variação nos resultados.

Portanto, apesar de se encontrar a descrição dos impactos amplamente nas consultas bibliográficas, a questão de como tais impactos e seus respectivos resultados são caracterizados dependerá da metodologia a ser utilizada.

3.2.3. Avaliação dos Custos no Ciclo de Vida (CCV)

A utilização deste tipo de análise pode auxiliar na verificação dos custos existentes em cada etapa do ciclo de vida de um determinado produto, ajudando no reconhecimento de gastos com aquisição, operação, manutenção, transporte e disposição final. Pode-se também, através desta análise, verificar que tipos de produtos terão um maior impacto sobre o ambiente. Diz-se isso, pois uma embalagem, num primeiro momento pode parecer mais fácil de reciclar do que outra. Porém, esta mesma embalagem poderá apresentar maiores custos de energia, de industrialização e de transporte. Por isso, a importância da análise completa do seu ciclo de vida, incluindo a questão dos custos.

A sugestão de se levantar os custos sobre o ciclo de vida surgiu em Washington, EUA, em 1965. Naquele momento, a Logistics Management Institute fez um relatório para a Secretaria de Defesa sobre os custos durante a vida útil para aquisição de equipamentos. Neste relatório, ficou demonstrado que os custos de operação e manutenção participavam com uma parcela significativa sobre o custo total de sistemas e equipamentos (Denton, 1994). Este conceito começou a ser utilizado na ecologia, participando na avaliação do ciclo de vida completo de cada produto e nos custos que se originam no tratamento e beneficiamento para a minimização dos impactos ambientais causados pelos mesmos produtos. Além disso, podem-se incluir custos relativos a impactos ambientais gerados, como penalidades legais e custos no tratamento contra a degradação do solo, da água e do ar.

Denton (1994) destaca que uma avaliação de custos sobre o ciclo de vida pode revelar que um produto com um baixo valor de aquisição nem sempre é a melhor escolha. Ao se analisar por completo a vida útil deste produto, variáveis como custos de obtenção, distribuição e instalação, custos de operação, custos de manutenção e custos de disposição final farão parte também do custo final do produto. A avaliação dos custos sobre o ciclo de vida de cada produto mostra também outro ponto de vista. Os produtos no decorrer da cadeia produtiva vão agregando energia, consequência do processo sofrido para a sua transformação. Assim, o produto final é um produto com um valor energético agregado onde o seu desperdício trará como resultado a perda deste valor energético agregado ao produto. Portanto, termos como eficiência de transformação matéria-prima/produto, reutilização e reciclagem acabam tornando-se fatores de grande importância na variável econômica e, portanto, no ciclo de vida destes produtos.

Por fim, vale ressaltar que a avaliação dos custos do ciclo de vida trabalha principalmente na questão da avaliação da receita e de custos (fixos, semifixos e variáveis) e na questão do planejamento financeiro (investimentos e fluxo de caixa: taxa mínima de atratividade (TMA), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR)).

Segundo (Kassai et al., 2000), a TMA é um valor que o investidor estipula com o objetivo de verificar a viabilidade do projeto. Este indicador visa levantar um valor referencial mínimo para o investimento de seu capital, que possa render uma taxa superior a um investimento bancário (parcialmente livre de riscos).

Por exemplo, qualquer pessoa ao fazer um investimento na poupança teria um rendimento de 7 a 8% ao ano (a.a.), livre de inflação, impostos ou qualquer outro tipo de risco. De posse desta informação um investidor só arriscará seu capital num empreendimento

se o mesmo lhe render taxas superiores a 10, 15 ou talvez 20%, dependendo de sua tendência ou aversão ao risco.

Este mesmo autor coloca que o VPL tem como função avaliar a proposta de investimento de capital em valores monetários. Ele é medido através da diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, baseando-se numa determinada taxa de desconto.

Para melhor compreensão, este indicador é representado pela fórmula a seguir:

$$VPL = \frac{FC_0}{(1+i)^0} + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \frac{FC_4}{(1+i)^4} + (\dots) + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (1),$$

onde:

FC = Fluxos de caixa esperados (positivos ou negativos)

i = Taxa de atratividade (desconto)

Nota-se que, se o indicador apresentar um valor igual ou maior que zero este investimento é considerado atrativo. Este tipo de análise ocorre, pois o VPL não significa um resultado econômico final, mas sim um valor econômico comparativo a taxa mínima de atratividade determinada. Assim, se no cálculo do VPL de um empreendimento for obtido como resultado o valor zero, isto significaria que o empreendimento, além de pagar os valores investidos, proporcionou um lucro exatamente igual à TMA estipulada.

O VPL tem como vantagens a sua consistência matemática, por trabalhar com fluxo de caixa descontado, e por apresentar seu resultado em espécie. Porém, este indicador possui como dificuldade a identificação da taxa de desconto a ser utilizada, causado pelo critério de subjetividade de escolha dela.

Ainda este autor coloca que a TIR representa a taxa de desconto que iguala os fluxos de caixa de entrada com os fluxos de caixa de saída, ou seja, ela é a taxa que produz um VPL igual a zero (Kassai et al., 2000).

Assim, este indicador pode ser obtido pela mesma fórmula do VPL, porém deixando como variável a taxa, conforme se demonstra na fórmula 2:

$$ZERO = \frac{FC_0}{(1+TIR)^0} + \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1+TIR)^3} + (\dots) + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad (2), \text{ onde:}$$

FC = Fluxos de caixa esperados (positivos ou negativos)

Portanto, considera-se atraente todo o investimento que apresentar uma TIR maior ou igual à TMA. Ao obter-se uma TIR maior que a TMA estipulada, interpreta-se a mesma da

seguinte maneira: o valor positivo obtido demonstra a viabilidade do projeto, porém esse excedente não possui um significado maior na análise do investimento, evidenciando apenas um indicativo de riqueza que está sendo agregado. Outra interpretação importante a ser feita refere-se à interpretação temporal do indicador, pois o mesmo indica uma taxa de viabilidade anual, e não uma taxa para todo o projeto como poderia ser interpretado.

Quanto às limitações deste indicador, deve-se ter o cuidado de analisar o valor obtido para uma TIR quando a mesma for muito diferente das taxas de mercado. Neste caso, a TIR apurada pode não estar representando uma verdade, pois este indicador parte do pressuposto que todos os valores caminham no tempo baseados na própria TIR.

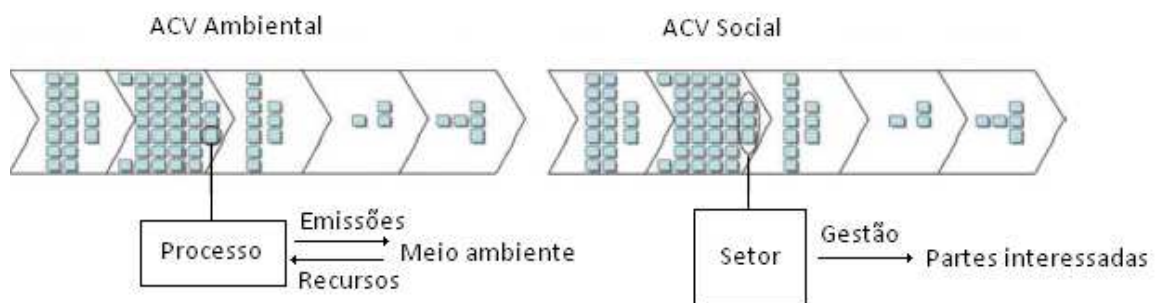
3.2.4. Avaliação do Ciclo de Vida Social

A avaliação do ciclo de vida social trata-se de uma técnica de avaliação dos impactos sociais envolvidos ao longo do ciclo de vida de um determinado produto, englobando etapas como a extração e processamento das matérias-primas, fabricação, distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem e disposição final (UNEP, 2009). Esta ACV analisa os impactos sociais positivos e negativos de um produto desde a sua extração – berço, até a sua disposição final – túmulo (Grießhammer, 2006; Benoit, 2010; Ramirez et al, 2014). Vale destacar que a ACV social apresenta as mesmas fases de uma ACV ambiental, sendo que ambas as avaliações dividem um eixo metodológico comum (definição do objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação). Mas as similaridades não param por aí, pois conforme UNEP (2009) ambas ACV se assemelham nos seguintes detalhes: possuem uma enorme necessidade de dados, trabalham como processos iterativos, encorajam e requisitam uma revisão de pares, fornecem informações úteis para tomadas de decisão, não possuem a proposta de fornecer informações se o produto deve ou não ser produzido, conduzem para a avaliação de pontos críticos que desempenham o mesmo papel, e para uma avaliação da qualidade dos dados que geralmente não expressam impactos por unidade funcional se os dados semiquantitativos ou qualitativos são utilizados. Baseado nestas similaridades, a ACV social possibilita direcionar sua metodologia baseando-se nos quesitos determinados na norma NBR ISO 14044:2009. Todavia, vale ressaltar que a ACV social quando comparada a ACV ambiental, apresenta algumas especificidades para cada uma destas fases. Desta maneira, este embasamento nos quesitos da norma deve, previamente, passar por uma avaliação se as similaridades destas duas ACV ocorrem de forma integral no item a ser avaliado, caso contrário os quesitos da norma devem ser reajustados para a situação em questão (Klöpffer, 2008; ABNT 14044, 2009).

Portanto, torna-se possível obter um alinhamento na metodologia de ambas ACV. Além do mais, a ACV social é uma técnica que auxilia num incremento para o método de análise. Porém, ela em si não oferece uma nova solução para o consumo e a vida sustentável. A ACV social busca auxiliá-las futuras tomadas de decisão ou, no mínimo, instigar um diálogo a respeito do objeto de estudo com relação a estes aspectos sociais envolvidos. Assim, os resultados alcançados com a aplicação desta ACV procuram apresentar um cenário do desempenho que as organizações possuem com relação à busca do bem-estar das partes interessadas (Grießhammer, 2006; UNEP, 2009; Benoit, 2010; Ramirez et al, 2014).

Todavia, o maior desafio ainda se encontra no alinhamento desta ACV com a ambiental e econômica. A ACV social ainda se apresenta como uma metodologia em fase de discussão e de definição sobre quais seriam os melhores indicadores e impactos a serem analisados (Corrêa et al., 2008; Jorgensen et al., 2008; UNEP, 2009; Petti et al., 2009; Cultri et al., 2010; Haberland et al., 2014; Ugaya et al., 2014). No entanto, apesar deste parâmetro de avaliação do ciclo de vida ainda encontrar-se em fase de desenvolvimento, Dreyer et al. (2010) sugerem uma forma de como pensar o alinhamento da ACV ambiental com a ACV social. Eles levantam a hipótese de se pensar a parte ambiental por processo e a parte social sendo pensada pelos trabalhadores envolvidos conjuntamente num determinado grupo de processos (figura 8). Tal sugestão também é comentada em Ugaya et al. (2014) que realiza uma discussão sobre a dificuldade de se relacionar os processos a uma unidade funcional em uma ACV social. Assim, analisando esta forma de pensar, pode-se então avaliar a mesma como uma possibilidade viável de alinhamento para estes dois parâmetros de análise.

Figura 8: Sugestão de alinhamento das Avaliações do Ciclo de Vida Ambiental e Social



Fonte: Dreyer et al. (2010)

Juntamente a esta fase de transformações relacionada ao tema Responsabilidade Social, ocorreu no ano de 2010 a publicação da norma ABNT NBR ISO 26000:2010. Esta norma acabou se tornando um marco de referência no que refere ao assunto Responsabilidade Social. Apesar de se tratar de um manual sobre este tema com mais de 200 páginas, pode ser resumida, destacando os seguintes pontos (NBR ISO 26000, 2010):

- Definição dos princípios da responsabilidade social tratando de temas como responsabilidade, transparência, comportamento ético, respeito aos interesses das partes interessadas, respeito à legislação vigente, respeito às normas de conduta internacional e respeito aos direitos humanos;
- ênfase a importância do reconhecimento da responsabilidade social entrosada à identificação e engajamento das partes interessadas (sociedade, comunidade local, empregados, fornecedores e cliente/consumidor);
- Temas centrais da responsabilidade social relacionados a direitos humanos, práticas trabalhistas, meio-ambiente, práticas leais de operação, questões dos consumidores e envolvimento e desenvolvimento da comunidade; e
- Utilização de práticas por parte da organização de forma que ocorra uma integração do tema responsabilidade social conduzindo a geração de iniciativas voluntárias, entendimento deste tema por parte da organização, aumento da sua credibilidade, além de inserção da responsabilidade social em rotinas como a comunicação, características intrínsecas da organização e dentro dos programas de gestão como monitoramento e melhoria contínua.

Outros dois pontos importantes que dizem respeito à ACV social, fazendo com que esta ACV apresente uma abordagem mais distinta em relação ao CCV e à ACV ambiental, é a identificação dos “hotspots” sociais e os tipos de alternativas para as categorias de impactos sociais (UNEP, 2009; Benoit et al., 2010). Os “hotspots” sociais, ou melhor dizendo, os pontos críticos sociais é uma técnica de rastreio utilizada na ACV social que foca a localização em uma unidade de processo, por exemplo, de potenciais riscos ou oportunidades em relação a um tema social de interesse. Desta forma, a utilização desta técnica em uma ACV social acaba agregando valor à avaliação da responsabilidade social, em geral, porque a localização destes pontos críticos (*hotspots*) fornece uma análise compreensiva e direcionada dos impactos sociais de um determinado produto. Isto acaba permitindo restringir a análise aos locais e setores que apresentam um maior risco relacionado às violações sociais. É importante destacar que existem também locais e setores com uma elevada oportunidade para ações sociais positivas, ou seja, que contribuem para a melhoria do bem estar de um grupo de pessoas e/ou organização, podendo ser classificados como pontos críticos positivos (Benoit et al., 2010; Benoit-Norris et al., 2011). Haberland et al. (2014) sugerem um procedimento para o levantamento de pontos críticos sociais durante a etapa de coleta de dados.

Outra particularidade da ACV social é de que esta avaliação utiliza tanto dados qualitativos como quantitativos para mensurar seus impactos. Além disso, estes dados geram resultados que podem ser agregados dentro de um determinado tema, por exemplo: remuneração e horas trabalhadas, na subcategoria salário justo; ou gerar resultados que apresentem uma relação causal definida dentro de um determinado critério, por exemplo: número de horas trabalhadas relacionando com uma causa-efeito que resulte na capacidade destes trabalhadores de ter acesso a acomodação, assistência a saúde, educação e outras necessidades (Parent et al., 2010).

Tabela 2: Partes interessadas e subcategorias da ACV-S

Categoria de Parte Interessadas	Subcategorias
Trabalhadores	Liberdade de Associação e Negociação Coletiva Trabalho Infantil Salário Justo Horas de Trabalho Trabalho Forçado Oportunidades Iguais e Discriminação Saúde e Segurança Benefício Social e Previdência
Consumidores	Saúde e Segurança Mecanismo de retorno Privacidade Transparência Responsabilidade Fim de Vida
Comunidade Local	Acesso a Recursos Materiais Acesso a Recurso Imaterial Deslocalização e Migração Patrimônio Cultural Condições de Vida Segura e Saudável Respeito aos Direitos Indígenas Engajamento Comunitário Trabalho Local Condições de Segurança
Sociedade	Compromisso Público para Questões de Sustentabilidade Contribuição para o Desenvolvimento Econômico Prevenção de Conflitos Armados Desenvolvimento Tecnológico Corrupção
Cadeia de Valores	Competição Justa Promoção da Responsabilidade Social Relacionamento com Fornecedores Respeito da Propriedade Intelectual

Fonte: Santos et al. (2012)

Desta forma, devido à heterogeneidade que os dados se apresentam e por estes poderem gerar distintos resultados em termos de impacto, UNEP (2009) apresenta um modelo de caracterização que classifica as categorias de impactos sociais em dois tipos: Tipo 1 e Tipo 2. A fim de compreender melhor esta classificação Parent et al. (2010) analisa os métodos de AICV social em termos de tipo/características dos dados utilizados e os resultados que estes geram. Este autor coloca que enquanto o modelo de categoria de impactos sociais Tipo 1

trabalha com dados predominantemente semi-quantitativos que apresentam relativa importância de cada contexto unitário sobre todo o sistema de produto e que resultam num desempenho social, o segundo modelo que contempla a categoria de impacto Tipo 2 trabalha com dados predominantemente quantitativos, mas o mais importante é que estes dados façam uso de uma relação de causa-efeito baseados numa unidade funcional resultando em impactos sociais.

Ainda, em maio de 2009 foram lançadas as Diretrizes para a Avaliação de Ciclo de Vida Social de Produtos (UNEP, 2009; Benoit-Norris, 2011). As Diretrizes apresentam cinco partes interessadas para a aplicação da ACV-S: Trabalhadores, Comunidade Local, Consumidores, Sociedade e Atores da Cadeia de Valor (UNEP, 2009). Deve-se destacar que os impactos ou aspectos sociais mais relevantes para cada uma das partes interessadas estão representados por meio de subcategorias (Santos et al., 2012). Ao todo são 31 (trinta e uma) subcategorias propostas. As subcategorias sugeridas e as respectivas partes interessadas estão apresentadas na Tabela 2.

Devido à importância deste documento que marca um novo olhar sobre a ACV-S, Benoit-Norris et al. (2011) apresentam as fichas metodológicas destas subcategorias da ACV. Estas fichas metodológicas servem como um recurso público de suporte sobre como tratar as subcategorias propostas onde é apresentada: uma definição sobre cada subcategoria, a importância de se avaliar a subcategoria em questão e como a subcategoria pode melhorar ou impedir o desenvolvimento sustentável, além de apresentar uma lista de acordos e tratados internacionais relacionados com a subcategoria que visam orientar a coleta de dados genéricos e específicos (Benoit-Norris et al., 2011, Santos et al., 2012). Ainda, Benoit-Norris et al. (2001) colocam que as fichas metodológicas possuem os seguintes objetivos:

- Evitar potenciais enganos sobre as subcategorias e deixar claro suas relações com as partes interessadas.
- Fornecer uma forma padrão de medição para cada uma das subcategorias que compõem a estrutura da ACV-S, incluindo exemplos de indicadores de inventários, unidades de medida e fontes de dados potenciais para a avaliação dos pontos críticos, conforme determinado nas Diretrizes.
- Fornecer fontes de medição e fontes de informação para a base de dados que poderão ser utilizados na ACV-S.
- Melhorar a facilidade e consistência de aplicação em relação aos diferentes estudos de caso.
- Fornecer uma abrangente fonte aberta de recursos para ACV-S.

Todavia, UNEP(2009) também coloca que no que tange a questão da ACV social, nenhuma planilha ainda foi proposta, o que oportuniza um bom objeto para estudo e desenvolvimento. Um destes estudos trata-se do Método de Avaliação de Subcategorias (SAM) como modelo de caracterização para ACV-S tipo 1 (Ramirez et al., 2014). Como os próprios autores colocam este modelo possibilita a identificação de algumas inquietações na prática da ACV-S. O SAM consiste em identificar perfis de desempenho social das organizações ao longo do ciclo de vida do produto e, a partir destes, o conhecimento dos potenciais de melhoria relacionados ao produto em avaliação. Desta forma é possível direcionar o investimento dos recursos em melhorias sociais mais importantes. O perfil social é composto por um conjunto de avaliações de subcategorias (sugeridas pela UNEP e SETAC, 2009) onde todas as subcategorias são avaliadas, e como resposta um nível (de A a D) é atribuído. O nível A e B correspondem ao atendimento do requisito básico determinado por Ramirez et al. (2014), por exemplo, existir a presença de política que proteja o direito a privacidade dos consumidores (subcategoria privacidade do consumidor), sendo que o nível B indica que a organização somente atende ao requisito básico. Já o nível A é dado às organizações proativas em relação à subcategoria, por exemplo, propagam essa ação aos seus fornecedores e clientes. O requisito básico é definido a partir de literatura reconhecida internacionalmente, como por exemplo, para o trabalho infantil, as recomendações da Organização Internacional do Trabalho (Ramirez et al. 2014). Os níveis C e D são diferenciados pelo contexto em que a organização está situada, por exemplo, uma organização que não respeita os direitos de liberdade de associação e negociação coletiva em uma região em que estes já não são cumpridos é classificada como C. Caso a organização estivesse em uma região na qual estes direitos são respeitados, o nível atribuído é D. A adoção dos critérios C e D nessa escala de notas demonstra uma característica da ACV-S, no que concerne aos impactos sociais, os quais são fortemente dependentes da localização geográfica, no contexto em que o impacto é gerado.

Portanto, questões como a definição do tipo de dado coletado relacionando este com o modelo de categoria de impacto social, bem como o rastreamento dos principais pontos críticos sociais existentes no ciclo de vida de um determinado produto fazem parte do planejamento de uma ACV social. Desta forma, o alinhamento da ACV social dentro da ideia de ASCV passa por definições não só embasadas nas premissas apresentadas pela norma NBR ISO 26000:2010 e diretrizes da UNEP (2009), como por hipóteses equivalentes a levantada por Dreyer et al (2010) a fim de se buscar uma viabilização da análise conjunta destes parâmetros de ACV.

3.2.5.ASCV na Prática

Conforme coloca UNEP (2011), a avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida (ASCV) refere-se a todos os impactos ambientais, econômicos e sociais e seus respectivos benefícios em processos de tomada de decisão na busca de produtos mais sustentáveis através de seu ciclo de vida. Desta forma, torna-se evidente a relação desta ferramenta com o tripé da sustentabilidade incentivando uma abordagem integrada destas três dimensões numa ACV única.

A possibilidade de se combinar as três técnicas de ciclo de vida, recém discutidas, em busca de um cenário de sustentabilidade de ciclo de vida possibilita a viabilização de uma ASCV. Neste contexto, Klöpffer (2008) idealizou a ASCV numa fórmula conceitual, conforme é apresentada na fórmula (3):

$$\text{ASCV} = \text{ACV ambiental} + \text{CCV} + \text{ACV social} \quad (3)$$

Porém, este mesmo autor coloca que esta viabilização da ASCV pode ser feita de duas formas: 3 (três) ACV-S separados e consistentes (opção 1) ou 1 (um) “novo” ACV, onde se inclui as categorias de impacto do CCV e do ACV social como categorias adicionais no AICV do ACV ambiental (opção 2).

Com relação à opção 1, Klöpffer (2008) cita as premissas necessárias e a forma de se realizar esta forma de abordagem. Primeiramente esta opção demanda um sistema de fronteiras idêntico para as três ACV-S, sendo sugerido que os métodos sejam padronizados (como já ocorre com a ACV ambiental) ou, no mínimo harmonizados através de um guia ou manual, conforme guia proposto por UNEP/SETAC Life Cycle Initiative (UNEP, 2011). É sugerido, também, a não realização de qualquer forma de ponderação entre os três componentes. Verifica-se que a maior vantagem desta opção acaba sendo a transparência. Assim, os resultados acabam sendo analisados de forma separada sem gerar qualquer juízo de valor devido a uma provável compensação que possa vir a ocorrer entre os componentes quando estes acabam sendo avaliados de forma conjunta.

No que diz respeito à opção 2, o mesmo autor levanta algumas premissas e questionamentos a fim de viabilizar esta abordagem sugerida. Esta opção determina somente 1 (um) modelo de ICV para os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Este modelo deve ser definido na etapa de objetivo e escopo. Assim, o CCV e o ACV social deverão se adequar ao objetivo e escopo, incluindo a unidade funcional. Todavia, uma questão acaba sendo levantada: esta opção é compatível a ABNT NBR ISO 14040:2009?

Tal questão é levantada, pois esta norma em sua Introdução coloca:

“A ACV enfoca aspectos ambientais e os impactos ambientais potenciais(...)

(...)

A ACV tipicamente não enfoca os aspectos econômicos ou sociais de um produto, mas a abordagem de ciclo de vida e as metodologias descritas nesta Norma podem ser aplicadas a esses outros aspectos.”

Portanto, baseado nos trechos da norma transcritos acima, Klöpffer (2008) conclui que a escolha acaba se voltando claramente para a opção 1. O autor reforça ainda que uma padronização de forma separada para o ACV ambiental, CCV e ACV social seria a consequência lógica. Todavia, Vinyes et al. (2013) apresentam um estudo de ASCV com uma abordagem muito similar a opção 2 sugerida por Klöpffer (2008). Neste estudo é apresentado um objetivo e escopo e se verifica uma abordagem voltada para cada uma das dimensões ou ACV somente na etapa de ICV. No caso deste estudo verifica-se resultados bem consistentes, mas quando os impactos ambientais, econômicos e sociais são agrupados verifica-se uma abordagem mais subjetiva baseada na interpolação dos resultados tomando como base o impacto mais crítico e comparando os demais com este impacto. Vale ressaltar que Vinyes et al. (2013) trabalham com impactos negativos e positivos e no caso deste último a relação de comparação se inverte, mas mantendo o maior impacto, neste caso positivo, como referencial.

No entanto, a construção de um guia detalhado esclarecendo como devem ser os procedimentos para a realização do CCV e do ACV social apresenta-se como alternativa. Baseado nesta demanda, a UNEP/SETAC representada pela Life Cycle Initiative criou uma proposta de manual intitulada: *Em Direção a Avaliação de Sustentabilidade de Ciclo de Vida: fazendo escolhas informadas sobre produtos* (UNEP, 2011) – *tradução própria*. O conteúdo deste manual merece alguns destaques como:

- Permite a possibilidade de se realizar uma ASCV baseada na abordagem denominada como opção 2 ou “novo” ACV;
- Ao se definir a Unidade Funcional deve-se descrever tanto a utilidade técnica como a utilidade social do produto a ser analisado;
- O sistema de fronteiras deve incluir todas as unidades de processo que sejam relevantes no mínimo para uma das técnicas e, no caso de exclusão de processos, a mesma deverá ser justificada;
- Com relação ao ICV, deve-se buscar atingir uma consistência entre as três abordagens, sendo que os dados devem ser coletados para a unidade de processo e em nível organizacional. Considerar tanto os dados quantitativos, como as informações semi-quantitativas e qualitativas;

- Considerar todas as categorias de AICV que são relevantes em termos multidimensional (social, ambiental e econômico), geográfico e temporal, outros fatores que sejam relevantes poderão ser identificados e analisados;

- Os resultados da fase de interpretação devem ser analisados de forma combinada, buscando verificar as possíveis correlações existentes entre os ganhos econômicos e os possíveis prejuízos ambientais e sociais.

Portanto, a realização de uma ASCV pode seguir ambas as abordagens discutidas neste item. No entanto, deve-se ter o cuidado de respeitar as premissas necessárias para cada caso. Além disso, o tomador de decisão que se utilizar destas metodologias deve ter em mente a questão da busca de uma avaliação consistente, não esquecendo os aspectos relevantes que dizem respeito a cada uma das dimensões (ambiental, social e econômica).

Vale destacar, que a fórmula sugerida por este autor (Klöppfer, 2008) deve ter os resultados de cada técnica lidos de forma combinada com os resultados das outras técnicas ao invés de somente somá-las. Assim, seria possível uma tomada de decisão integrada baseada na perspectiva do ciclo de vida, além de considerar as três dimensões da sustentabilidade. Somado a isso, Traverso et al. (2012) colocam que a obtenção dos resultados da avaliação são frequentemente desagregados e a simples comparação não se trata de uma tarefa fácil. Por exemplo, dois produtos diferentes sendo comparados em termos de desempenho sustentável. Enquanto um deles pode ser associado a impactos sociais e econômicos negativos, mas a um bom desempenho ambiental, o outro produto pode resultar num fraco desempenho ambiental, porém com impactos econômicos e sociais positivos. Assim, a compreensão dos resultados e a transparência e reprodutibilidade da ASCV são aspectos significativos no apoio aos tomadores de decisão. Neste caso, a etapa de interpretação pode ser ainda mais complicada ao nível de indicadores, pois para cada produto o indicador apresenta um desempenho diferente. Portanto, a obtenção da compreensão do resultado sem se perder a informação do desempenho dos indicadores individuais torna-se uma necessidade.

Outro aspecto importante diz respeito ao nível de desenvolvimento das três técnicas. UNEP (2011) faz uma breve caracterização dos três componentes da ASCV destacando alguns pontos importantes, conforme é apresentado na tabela 3, a seguir.

Com relação aos níveis de desenvolvimento, Traverso et al. (2012) cita que enquanto os resultados da ACV ambiental podem ser apresentados através de indicadores de impacto (*midpoint*) bem como indicadores de dano (*endpoint*), os resultados das técnicas de CCV e ACV-S são apresentados por indicadores ao nível de inventário. Além disso, Ferrão

(2009) lembra que quando se trata de CCV, deve-se verificar como a organização trata seus custos internos ou externos. Para um melhor entendimento, entende-se por custo externo aqueles que a empresa não se sente responsável no sentido de que tais custos não foram imputados nem pelo mercado, nem pelo legislador e, portanto, serão suportados pela sociedade. Todavia, dependendo da organização, a mesma pode assumir os custos, internalizando-os ao longo da cadeia de valor do produto. Nestas condições, não haveria custos externos para o caso citado. Já, a ACV-S se diferencia das outras duas técnicas quando se trata da obtenção do inventário ou mensuração dos indicadores de impacto, pois esta técnica trabalha com resultados quantitativos, semi-quantitativos e qualitativos. Isto se deve, pois na questão social as descrições qualitativas de indicadores, muitas vezes, são mais significativas do que dados quantitativos ou semi-quantitativos (UNEP, 2009; Swarr, 2009; Dreyer et al., 2010; Benoit-Norris et al. 2011). Benoit et al. (2010) exemplifica esta ideia descrevendo que um baixo número de acidentes de trabalho não indica um ambiente de trabalho seguro, caso estes acidentes não sejam relatados. Desta maneira, uma revisão qualitativa das diretrizes de segurança e a implementação das mesmas, de forma correta, pode ser uma melhor solução. Assim, o método de ASCV deve contemplar, também, uma maneira de se agregar dados quantitativos e não quantitativos na forma de um indicador final.

Tabela 3: Principais características das ACV (ambiental), CCV e ACV-S.

Tipo de ACV	Características
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Normalizado através das normas ISO 14040:2009 e 14044:2009. • Possui seus impactos definidos, considerando também os <i>midpoints</i> (impactos) e <i>endpoints</i> (danos). • Possui um extenso banco de dados (inventário) e um vasto rol de publicações (objetivo, escopo e interpretação bem desenvolvidos)
Econômico (CCV)	<ul style="list-style-type: none"> • Trata-se da mais antiga técnica entre os componentes do ASCV. • Pode trabalhar somente com os custos internos gerados no ciclo de vida de um produto como também com os custos externos. • Prevê a verificação dos custos e benefícios resultantes das externalidades geradas.
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Trata-se do componente mais recente • A forma de qualificação e quantificação dos impactos sociais ainda se encontra em discussão • Surgiu devido a verificação da necessidade de se ter um pilar social dentro da ASCV. • Deve envolver os direitos humanos, práticas trabalhistas, práticas leais de operação, questões dos consumidores e envolvimento e desenvolvimento da comunidade.

Fonte: UNEP (2011)

Estas diferentes características e premissas que possuem cada uma das três técnicas (ACV ambiental, CCV e ACV-S), aliado a necessidade de se obter dados consistentes onde não se perca a transparência de obtenção dos dados agregados é o que acaba

dificultando a realização de uma ASCV. Assim sendo, com o intuito de auxiliar a compreensão da estrutura deste método, ou seja, as variáveis, indicadores e níveis envolvidos, Finkbeiner et al. (2010) sugere um esquema de avaliação geral para uma ASCV.

Todavia, vale destacar que Finkbeiner et al. (2010), Zamagni (2012) e Vinyes et al. (2013) colocam que o atual estado da arte da ASCV apresenta a ACV ambiental e o CCV num nível mais avançado, enquanto a ACV-S ainda passa por um desenvolvimento metodológico. Ainda, este último autor ainda ressalta que o desenvolvimento da ASCV passa por uma combinação e/ou integração de modelos econômicos, modelos ecológicos e teorias sociais. Baseado nesta colocação verifica-se a importância da integração. Não somente uma simples integração, mas uma integração interdisciplinar. Porém tal integração interdisciplinar acaba exigindo uma complexidade muito maior devido ao grande número de variáveis envolvidas. Assim, questões como conhecimento multidisciplinar, multiespacialidade e temporalidade acabam sendo requisitos necessários para se obter uma boa completeza de uma ASCV. Infelizmente, conforme conclui Zamagni (2012), nenhum dos métodos disponíveis consegue avaliar sozinho todas estas questões citadas, devendo-se então avançar para uma abordagem de ideias e conhecimentos sistemáticos. Ainda, Halog e Manik (2011) colocam que a avaliação do todo (ASCV) não se trata somente da soma das partes (ACV + CCV + ACV-S) quando se considera as inter-relações entre estas dimensões e/ou abordagens de ciclo de vida. Estes autores ainda acrescentam que o desenvolvimento da ASCV vai além do simples apontamento das fraquezas óbvias existentes nas metodologias atualmente utilizadas. Halog e Manik (2011) observam que se deve focar nos potencialidades resultantes de cada metodologia e então, capitalizar as forças complementares para superar as fraquezas aparentes em cada uma destas metodologias, com o intuito de produzir resultados robustos e uma avaliação de sustentabilidade compreensiva.

Baseado no esquema de avaliação sugerido por Finkbeiner et al. (2010), conforme apresentado na figura 9, verifica-se a existência de uma complexa estrutura com um grande número de indicadores, premissas e particularidades com relação a cada uma das técnicas. Apesar disso, os resultados gerados por uma ASCV e que apoiarão os tomadores de decisão deverão ser compreensíveis e de fácil entendimento.

Finkbeiner et al. (2010) também observam que é muito frequente a existência de distintas relações entre estas três dimensões e que a avaliação dos resultados destas relações deve ser realizado com o máximo cuidado a fim de manter um balanço sustentável. Além disso, estes autores ainda reforçam que ignorar ou negligenciar a existência de potenciais

ponderações que acontecem na tomada de decisão no “mundo real”, no mínimo de forma implícita, acabam prejudicando o desenvolvimento de metodologias e esquemas de avaliação da sustentabilidade.

Figura 9: Esquema de avaliação abordando as três dimensões de sustentabilidade.



Fonte: Finkbeiner et al. (2010)

Com o intuito de se aproximar desta demanda desafiadora, a abordagem através de indicadores de sustentabilidade (item 3.1.2) na etapa de interpretação da ASCV vem ao encontro das exigências colocadas por este método, apresentando-se como uma maneira viável de apresentação dos resultados de forma agregada e individual. Conforme já discutido na seção 3.1.2, estes indicadores auxiliam no entendimento do resultado agregado das técnicas de ciclo de vida ambiental, econômica e social e, além disso, diversas premissas e requisitos tornam-se necessárias para que este indicador não cumpra uma mera formalidade. A utilização de indicadores de sustentabilidade em ASCV é sugerida por Finkbeiner et al. (2010), Halog e Manik (2011), UNEP (2011) e Traverso et al. (2012). Vale destacar que todos os autores recém citados sugerem o indicador *Dashboard of Sustainability* chegando a sugerir uma forma de ASCV denominada como Life Cycle Sustainability Dashboard (LSCD) (Finkbeiner et al. 2010; Traverso et al. 2012). No caso do LSCD esta metodologia oferece a possibilidade de ponderar, normalizar e agregar os dados. Além disso, o LSCD possui uma interface amigável com ferramentas que permitem apresentar os resultados finais com transparência, pois existe a possibilidade de abertura dos impactos ambientais, econômicos e

sociais podendo apresentar seus respectivos índices e os resultados de todas as variáveis que compõem de forma individual e separadamente.

Outros métodos e ferramentas são sugeridos para a ASCV. Finkbeiner et al. (2010) sugere a utilização do Life Cycle Sustainability Triangle (LCST) que se trata de uma adaptação da representação utilizada em forma de diagrama triangular para misturas químicas. Tal adaptação é sugerida a fim de auxiliar na determinação das ponderações a serem utilizadas para cada uma das dimensões da sustentabilidade. Já, Halog e Manik (2011) sugerem a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) ou a Tomada de Decisão Multi-objetiva (MODM). Estes autores baseiam suas sugestões na complexidade encontrada para a obtenção de uma ASCV. Eles reiteram tal afirmação colocando que se trata de um fenômeno multi-dimensional que apresenta uma amplitude e profundidade que dificilmente pode ser coberta por ferramentas que apresentem uma abordagem mais simplificada. Dentre as ferramentas e abordagens de MCDA, estes autores sugerem: análise por envoltória de dados (DEA), modelamento baseado em agentes (ABM), dinâmica de sistemas (SD) e teoria das redes sustentáveis (SNT). Porém, vale o destaque para o diagrama das relações causais apresentado por Halog e Mandik (2011). Este diagrama apresenta todos os atores participantes e as variáveis envolvidas, demonstrando a influência dos mesmos dentro do ciclo de vida de um determinado biocombustível. Tal diagrama possibilita visualizar as inter-relações dentro do ciclo de vida de um biocombustível e como os atores e variáveis influenciam nas inter-relações existentes e, por consequência, na sustentabilidade deste produto.

Já, Sala et al. (2013) destacam a importância de abordagens híbridas. Estes autores colocam que este tipo de abordagem torna a ACV mais completa em termos de definição do sistema, quando se foca na questão da avaliação da sustentabilidade deste sistema. Estes autores ainda justificam que a ASCV se adequa muito mais a uma abordagem de análise do que de avaliação, mostrando que esta metodologia se aproxima mais do nível conceitual, necessitando então se tornar mais operacional. Portanto, como se verifica que não existe um método único e padronizado para integrar os diferentes métodos baseado na abordagem de ciclo de vida, a realização de estudos de caso de ASCV torna-se fundamental na busca de uma melhora das práticas e conhecimentos a cerca desta metodologia. Contribuindo para uma aceleração e desenvolvimento da abordagem em sustentabilidade.

Por último, tendo o objetivo de complementar a interpretação agregada, a fim de avaliar e determinar as relações, não só entre os inventários ambiental, econômico e social, como, principalmente os impactos que compõem estas três dimensões, sugere-se a utilização

de uma Análise Estatística Multivariada Integrada (AEMVI) focada na análise de componentes principais (PCA) e em uma análise de cluster (CA)(Esbensen, 2002).

O PCA é uma técnica multivariada que prove uma aproximação de um conjunto de dados através de um modelo que sumariza e destaca suas similaridades e diferenças. A função primária do PCA é determinar poucas combinações lineares, chamadas de componentes principais (PC), que capturem a essência dos dados sem perder quantidade significativa de informação. O PCA surgiu pela primeira vez na literatura estatística em 1901, com o objetivo de representar pontos de um espaço multidimensional em um gráfico de duas dimensões. Na química PCA foi introduzido por volta de 1960, e em 1970 já tinha inúmeras aplicações(Wold et al., 1987). As principais finalidades do uso do PCA são: redução de dimensionalidade dos dados; detecção de dados anômalos; seleção de variáveis importantes, entre um conjunto de variáveis correlacionadas; classificação; predição(Wold et al., 1987 e Gutiérrez et al., 2009). Um grande conjunto de dados com várias características é uma das coisas mais difíceis para a mente humana compreender, e além de demandar muito tempo para a sua análise, o comportamento do sistema em questão é difícil determinar conhecer quais objetos e variáveis que melhor representam o processo (Wold et al., 1987).

Os PCs são calculados a partir da matriz de covariância (uma matriz simétrica que contem as covariâncias entre os pares de variáveis) da matriz original de dados. Esses PCs são vetores próprios de cada matriz, conhecidos como autovetores, que quando multiplicados pela matriz em questão resultam neles mesmos multiplicados por certas constantes. Essas constantes são conhecidas como autovalores, e são o produto de um processo de maximização e também representam os multiplicadores de Lagrange desses autovetores. Portanto, os PCs são variáveis que representam a máxima variância dos dados originais. O primeiro PC é aquele que tem o maior autovalor, e geometricamente é o vetor que representa a direção da maior variação dos pontos. Os PCs obtidos são ortogonais entre si, ou seja, algebricamente são independentes, sendo o segundo PC representando a direção da variação dos pontos que não foi representada pelo primeiro PC. Como foi utilizada a matriz de covariância, os PCs podem ser escritos como uma combinação linear das variáveis originais, através disso é calculado a importância de cada variável para todo o processo (Esbensen, 2002).

Cada objeto é representado por um valor em para cada PC, esses valores são chamados de *scores*, aqui traduzido como resultado. Os PCs são representados no modelo final como as colunas de uma matriz que contem esses resultados, chamada de *scorematrix*. Os autovalores para cada PC são decompostos para cada uma das variáveis, esses valores são conhecidos como *loadings*, aqui traduzidos como quantitativos. Parte da variância dos dados

não consegue ser computado pelos PCs obtidos, gerando uma matriz de erros, chamados de resíduos. O primeiro efeito do PCA é a redução de dimensionalidade, sendo na maioria das vezes 3 PCs o suficiente para representar os dados originais. Os primeiros PCs podem ser graficamente representados, o que é chamado de *scoreplot*. As diferenças e similaridades entre os objetos originais podem ser extraídas e agrupamentos atribuídos, somente pela distância entre os pontos no *scoreplot*. As variáveis responsáveis por essas características retiradas dos PCs são representados graficamente pelo *loadingplot*, que mostra a influência de cada variável na construção de cada PC (Esbensen, 2002).

Pontos próximos no *scoreplot* representam valores relativamente próximos nos PCs, condizendo com valores parecidos nas características importantes para o processo que se deseja estudar. Essa é a característica da análise que permite estabelecer agrupamentos e atribuir as suas causas quantitativamente (Esbensen, 2002).

O PCA é uma das principais técnicas usadas em análise exploratória, normalmente é a primeira etapa em uma abordagem multivariada em tratamento de dados. Tem sido utilizada para destacar as características relevantes dos dados e levantar questões (Meglen et al. 1992).

As aplicações de PCA para estudos de ACV foram reportadas (Massart et al., 2003), com intuito de redução de dimensionalidade e seleção das mais informativas categorias de impacto, para permitir extração dos relacionamentos entre os itens (Gutiérrez et al., 2009).

A análise de cluster é uma análise multivariada exploratória que visa à partição de uma série de elementos para uma classe de subséries conhecido como *clusters* (Wright, 1973). A informação desejada consiste no número de grupos formados e seus membros. As amostras são agrupadas de acordo com a sua similaridade relativa, o número de grupos resultantes e de integrantes em cada um vai depender o nível de similaridade que o pesquisador busca (Begovich & Kane, 1982). A similaridade entre as amostras é mensurada através de sua distância no espaço n-dimensional observada. A análise de *cluster* é muito utilizada para reconhecimento de padrões, taxonomia e determinação de erros de medida nos objetos matriz de dados avaliada (Massart et al., 2003).

As técnicas de cluster hierárquicas se derivam conceitualmente da distância como medida de similaridade. Os valores dos objetos nas variáveis são utilizados para estabelecer intervalos médios de distância e criar um grau médio de similaridade. As distâncias métricas são preferíveis a dados não métricos, pois estão melhores correlacionada com a disposição gráfica. Cada possível cluster é representado por uma função que contém as medidas de distância entre os objetos. Os algoritmos mais utilizados para as técnicas de cluster

hierárquicas, são aqueles que minimizam as funções de cluster para criar grupos que tenham a máxima “coesão” entre seu objetos e máxima separação externa (Gutiérrez et al., 2009). Os resultados da CA podem ser lidas e interpretadas em um dendograma (gráfico de árvore), que mostra os clusters formados e as suas diferenças relativas comparada com os seu objetos internos (Wright, 1973). Geralmente o CA é utilizado após uma pré-visualização dos dados, muitas vezes realizada por um PCA. No contexto dos estudos de ACV, é o que ocorre, sendo o PCA uma ferramenta para pré-seleção de variáveis e objetos, e o CA para agrupar as observações (Gutiérrez et al., 2009).

3.3. PROCESSO PRODUTIVO DO BIODIESEL DE SOJA

Este item visa descrever a cadeia produtiva do biodiesel de soja. O processo produtivo do biodiesel de soja está separado em fase agrícola (produção da soja), fase industrial (produção do óleo de soja e do biodiesel) e produção de insumos (metanol). Por fim, será realizada uma breve discussão a respeito de políticas públicas existentes no Brasil e, por consequência, no RS, que possam vir a influir nos aspectos sociais e econômicos da produção do biodiesel.

Esta descrição dos processos tem como objetivo verificar os fluxos mássicos e energéticos, tanto de entrada como de saída existentes em cada uma das etapas de produção. Tal levantamento dos fluxos busca auxiliar no levantamento dos possíveis impactos de maior relevância no que se refere as três dimensões abordadas.

3.3.1. Biodiesel - Fase Agrícola: produção da soja

Atualmente a soja é a oleaginosa mais plantada no Brasil sendo ela sozinha responsável por mais de 50% da produção total de óleos vegetais (Quintella, 2009). Conseqüentemente, esta leguminosa gera o óleo vegetal mais ofertado para a indústria do biodiesel. Segundo Fontoura (2010) e Castro (2011), o óleo de soja acaba contribuindo com mais de 80% de toda a matéria-prima utilizada para a produção de biodiesel. Este óleo acaba assumindo um papel estratégico para o sucesso do biodiesel no Brasil e, principalmente, no Rio Grande do Sul. No caso do estado do Rio Grande do Sul, este foi responsável por cerca de 12,9 milhões de toneladas de soja na safra de 2013/2014 dos cerca de 86,1 milhões de toneladas de soja produzidos em todo o Brasil durante esta mesma safra (CONAB, 2013b). Tais números demonstram a boa representatividade do RS, com uma contribuição em cerca de 15% de toda a soja brasileira produzida nesta safra. Desta forma, a ACV deste biocombustível deve, obrigatoriamente, contemplar as etapas de plantio, trato agrícola e colheita, considerando que a soja deverá seguir o sistema de plantio direto.

A primeira etapa num sistema de plantio direto (SPD) diz respeito ao plantio desta leguminosa. Particularmente, para o estado do Rio Grande do Sul a época de plantio ocorre entre início de outubro até o final de dezembro. Cunha et al. (2001), citam que o período de semeadura da soja no Rio Grande do Sul inicia-se na primeira quinzena de outubro estendendo-se até 31 de dezembro. No entanto, este autor apresenta resultados demonstrando a vantagem da semeadura ocorrer no período de 15 de novembro até 15 de dezembro baseado no critério de disponibilidade hídrica para o plantio desta cultura.

EMBRAPA (2003) cita que durante o plantio, além da etapa de semeadura, tornam-se necessários a correção de acidez do solo, além da colocação de herbicidas, fungicidas e fertilizantes. Com isso, ocorrerá uma nova demanda de implementos agrícolas que realizarão a fixação destes componentes indispensáveis para a correção e manutenção da fertilidade do solo. Assim, mais uma vez dever-se-á contemplar a utilização de combustíveis, além da análise dos aspectos ambientais envolvidos com a colocação de pesticidas e fertilizantes. Também, não devem ser esquecidos os potenciais impactos ambientais que ocorrerão devido à correção de acidez do solo. EMBRAPA (2003) coloca, também, que em relação às exigências minerais da cultura da soja, o nitrogênio necessário para o seu crescimento acaba sendo obtido na maior parte através da fixação simbiótica que ocorre com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Estas bactérias, quando em contato com as raízes da soja, infectam as mesmas, via pelos radiculares, formando os nódulos. A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) pode, dependendo de sua eficiência, fornecer todo o nitrogênio que a soja necessita, tornando dispensável a fixação deste nutriente via adubação.

Uma vez que a soja foi plantada, a próxima etapa será o trato agrícola da soja. Esta etapa torna-se necessária devido à ocorrência de doenças, pragas que podem ocorrer, além de plantas daninhas que acabam competindo com esta cultura. Assim, para que se possa manter afastado todos estes possíveis problemas, com o intuito de buscar uma máxima produtividade desta leguminosa, devem ser previstos a utilização de herbicidas, fungicidas e pesticidas além de manutenção de fertilizantes. Tais previsões têm como intuito propiciar uma melhor eficiência para a colheita. Portanto, esta etapa proporcionará aspectos relacionados ao meio ambiente, muito similares ao da etapa do plantio com a adição de impactos provindos da utilização de pesticidas.

A última etapa de produção da soja será então a colheita desta cultura. EMBRAPA (2003) coloca que a colheita deve ser realizada tão logo a soja atinja o estágio R8 (ponto de colheita), a fim de evitar perdas na qualidade do produto. Além disso, o ciclo da soja no Rio Grande do Sul inicia-se em novembro indo até abril, de forma que o período de

colheita desta leguminosa se iniciará no fim de fevereiro e se estenderá até o mês de abril (EMBRAPA, 2003; Constantin, 2007). Apesar do ciclo completo da soja ser de 118 dias (Constantin, 2007; EMBRAPA, 2003) ressalta que, a colheita deve ocorrer com a soja obedecendo a uma determinada faixa de umidade (13% e 15%), o que acaba por minimizar os problemas de danos mecânicos e perdas na colheita. Sementes colhidas com teor de umidade superior a 15% estão sujeitas a maior incidência de danos mecânicos latentes e, quando colhidas com teor abaixo de 12%, estão suscetíveis ao dano mecânico imediato, ou seja, à quebra. Portanto, apesar da soja, possuir um período pré-determinado no seu ciclo, esta colheita poderá ser antecipada ou postergada, buscando realizar tal colheita nos índices de umidade recomendáveis e quando se observar o atendimento do estágio ideal desta planta.

Outro ponto importante que este autor destaca também está relacionado à questão das perdas, pois ele destaca que uma perda tolerável é de no máximo uma saca de 60 kg/ha. EMBRAPA (2003) define as causas de perdas ocorridas numa lavoura de soja como:

- Perdas antes da colheita - causadas por deiscência ou pelas vagens caídas ao solo antes da colheita (cerca de 3% das ocorrências);
- Perdas causadas pela plataforma de corte - que incluem as perdas por debulha, as por altura de inserção e as por acamamento das plantas que ocorrem na frente da plataforma de corte (cerca de 85% das ocorrências);
- Perdas por trilha, separação e limpeza - em forma de grãos que tenham passado através da colhedora durante a operação (cerca de 12% das ocorrências).

Baseando-se então nestas informações, a etapa de colheita envolverá a análise do gasto de combustível e energia a serem utilizados no processo de colheita, além da consideração dos índices de perda e de resíduos gerados, que, necessariamente, deverão ser avaliados no que diz respeito à ACV da cultura desta leguminosa.

Por fim e não menos importante, ao se avaliar a etapa agrícola da soja deve-se considerar os resultados provenientes das mudanças do uso da terra (MUT). Estudos demonstram que a substituição da vegetação natural por um novo cultivo de plantas com finalidades energéticas, pode reduzir de forma consistente a fixação de carbono. Desta forma, o benefício ambiental da captura dos gases de efeito estufa (GEE) acaba sendo minimizado em relação ao uso de combustíveis fósseis (Cherubini, 2010; Gnansounou et al. 2008; Grisoli et al. 2012; Castanheira e Fausto, 2013; Malça e Freire, 2012).

O carbono orgânico é armazenado em três conjuntos diferentes: na vegetação (incluindo as raízes), na palhada (incluindo madeira morta) e no solo. Ao modificar a utilização da terra, esses reservatórios podem alterar ao longo do tempo até um novo estado

de equilíbrio ser atingido. Durante a transição para este novo nível de equilíbrio haverá uma emissão líquida de CO₂, se os estoques de carbono são mais baixos na lavoura; ou uma remoção líquida de CO₂, se os estoques de carbono aumentarem sob a área cultivada (Amezaga et al. 2010; Cherubini, 2010). Segundo Cherubini (2010), trata-se de um aspecto importante, devido as grandes quantidades de carbono na matéria orgânica do solo. Estes reservatórios de carbono são tão grandes que qualquer variação, por mínima que seja, pode ser relevante no balanço de GEE. No entanto, poucos trabalhos contemplam esta fonte de emissão, provavelmente devido à complexidade dos cálculos e a dificuldade em determinar as principais transições de uso da terra. Cada estudo de caso deve ser tratado de forma autônoma e modelado em diferentes parâmetros, o que muitas vezes leva a investigações baseadas em cenários que se distanciam da real MUT.

Com o objetivo explícito de garantir a sustentabilidade ambiental do biodiesel, a Diretiva da União Europeia à Promoção de Fontes de Energia Renovável (European Commission's Renewable Energy Directive - RED) definiu que, para o biodiesel ser considerado uma fonte de energia renovável, é necessária uma economia de 35% das emissões de GEE em relação ao Diesel em 2014, de 50% entre 2014 e 2017 e 60% ou mais após 2017. Além disso, a diretiva estipula que as matérias-primas para a produção do biodiesel não devam ser produzidas em áreas que foram convertidas de florestas ou de alto teor de carbono (FAO, 2014). Segundo FAO (FAO, 2014), a má análise dos materiais, nutrientes e fluxos energéticos envolvidos na sua produção e utilização são apontadas como os motivos das preocupações em torno dos biocombustíveis. Porém, o uso de ferramentas e metodologias como a ACV podem ajudar na quantificação de fluxos de materiais, emissões de GEE e outros impactos ambientais, que podem ser agrupados sob uma gama de abordagens científicas e ferramentas para avaliar a sustentabilidade dos biocombustíveis.

Entretanto, de acordo com Cavalett (2010) para produção de um biodiesel de soja mais sustentável, a atenção deve ser voltada para a fase agrícola, ou seja, para o cultivo da soja. Por considerar a mais importante fase da ACV do biodiesel de soja, uma vez que é onde a maior parte dos recursos materiais e energéticos são consumidos, além de ser a que mais contribui para as emissões de GEE. Segundo IPCC, (2013), na agricultura, podem ser apontadas como principais fontes dessas emissões, o uso de combustíveis fósseis, o consumo de fertilizantes nitrogenados sintéticos, a FBN por leguminosas, a mudança de estoques de carbono devido a MUT, as emissões por calagem e emissões de solos orgânicos cultivados.

Neste contexto, a ACV é vital quando o objetivo é avaliar os impactos ambientais do sistema de processo em questão (Castanheira et al., 2013). Porém, Malça e Freire,

(2012) ao compararem estudos de ACV de biodiesel na Europa, relatam uma grande divergência nos resultados, o que segundo os autores pode ocorrer devido às fontes de dados e as tecnologias de operação utilizadas no estudo, o que ressalta a importância da qualidade dos dados utilizados na ACV e o motivo das normas recomendarem a preocupação com a transparência dos estudos. A preocupação com a fonte de dados empregadas no estudo de uma ACV também é relatada por Menezes (2012). Segundo o autor, ao optar por utilizar a base de dados da produção agrícola da soja brasileira disponibilizada pelo Ecoinvent, por não haver dados de inventário da produção agrícola de soja do RS para ACV, seus resultados podem ter sido superestimados.

Segundo Panichelli et al. (2009) as especificidades regionais são fatores chave para analisar os impactos ambientais de biocombustíveis a partir de uma ACV, e as variações dos resultados podem ocorrer de um país para outro. Estas variações podem ocorrer devido a diferentes fontes de energia, meios de transporte, práticas agrícolas e a inclusão da MUT. Com base nisso, e levando-se em consideração que o Brasil é um país continental, pode-se esperar variações significativas em seus inventários, diretamente dependentes da região, clima e tipo de solo em estudo.

Além da agricultura, a MUT é considerada uma das mais importantes fontes de GEE (Castanheira et al., 2013), de acordo com Lapola et al. (2013) 80% das emissões totais de CO₂eq. do Brasil em 2005, foram provenientes destas duas fontes. Neste contexto, as emissões decorrente da MUT são extremamente relevantes em um estudo de ACV, sobretudo por ser uma etapa inevitável, uma vez que para expansão da produção dos biocombustíveis há necessidade de terras para o cultivo (Milazzo, 2013).

É importante salientar que há dois tipos de MUT, chamadas de mudança do uso da terra direta (dMUT) e a mudança do uso da terra indireta (iMUT).

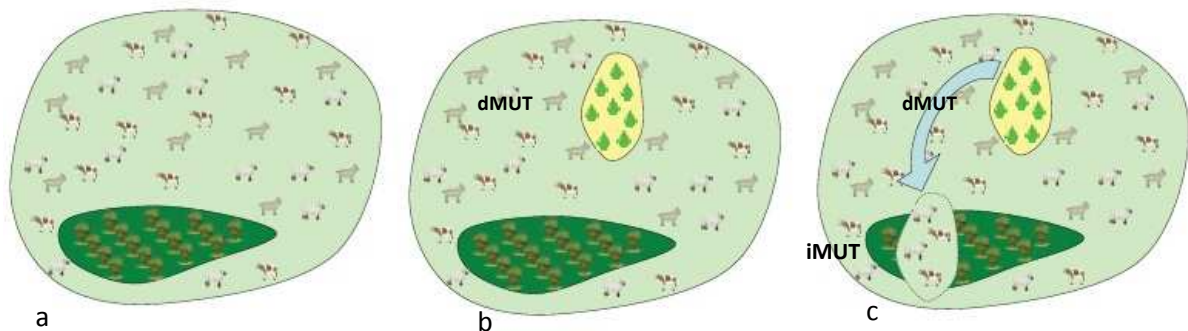
A dMUT ocorre quando terras agrícolas são convertidas para produção de matéria-prima para fins de biocombustíveis (por exemplo, a conversão de terras florestais ou pastagens para plantações de soja), podendo gerar mudanças no estoque de carbono da terra (Cherubini, 2010; Amezaga et al., 2010).

A iMUT ocorre quando a terra atualmente utilizada para as culturas alimentares ou de alimentos é transformada em bioenergia mantendo, no entanto, a demanda anterior, ou seja, a produção agrícola deslocada vai mover-se para a outros locais (Fritsche, 2008; Amezaga et al., 2010).

Segundo Broch, Hoekman e Unnash (2013) há muita incerteza e variabilidade na modelagem da iMUT. A própria Comissão Europeia (European Commission, 2010) reconhece a

deficiência e falta de metodologias apropriadas, o que leva vários autores a desconsiderá-la (Castanheira e Freire, 2013; Milazo et al., 2013; Kendall e Chang, 2009). A Figura 10 exemplifica esquematicamente a relação entre dMUT e iMUT. Em “a” a terra é usada para pastagem de gado e floresta; em “b” pode-se observar que houve a conversão de uma parcela da pastagem para lavoura, isto caracteriza uma dMUT; já na em “c” devido ao dMUT a pastagem é forçada a avançar sobre a área de floresta, caracterizando uma iMUT.

Figura 10: Esquema da relação entre a dMUT e a iMUT.



Fonte: Amezaga et al., 2010.

Neste contexto, pode-se afirmar que, para uma avaliação da sustentabilidade ambiental do biodiesel de soja a partir da metodologia da ACV, é imprescindível que as fontes de impactos da fase agrícola sejam identificadas e quantificadas a partir de dados representativos da região em estudo. Porém, pouco contribui um estudo que não aponta as etapas responsáveis pelos impactos. Logo, é necessário relacionar as fontes de impacto com as etapas de cultivo para que tomadas de decisão possam ser sugeridas, ou seja, é imprescindível contemplar as emissões provenientes da MUT, assim como as diferentes etapas do cultivo da soja.

3.3.2. Biodiesel - Fase Industrial: produção do óleo de soja e do biodiesel

Conforme coloca Schneider & Oliveira (2006), uma vez obtido o grão da soja, este será destinado para a obtenção do óleo de soja, seja por esmagamento ou extração por solvente (hexano).

Estes mesmos autores colocam que, no caso da obtenção do óleo por extração com hexano, recupera-se este solvente por destilação, com a obtenção do óleo bruto. As etapas da extração do óleo de soja são:

- pré-limpeza e classificação das sementes;
- decorticação (retirada das fibras);
- separação das amêndoas;

- moagem e laminação ou extrusão (a fim de facilitar a penetração do solvente);
- cozimento;
- prensagem a frio ou a quente;
- filtração;
- extração com solvente;
- destilação da micela;
- remoção do solvente do farelo; e
- degomagem do óleo de soja.

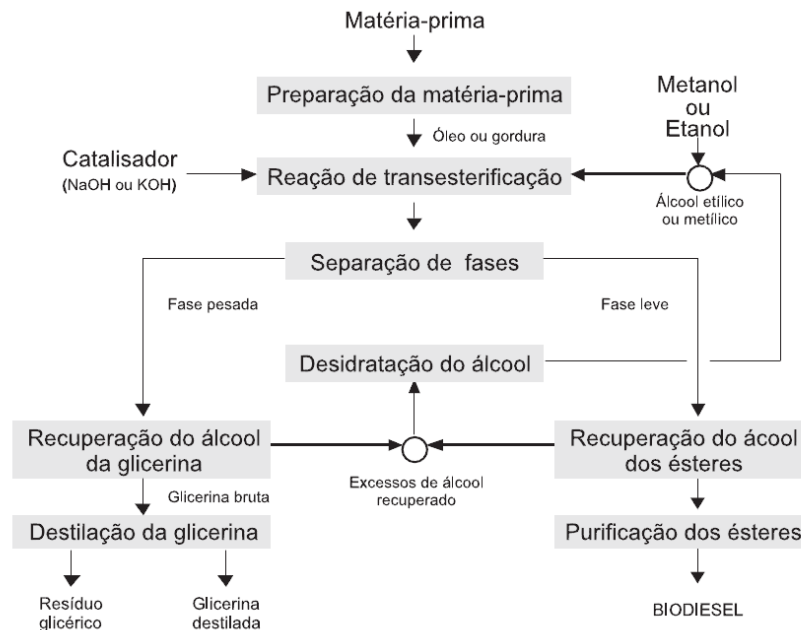
No decorrer destas etapas serão gerados os seguintes resíduos ou efluentes:

- emissão de gases devido à evaporação do solvente;
- emissão de material particulado nas etapas de limpeza e preparação das sementes e no processamento do farelo; e
- efluente líquido gerado devido à condensação do vapor do solvente e do processo de degomagem, este efluente costuma apresentar alta demanda química de oxigênio (DQO), alto teor de óleos e graxas, sulfatos, sólidos em suspensão (SS), nitrogênio e fosfatos; podendo apresentar também compostos fenólicos, metais pesados, catalisadores, substâncias oxidáveis e pesticidas provindos da planta.

Vale ressaltar que, juntamente com o óleo de soja, obtém-se também como coproduto do grão desta oleaginosa: o farelo de soja. No ano de 2014, o Brasil produziu 7,2 milhões de toneladas de óleo de soja e 28 milhões de toneladas de farelo de soja (ABIOVE, 2014). Vale destacar que este óleo de soja produzido destina-se tanto a produção de combustíveis como para o setor de alimentação.

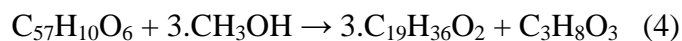
A transformação do óleo de soja em biodiesel demanda um processo químico conhecido como transesterificação que engloba as seguintes etapas: preparação da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, recuperação e destilação da glicerina e purificação dos ésteres, obtendo então o biodiesel (figura 11). Estima-se que o Brasil em 2014 irá produzir cerca de 3,42 milhões de m³ de biodiesel, onde cerca de 0,97 milhões de m³ de biodiesel serão provenientes de usinas de biodiesel gaúchas (ANP, 2013a). Estes números chamam atenção, pois significam quase 30% de toda a produção de biodiesel brasileiro, apesar do RS contribuir com cerca de 15% de toda a soja brasileira. Vale destacar também que é a partir deste processo que se obtém o biodiesel bruto, mas também um subproduto conhecido como glicerina.

Os aspectos ambientais envolvidos na produção do biodiesel deverão contemplar não só as etapas descritas na figura 11, como também os impactos ambientais resultantes do processo de obtenção do álcool (etanol ou metanol) e do catalisador (NaOH ou KOH, por exemplo). **Figura 11: Obtenção do biodiesel por meio da transesterificação**



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006

Apostolakou et al. (2009), descrevem o processo químico de obtenção do biodiesel colocando que a reação de 1 (uma) molécula do triglicerídeo com 3 (três) moléculas de álcool irão formar 3 (três) moléculas do biodiesel e 1 (uma) molécula de glicerol. Utilizando-se, por exemplo, o metanol, se teria a seguinte reação:



Além disso, a fim de se obter uma boa eficiência da reação, cerca de 90%, sugere-se que o álcool seja colocado com, no mínimo, 100% de excesso (Apostolakou et al., 2009; Fontoura, 2010 e Lôbo, 2009). Somado a isso, buscando diminuir o tempo de reação, torna-se necessário a utilização de um catalisador (básico ou ácido) na concentração de 1,0% (Fontoura, 2010 e Lôbo, 2009). Uma vez obtido este biodiesel bruto, este deverá sofrer um processo de refino resultando então no biodiesel. Os principais impactos relacionados ao processamento e uso deste biocombustível são: depleção dos recursos bióticos, formação de oxidantes fotoquímicos, acidificação, eutrofização e utilização do solo.

Por se tratar do principal subproduto formado na reação de transesterificação quando da obtenção do biodiesel, a glicerina compõe cerca de 10% do volume da produção do biodiesel (Quintella & Castro, 2009; Fontoura, 2010). Sendo assim, torna-se necessária a

busca por utilizações para este volume de glicerina que as usinas geram juntamente com o biodiesel. As potencialidades de utilização da glicerina encontram-se nas indústrias de plástico, de lubrificantes, de cosméticos, de fármacos e de explosivos (Fontoura, 2010). Porém Quintella & Castro (2009) colocam que, para que este produto possa ser utilizado por estas indústrias, a premissa básica necessária diz respeito ao grau de pureza. Esta pureza tem de ser muito alta (>99,5%) o que exige processos complexos e onerosos para o subproduto do biodiesel, pois em média a glicerina gerada nas usinas apresenta uma pureza entre 40 a 90%. Estes autores afirmam ainda que o processo de purificação acaba inviabilizando a utilização da glicerina, e, portanto, tornando imprescindível a busca por alternativas de aproveitamento desta glicerina bruta (GB). Baseado nisso, alternativas como o processo de compostagem e a recuperação energética (combustível ou estoque para energia térmica) já são estudadas de modo a buscar nova alternativa para esta geração de GB.

Um dos pontos que merece uma breve discussão diz respeito ao tipo de álcool a ser utilizado na reação de transesterificação. Neste caso, Holanda (2004) apresenta um comparativo do biodiesel metílico com o biodiesel etílico. Tal discussão conclui que o biodiesel metílico apresenta vantagens como: maior eficiência e velocidade de reação, necessidade de um menor consumo do álcool, maiores facilidades na separação dos produtos, menor energia gasta no processo de desidratação do álcool excedente, menor preço, menor demanda energética e menor investimento em equipamentos. Desta forma, as vantagens do biodiesel etílico restringem-se aos aspectos sociais, a menor toxicidade e periculosidade no manuseio deste álcool, por possuir uma infraestrutura e tecnologia nacional consolidada além de não apresentar déficit de oferta desta matéria-prima.

Outro assunto que se deveu breve destaque refere-se ao tipo de catalisador usado. Neste caso, Suarez (2009b) coloca que os catalisadores homogêneos são amplamente utilizados, devido ao baixo custo e a alta atividade, tornando o processo rápido e barato, tendo como principal limitante a necessidade de insumos de alta qualidade. Todavia, este autor destaca a potencialidade dos catalisadores heterogêneos que, embora ainda possuam um alto custo, possibilitam bons rendimentos, fácil recuperação ao final da reação, possibilidade de reutilização por diversas vezes, além de possibilitar a produção de glicerina com alto teor de pureza. Porém, a utilização deste último tipo de catalisador citado demanda instalações diferentes das utilizadas atualmente pelas usinas. Para termos de esclarecimento, Schwartz (1985) esclarece dentro do clássico contexto da química que catalisadores homogêneos e heterogêneos são definidos pelo critério de solubilidade. Desta forma, caso o substrato e o catalisador se encontrem na mesma fase, define-se este catalisador como homogêneo. De

outra forma, quando o substrato e o catalisador encontram-se em mais de uma fase, define-se como catalisador heterogêneo.

3.3.3. Biodiesel - Produção de Insumos: etanol e metanol

Por se tratarem dos mono-alcóois de menores cadeias, o etanol e, principalmente o metanol acabam sendo os principais insumos utilizados na reação com óleos vegetais para a obtenção do biodiesel através da reação de transesterificação (Serrão, 2007; Quintella, 2009; Quintella & Castro, 2009, Suarez, 2009a; Suarez, 2009b).

O etanol, em termos de Brasil, é obtido através do plantio da cana-de-açúcar. Esta cana-de-açúcar depois de plantada e colhida passa pelos processos de moagem, clarificação do vinhoto, fermentação, destilação e desidratação a fim de se obter como produto final o etanol anidro. Deve-se contemplar que o processo recebe durante a fase agrícola a adição de fertilizantes e agrotóxicos, além do consumo de diesel pelo maquinário agrícola. Já na etapa de moagem e clarificação do vinhoto ocorre o consumo de água e de energia elétrica, enquanto que nas etapas fermentação e destilação existe o consumo de leveduras, além da necessidade de energia elétrica. Vale lembrar que muitas usinas geram sua própria energia elétrica através da queima do bagaço em suas caldeiras. Como emissões o processo possui um potencial de impacto tanto nos corpos hídricos como no ar. Os principais poluentes atmosféricos emitidos são: o metano (CH_4), o óxido de nitroso (N_2O), os óxidos de nitrogênio (NO_x), a amônia (NH_3), o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO_2), os óxidos de enxofre (SO_x), materiais particulados (MP) e os compostos orgânicos voláteis (COV). Com relação aos potenciais contaminantes dos corpos hídricos, pode-se citar os nitratos, o fósforo, pesticidas, óleos e graxas, cloretos, sulfatos, compostos orgânicos altamente oxidáveis e compostos tóxicos como arsênio, cádmio e cromo (Silva, 2008; Liptow & Tilmann, 2009; UNICA, 2012).

O metanol é o álcool que apresenta a menor cadeia química, possuindo apenas um carbono e um peso atômico de 32,04 g/mol. O metanol é considerado um produto perigoso, pois se apresenta como um líquido incolor, polar e miscível em água, além de ser utilizado como solvente, combustível, ou matéria-prima, para outros produtos químicos. Este álcool possui chama transparente quando da sua queima, sendo praticamente invisível a luz do dia, somado a isso o metanol apresenta um ponto de ignição a 11°C . Trata-se, também, de um líquido altamente inflamável e de toxicidade aguda que se vaporiza facilmente com vapores, também, inflamáveis (Methanex, 2008).

O processo de produção possui três etapas: geração de gás de síntese, conversão do gás de síntese em metanol e purificação do produto na especificação requerida. Sua principal matéria-prima é o gás natural (metano). Após passar pelas etapas descritas acaba-se obtendo então o metanol. Sallaberry (2009) e Aquino (2008) detalham a formação do metanol explicando que o metano do gás natural reage com o vapor d'água a uma pressão moderada (10-20 atm) e em altas temperaturas (cerca de 850°C) na presença de um catalisador (níquel, por exemplo) produzindo então monóxido de carbono (CO) e hidrogênio (H₂). Posteriormente, o H₂ na presença de outro catalisador reage com o CO e o dióxido de carbono (CO₂) a uma pressão de 50-100 atm e a uma temperatura de 250°C. Este metanol obtido da reação é então destilado para produzir metanol comercial com 99% a 100% de pureza. A produção do gás natural utilizado como matéria-prima compreende a exploração, produção e diversas etapas de processamento, como, por exemplo, a dessulfurização deste gás.

Com relação à exploração, deve-se prever desde a prospecção dos depósitos, bem como a perfuração e infraestrutura dos poços. Somado a isso, a energia mecânica e elétrica para bombeamento e todas as operações com máquinas são fornecidas por turbinas a gás e geradores Diesel. Em instalações em terra, parte da energia é provida pela matriz energética (Sallaberry, 2009).

3.3.4. Aspectos Sociais e Econômicos da Cadeia Produtiva do Biodiesel de Soja

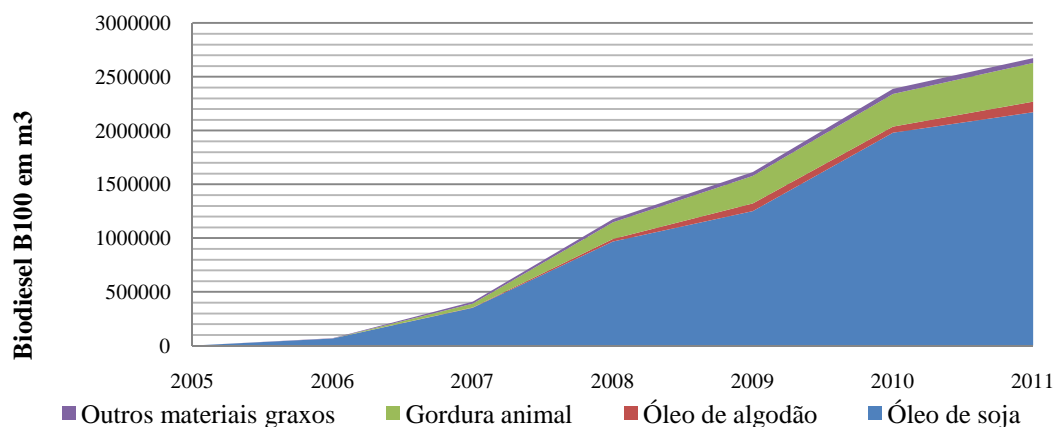
Ao se verificar as cadeias produtivas do biodiesel, processos como plantio e colheita, extração de matérias-primas do solo, transporte, processamento industrial e distribuição começam a ter uma atenção maior em relação à parte de custos.

Particularmente, com relação ao biodiesel, como já foi discutido, é de suma importância à escolha do tipo de álcool (etanol ou metanol) e do catalisador (ácido ou básico, homogêneo ou heterogêneo) a serem utilizados para a obtenção deste biocombustível. Porém, não se pode esquecer que existe uma grande variedade de oleaginosas a serem utilizadas como matéria-prima. Quintella & Castro (2009), colocam que no Brasil em 2007, foram produzidas as seguintes oleaginosas: algodão herbáceo, amendoim, mamona, milho, soja, girassol e dendê. Além disso, verifica-se a potencialidade de culturas como a da canola, do pinhão-manso e do babaçu. Estes mesmos autores destacam ainda que a decisão pela utilização de uma ou outra oleaginosa como matéria-prima deve partir de premissas como: valor comercial do óleo, percentual de óleo no grão, vocação agrícola da região, a manutenção da produção de alimentos e o baixo custo de produção e a alta escala.

Então, por que a escolha pelo biodiesel de soja?

Conforme coloca Zonin (2008), as usinas de biodiesel gaúchas tem aceitado a evidência de que a principal fonte de matéria-prima seja a soja. Dificuldades associadas ao conhecimento técnico para as demais oleaginosas ainda está dependente de resultados de pesquisas e práticas relacionadas a estas culturas. Conforme cita Medrano (2007), o setor produtivo da soja já possui uma infraestrutura, organização, recursos financeiros e tecnologia estabelecidos. Este fato ainda não é evidenciado para as demais culturas de oleaginosas. Baseado nestas observações esta mesma autora reforça ainda que o sustento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em longo prazo passa obrigatoriamente por iniciar tal programa indicando esta oleaginosa. Mendonça (2007) e Castro (2011) ratificam esta última colocação demonstrando que cerca de 80% da produção do óleo destinado para o biodiesel provém desta leguminosa, sendo o único cultivo com escala suficiente para produção imediata de biodiesel. A figura 12 a seguir demonstra o aumento da produção de biodiesel (B100) no Brasil de 2005 até 2011, onde se verifica a participação das principais materiais graxos utilizados como insumos e o grau de importância do óleo de soja para o desenvolvimento do biodiesel no país. Ainda, Zonin (2008) coloca que a cultura da soja está totalmente inserida no contexto produtivo gaúcho, fruto deste domínio tecnológico da cultura e reflexo dos bons preços que a soja vem obtendo. Este autor reforça ainda esta ideia dizendo que apesar da soja representar alguns importantes inconvenientes como o baixo teor de óleo, concorrência com o óleo comestível, com o farelo e mercados independentes dos que formam o preço do biodiesel, essa matéria-prima possui grande peso na matriz produtiva de óleos vegetais (figura 12). Isso acaba tornando difícil a afirmação produtiva de outros produtos alternativos (girassol, canola, mamona, etc), principalmente sem uma intervenção governamental.

Figura 12: Volume de biodiesel produzido e as respectivas participações dos materiais graxos utilizados como insumos.



Fonte: ANP (2013a)

Além disso, comparando o biodiesel com o óleo Diesel, MDA (2011) destaca algumas vantagens e desvantagens ao se realizar esta substituição na matriz energética brasileira. Este mesmo autor cita prováveis ganhos ambientais, econômicos e sociais. Com relação aos aspectos ambientais destacam-se pontos como a potencialidade de redução das emissões de diversos poluentes (monóxido de carbono e enxofre) e combate ao efeito estufa. Com relação a questão econômica levanta-se a possibilidade de uma maior diversificação da matriz energética brasileira, diminuição das importações do óleo Diesel, diminuição do volume de grãos exportados “in natura” e produção do óleo e do farelo dentro do país. Além das vantagens ambientais e econômicas, a produção de biodiesel brasileiro inova também pelos benefícios sociais. Produzir biodiesel gera trabalho e renda, tanto no campo, quanto na fábrica. O cultivo da matéria prima cria oportunidades de trabalho e geração de renda na agricultura familiar, estimulando a inclusão social em todas as regiões do país.

Todavia, de forma geral, verificam-se algumas desvantagens como: dificuldade na obtenção de padrões de qualidade para o biodiesel, formação de subprodutos ainda não aproveitados no processo de obtenção das oleaginosas e do biodiesel, custos de produção diferenciados de acordo com a região e necessidade de otimização na logística de origem da matéria-prima e da distribuição do biodiesel.

Outro aspecto importante diz respeito ao Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel no Brasil (PNPB). Zonin (2008) coloca que este programa voltou-se para a preocupação de alinhar os aspectos de produção e energia em si embasados em algumas premissas. Entre estas premissas encontra-se a realização de uma política de cunho social através da geração de emprego, ocupação e renda pela produção industrial e o cultivo de matérias-primas. A realização de políticas de cunho ambiental também se encontra neste escopo. Assim, estas políticas citadas, quando realizadas receberão do governo subsídio fiscal (aspecto econômico) demonstrando uma forma sustentável de se fazer política pública. Tal preocupação do PNPB acabou traduzindo-se na implementação do Programa Selo Combustível Social (BRASIL 2011).

Conforme coloca Dos Santos (2012) este selo é concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) aos produtores de biodiesel que promovem a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio de geração de emprego e renda para os agricultores familiares. Por meio deste selo, o produtor de biodiesel tem acesso a alíquotas de PIS/Pasep e Cofins com coeficientes de redução diferenciados e melhores condições de financiamentos junto aos agentes financeiros. Estes produtores também podem usar o selo para fins de promoção comercial de sua empresa. O selo será concedido aos produtores de

biodiesel que compram matéria-prima da agricultura familiar em percentual mínimo de 30%, para o caso do Rio Grande do Sul. No entanto, o selo recomenda que 50% dos benefícios recebidos pelos produtores devam ser aplicados na agricultura familiar. Entre as possíveis aplicações, os benefícios do Programa Selo Combustível Social devem ser voltados para despesas com análises de solo de propriedades familiares, insumos de produção e serviços aos agricultores familiares. Porém tais aplicações não podem ser oriundas de recursos públicos aos itens de sementes e/ou mudas, adubos, corretivo de solo e horas-máquina e/ou combustível como também valores referentes à assistência e capacitação técnica dos agricultores familiares. A tabela 4 apresenta as usinas gaúchas que possuem o Selo de Combustível Social até setembro de 2014.

Tabela 4: Empresas gaúchas que possuem o Selo de Combustível Social

Empresa	Município	CNPJ	Concessão
Bianchini S.A. Indústria, Comércio e Agricultura	Canoas	87.548.020/0002-60	13/11/2012
BOCCHI Indústria, Comércio, Transporte e Beneficiamento de Cereais LTDA.	Muitos Capões	02.987.873/0010-56	12/09/2013
BS BIOS Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S.A.	Passo Fundo	07.322.382/0001-19	01/08/2007
Camera Agroalimentos S.A.	Ijuí	98.248.644/0026-56	15/02/2011
FUGA Couros S.A.	Camargo	91.302.349/0016-10	10/05/2013
Granol Indústria, Comércio e Exportação S.A	Cachoeira do Sul	50.290.329/0061-43	12/11/2007
Óleoplan S.A. – Óleos Vegetais Planalto	Veranópolis	88.676.127/0002-57	04/05/2007
Olfar Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda.	Erechim	91.830.836/0006-83	20/05/2010
Três Tentos Agroindustrial S.A.	Ijuí	94.813.102/0017-37	24/03/2014

Fonte: MDA (2014)

Ainda com relação ao PNPB, Holanda (2004) destaca os prováveis benefícios sociais deste plano. Aponta-se que a cada 1% de substituição de óleo Diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar, poderá gerar cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de, aproximadamente, R\$ 4.900,00 por emprego. Entre a geração de empregos diretos no campo e indiretos no meio urbano numa hipótese de 6% de participação da agricultura familiar no mercado de biodiesel, seriam gerados mais de 1 milhão de empregos no Brasil. Numa comparação entre criação de postos de trabalho, relacionando agricultura familiar e empresarial, este mesmo autor aponta que na agricultura empresarial, em média, emprega-se um trabalhador a cada 100 hectares cultivados, enquanto que na familiar, a relação é de apenas 10 hectares por trabalhador. Este autor conclui

reforçando a importância de priorizar a agricultura familiar na produção de biodiesel enquanto elemento de inclusão social

No entanto, esta substituição do óleo Diesel pelo biodiesel possui outras barreiras. Especificamente, com relação ao biodiesel de soja produzido na região Sul. Barros et al (2009) conclui que ao se comparar os preços de produção deste biocombustível com o custo do diesel importado, verifica-se a necessidade de um subsídio em cerca de R\$ 700 por tonelada a fim de que o biodiesel possa se equiparar em termos de custos. A mesma linha é defendida por Lima (2004) que cita que o grande obstáculo na comercialização do biodiesel é o custo de produção. Este autor coloca que os custos de matéria-prima e o custo de produção fazem com que o preço de venda do biodiesel seja muito alto. Por fim ele ainda cita que o biodiesel apresenta um custo cerca de duas vezes maior que o do óleo Diesel.

No que diz respeito à estruturação destes custos de produção, os mesmos estão integrados por três componentes. O primeiro deles trata-se do custo agrícola sendo que estes custos envolvem todos os insumos de produção, custo de arrendamento da terra e depreciações de maquinário. O segundo tipo de custo está relacionado aos custos de esmagamento e obtenção do óleo de soja. O terceiro refere-se ao custo de obtenção do biodiesel, ou seja, ao processo de transesterificação. No caso destes dois custos industriais, o critério utilizado considera os custos variáveis (insumos, mão de obra, combustível e manutenção de equipamentos) e a depreciação de máquinas e equipamentos. Neste caso não são computados, portanto, a remuneração de fatores fixos diversos. Desta maneira, são excluídos custos como: depreciações de instalações diversas, remuneração e o custo de oportunidade do empresário e outros custos fixos ou semifixos, notadamente, administrativos (Barros, 2006).

Por fim, vale ressaltar as influências do regime tributário brasileiro e da taxa de câmbio. Conforme colocam Benedetti et al. (2006) e Feix (2012) existe uma dependência da viabilidade financeira do PNPB com a variação da taxa de câmbio e com o regime tributário brasileiro. Estes autores concluem que uma manutenção de uma taxa de câmbio, além da correção dos desequilíbrios tributários internos e tarifários externos, reduziriam ou até fariam desaparecer a necessidade dos subsídios para o biodiesel. Desta forma, a viabilização econômica do processamento deste biocombustível poderia ocorrer dentro do Brasil.

3.3.5. ACV de Biocombustíveis no Brasil

Os estudos de ACV de biocombustíveis no Brasil não se tratam de algo recente e, por sinal, já englobam um número expressivo de trabalhos. Isto acaba sendo ratificado

nostrabalhos realizados por Rocha (2011) e Rocha et al. (2014). O primeiro autor realizou uma harmonização de inventários de ciclo de vida de biocombustíveis do Brasil baseado em 6 ICV de biocombustíveis brasileiros. Já, os demais autores realizaram uma avaliação e comparação de 6 AICV de biocombustíveis brasileiros. Estes dois estudos comprovam a existência de um número considerável de trabalhos de ACV em biocombustíveis no Brasil.

Verifica-se, também, um problema de padronização dos estudos o que, algumas vezes, acaba dificultando uma avaliação conjunta destes trabalhos. Esta dificuldade já se inicia na definição da unidade funcional, pois conforme coloca Rocha (2011), encontra-se unidade funcionais mássicas, energéticas e até mesmo de performance (distância percorrida). Rocha et al. (2014), por exemplo, assumiram o valor de 1 MJ de energia liberada durante a etapa de combustão, como unidade funcional para os trabalhos avaliados.

Os trabalhos de ACV e biocombustíveis apresentam, também, diversos sistemas de fronteiras definidos. Muitos trabalhos apresentam um sistema de fronteiras desde o berço até o túmulo, ou seja, desde a produção da matéria-prima até a etapa de uso (Ometto, 2005; Mendonça, 2007; Viana, 2008). Todavia, Rocha (2011) e Rocha et al. (2014) acabam definindo um sistema de fronteiras desde o berço até o portão de saída da empresa, também conhecido como “cradle to gate”.

Os ICV de biocombustíveis também apresentam suas variações, pois Ometto (2005), por exemplo, apresenta balanços de Energia e Emergia. Cavalett (2008) também apresenta balanços de emergia, mas complementa o ICV com dados relacionados aos aspectos econômicos e sociais. Porém, os trabalhos de ICV de biocombustíveis tendem a seguir os requisitos da norma ISO 14044:2006, apresentando inventários baseados em balanços mássicos e energéticos (Rocha, 2011; Rocha et al., 2014).

A etapa de determinação dos potenciais de impactos ambientais, ou AICV, demanda um número maior de variáveis na decisão do profissional de ACV, pois além do grande número de categorias de impacto existentes na ferramenta de ACV, existe também uma variedade de métodos a serem aplicados. Neste caso, verificou-se que, por exemplo, Mendonça (2007), Sallaberry (2009) e Rocha et al. (2014) optaram, de forma comum, pelos impactos: acidificação, eutrofização, aquecimento global e recursos abióticos. Já, no que se refere ao método, Menezes (2012) e Rocha et al. (2014) utilizaram o método CML.

Quando se amplia tal avaliação para os aspectos econômicos e sociais, os trabalhos publicados acabam sendo bem mais restritos, e a opção por trabalhos de ACV relacionados a estes dois aspectos acabam tendo de ser estendidos para resultados específicos publicados nas áreas econômica e, principalmente, social. De uma forma geral,

além dos resultados apresentados por Cavallet (2008), verificou-se que Xavier (2003) sugere uma avaliação econômica dentro da ACV para pequenas propriedades agrícolas o que acaba contribuindo com o inventário da fase agrícola de biocombustíveis. Porém, Barros et al. (2006) e Barros et al. (2009) apresentam os custos envolvidos no processo de obtenção do biodiesel tanto na fase agrícola como na fase industrial para diferentes regiões do Brasil, analisando os custos com a utilização de diferentes oleaginosas como matéria-prima.

Com relação à ACV-S, os trabalhos publicados ainda estão focados no desenvolvimento da ferramenta. Desta maneira, publicações de ACV-S com foco na área de biocombustíveis ainda são incipientes. No entanto, Holanda (2004) e Santos (2012) apresentam resultados a respeito da influência do Selo Combustível Social na indústria do biodiesel. Estes trabalhos demonstram a forte influência que a promoção desta política de concessão do Selo Social possui nos aspectos econômicos e sociais tanto nos atores da fase agrícola como nos atores da fase industrial. Algumas vezes pode se verificar, também, o aspecto social relacionado como um dos pilares da ASCV. Por exemplo, Matsuura (2011) apresenta um ICV voltado para a questão social comparando os sistemas de produção mecanizado e manual de biodiesel proveniente do óleo de pinhão manso no Brasil. Zortea et al. (2013) apresenta um avaliação de sustentabilidade do biodiesel de soja no Rio Grande do Sul, baseado num indicador de sustentabilidade.

4. METODOLOGIA

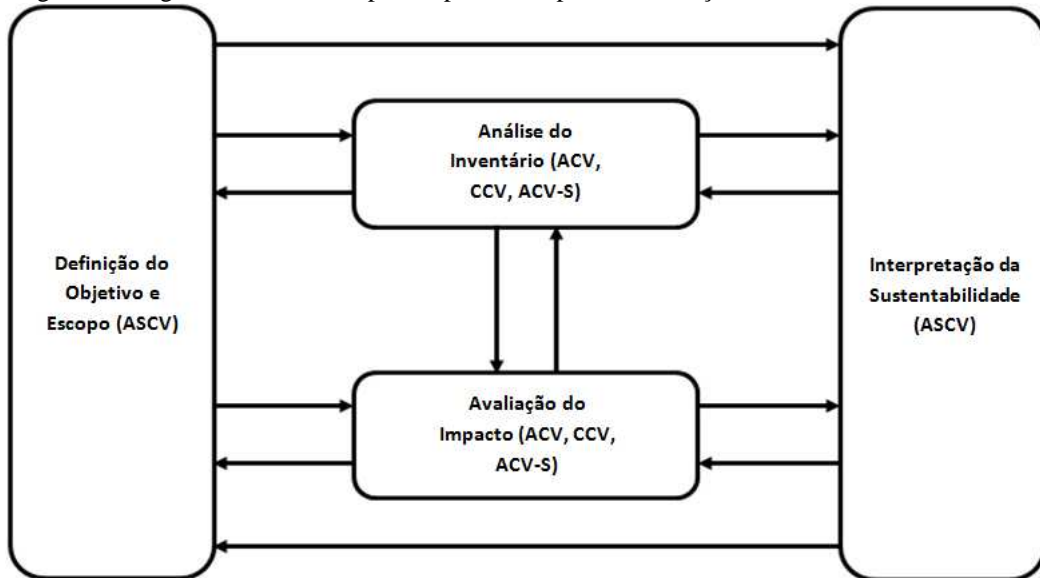
A metodologia utilizada para a realização deste trabalho baseou-se na ACV e avaliações associadas (CCV, ACV-S e ASCV). O objeto de estudo foi a verificação da sustentabilidade da produção do biodiesel da soja no RS. Tal verificação visou analisar os pontos críticos e possíveis conflitos existentes com relação aos aspectos ambientais, econômicos e sociais na cadeia de valor do biodiesel de soja. O estudo em questão visa sugerir uma maneira de realização de uma ASCV. Como se trata de uma sugestão de ASCV, o autor optou pela metodologia que toma como base a opção 1 sugerida por Klöpffer (2008) no item 3.2.5 deste trabalho. Nela, cada uma das ACV (ambiental, econômica e social) seguiu abordagens que tornaram cada avaliação exequível (mensurável e tangível), buscando respeitar as particularidades e singularidades de cada uma das ACV. O intuito de realizar ACV com abordagens distintas baseou-se na ideia de que estas ACV (ambiental, econômica e social) possuem níveis distintos de desenvolvimento da avaliação de impactos, sem falar nas diferentes formas de apresentação dos dados, dificuldade de disponibilização de muitos dos dados necessários para termos de inventário, entre outras diferenças que acabaram pesando na escolha da abordagem de avaliação. Além disso, este trabalho buscou seguir os itens definidos nas normas ABNT NBR ISO 14040:2009 e ABNT NBR ISO 14044:2009. A ideia de seguir estas normas tem o objetivo de harmonizar as 3 (três) ACV, facilitando então uma avaliação conjunta final que resultou em uma ASCV (Klöpffer, 2008; UNEP, 2011).

Conforme coloca Menezes (2012), devido ao caráter interativo da ACV e, por consequência, da ASCV, poderá ser necessária a reformulação das etapas anteriores do trabalho para adequação. Pensando nisso, este mesmo autor sugere uma nova forma de pensar a interação entre as fases da ACV. Esta nova maneira de pensar a ACV é apresentada na figura 13, e será também a forma de pensar a interação das etapas da ASCV nesta metodologia.

Todavia, deve-se chamar a atenção, pois a fase de interpretação foi entendida com a inclusão de uma avaliação conjunta das 3 (três) ACV, denominada aqui como fase de interpretação da sustentabilidade. Esta avaliação conjunta buscou avaliar as relações e influências existentes entre as dimensões ambiental, econômica e social no ciclo de vida do biodiesel de soja no Rio Grande do Sul. A metodologia baseou-se, também, num indicador de sustentabilidade denominado como Dashboard of Sustainability (DoS) ou também chamado de Life Cycle Sustainability Dashboard (LSCD) (Finkbeiner et al. 2010; Traverso et al. 2012).

Para termos de complementação desta avaliação conjunta da ASCV foi realizado também uma análise multivariada para os impactos resultantes de cada uma das ACV.

Figura 13: Sugestão de um novo pensar para as etapas da Avaliação Sustentabilidade do Ciclo de Vida.



Fonte: Menezes (2012), adaptada.

Portanto, baseado nestas premissas serão a seguir descritas as fases para este estudo.

4.1. DEFINIÇÃO DO OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi a realização de uma ASCV, que englobou um comparativo ambiental, econômico e social. O objeto de estudo tratou-se do ciclo de vida do biodiesel de soja para o estado do RS. A metodologia do trabalho buscou analisar os três pilares da sustentabilidade. Desta forma ferramentas como o balanço material e de energia, levantamento de custos fixos e variáveis, além da análise de indicadores de bem-estar, saúde e segurança das pessoas foram à base de dados para a verificação e comparação dos impactos existentes no ciclo de vida deste produto.

4.2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO

A função, unidade funcional, fronteira do sistema e os impactos ambientais, sociais e econômicos, nos quais este trabalho se baseou são os seguintes:

- Função: como o objeto do estudo foi o biodiesel via rota metálica, produzido a partir do óleo de soja em usinas de transesterificação no estado do Rio Grande do Sul, a função do biodiesel é ser utilizado como combustível (fonte de energia) para o deslocamento de um veículo pesado de combustão interna no setor de transporte rodoviário.

- Unidade funcional: 1 (um) GJ de energia fornecida pelo biodiesel de soja a um motor ciclo diesel.

- Fronteira do sistema: o sistema a ser analisado englobará os seguintes processos: preparo do solo, plantio da soja, trato agrícola, colheita da soja, transporte de grãos, armazenagem de grãos, produção do óleo de soja, produção do biodiesel e dos respectivos insumos, transporte durante as etapas e uso nos veículos.

- Impactos ambientais-as categorias de impacto avaliadas foram:

- Potencial de aquecimento global.

- Potencial de acidificação.

- Potencial de eutrofização.

- Depleção dos recursos abióticos.

- Uso do solo.

- Uso da água.

- Impactos sociais - as categorias de impacto avaliadas foram:

- Partes interessadas: trabalhador.

- Partes interessadas: comunidade local e sociedade, de forma conjunta.

- Partes interessadas: atores da cadeia de valor.

- Impactos econômicos – as categorias de impacto avaliadas foram:

- Custos de insumos.

- Custos de infraestrutura e manutenção, de forma conjunta.

- Despesas financeiras.

Com relação aos impactos econômicos, os custos obtidos, independente do período de obtenção dos valores, os mesmos serão todos corrigidos para junho de 2014 utilizando a taxa IGP-DI, para termos de comparação e homogeneidade dos impactos.

Vale destacar, que os resultados dos impactos sociais, não foram diretamente relacionados com a unidade funcional uma vez que estes impactos não variam com a alteração do fluxo de referência. Neste caso os fluxos sociais foram analisados tomando como base o grupo de trabalhadores envolvidos conjuntamente num determinado grupo de processos, por exemplo: fase agrícola, fase industrial, etapa de uso e transporte.

Além disso, conforme está disposto nas Diretrizes da Avaliação de Ciclo de Vida Social (UNEP, 2009), quando uma parte interessada não é incluída no estudo, a não inclusão desta parte interessada deve ser justificada. No caso do trabalho em questão, a parte

interessada consumidores não foi incluída e as partes interessadas sociedade e comunidade local foram agrupadas em uma categoria única.

A categoria de consumidores não foi incluída, pois os dados evidenciados no trabalho não puderam ser relacionados às subcategorias desta parte interessada de forma a obter um inventário mínimo. Este problema de relacionar as evidências coletadas deveu-se a forma como o biodiesel de soja é oferecido no mercado. Como, atualmente, o biodiesel é misturado no Diesel numa proporção de 95% Diesel e 5% biodiesel, torna-se difícil para o consumidor discernir sobre quais impactos sociais estão relacionados ao biodiesel e quais estão relacionados ao Diesel. Diante desta dúvida, o trabalho em questão optou por não incluir esta parte interessada.

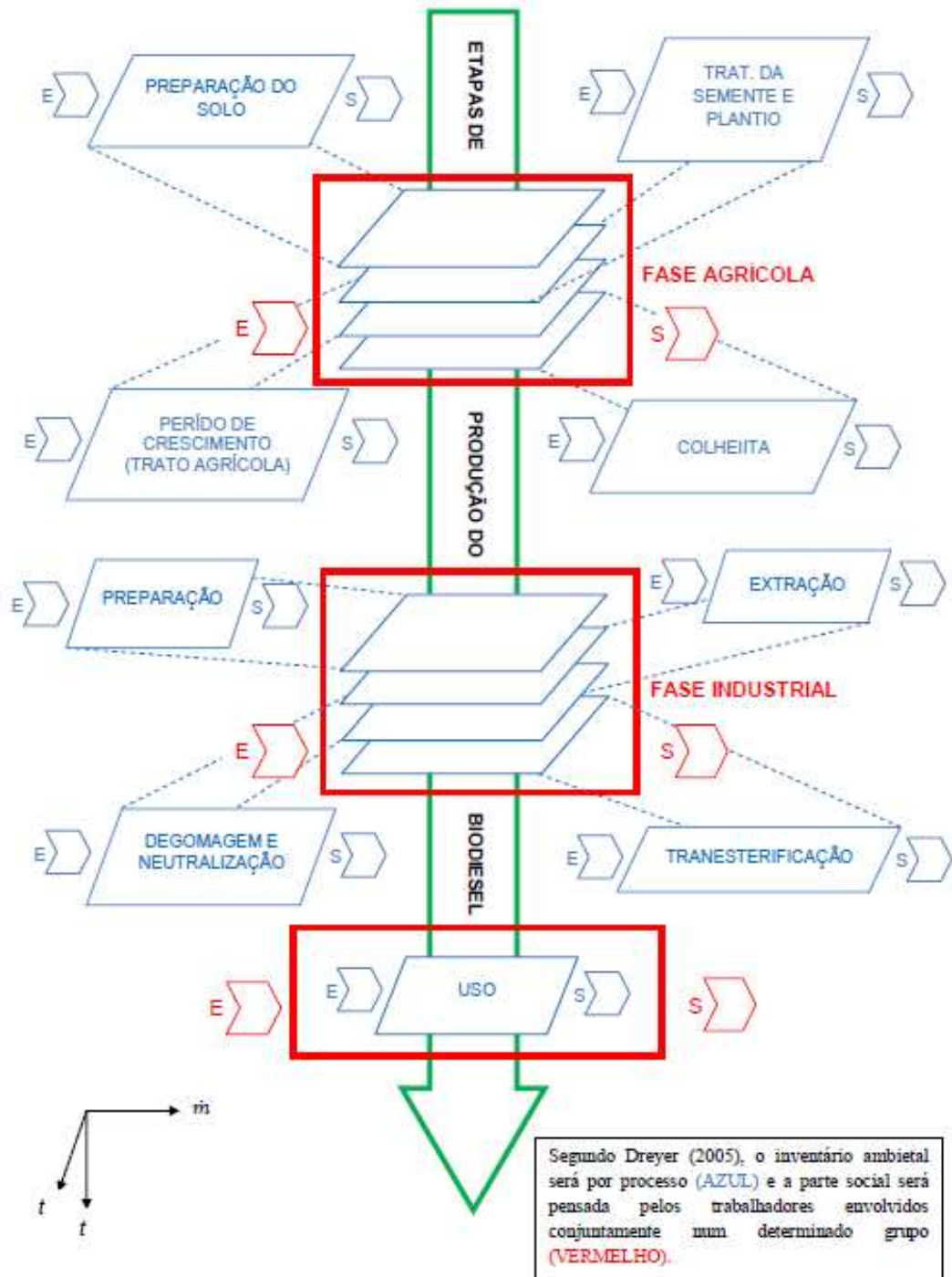
Com relação ao agrupamento das partes interessadas comunidade local e sociedade, as informações evidenciadas em ambas categorias acabaram se relacionando com poucas subcategorias de cada uma destas partes interessadas. Verificou-se, também, que tais evidências possuíam aspectos relacionados de forma conjunta em ambas, pois a subjetividade de algumas evidências não possibilitou configurar tal dado para a categoria sociedade ou para comunidade local. Tal fato foi percebido, pois este trabalho acabou englobando 27 municípios do RS, obtendo-se uma representatividade de pelo menos um terço da produção de biodiesel de soja. Desta maneira, optou-se pela junção das subcategorias das duas partes interessadas, devido à dúvida criada na definição de um dado evidenciado, pois em algumas situações o dado evidenciado representava uma informação de todos os municípios (sociedade) e em outras situações os dados representavam informações de uma classe de um determinado município (comunidade local). Portanto, a fim de minimizar esta dualidade e com o intuito de oferecer um inventário que possibilitasse uma robustez para dar prosseguimento à avaliação de ciclo de vida social, optou-se pelo agrupamento destas duas partes interessadas.

4.3. ANÁLISE DO INVENTÁRIO

A análise de cada um dos inventários foi baseada nos dados obtidos junto aos sistemas de produto nas seguintes etapas: fase agrícola, fase industrial, etapa de uso e transporte. Tal análise buscou construir fluxos mássicos e energéticos (aspecto ambiental), fluxos monetários (aspecto econômico) e indicadores potenciais de bem-estar e segurança (aspectos sociais) em cada uma das etapas. Desta forma, os dados obtidos em cada um dos inventários serviu de base para uma análise das diferentes etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho.

O levantamento de dados para a construção do inventário seguirá os procedimentos sugeridos a seguir. Um esquema em forma de fluxograma destas etapas está apresentado na figura 14.

Figura 14: Sugestão de inventários para a ACV do biodiesel de soja neste trabalho



Fonte: do Autor

4.3.1. Inventário Ambiental

Este inventário acabou servindo de base para os demais inventários (econômico e social). A condução do trabalho de levantamento de dados se iniciou por este inventário.

Como o hemisfério sul possui condições ambientais diferentes das do hemisfério norte, torna-se necessário buscar dados distintos aos dos bancos de dados do software de ACV ambiental, pois este possui majoritariamente dados de fontes europeias e norte-americanas para a avaliação de impacto ambiental da ACV. O trabalho em questão busca evitar a obtenção de resultados que acabem se afastando da realidade do estado do RS. Desta maneira, fazem-se necessários esforços na busca de dados primários. Estes dados buscam aproximar-se da situação do biodiesel de soja produzido no RS. Portanto, a primeira etapa desta coleta de dados foi a realização de um levantamento da situação gaúcha no que diz respeito à cadeia produtiva do biodiesel de soja. Baseado então neste levantamento foi possível caracterizar os atores e o envolvimento destes, principalmente, com a questão ambiental e, posteriormente com as questões econômica e social.

No que se refere à cadeia produtiva do biodiesel, o RS até setembro de 2014, possuía 9 (nove) usinas de biodiesel (Tabela 4, página 64). Somado a isso, Rathmann (2008), coloca que cada uma destas usinas trabalha com uma rede de fornecimento estruturada através de Cooperativas de Produtores Rurais (CPR). Tal fornecimento, quando necessário, é complementado com agricultores familiares a fim de poder manter a certificação do Selo Social (Zonin, 2008). Este último autor cita ainda, que as respectivas CPR apresentam uma estrutura bem organizada e sedimentada, o que acaba qualificando os produtores e a cadeia produtiva da soja.

Baseado então nestas informações, o trabalho utilizou inicialmente dados de questionários coletados junto às cooperativas de pequenos produtores de soja (15 a 20 hectares) e junto à EMATER com relação aos municípios com as maiores produções de soja do estado. A escolha inicial por pequenos produtores e pela EMATER de cada um dos municípios justifica-se pela importância da adesão que as usinas de biodiesel fizeram ao Selo Social e pela acessibilidade de coleta de dados via questionário que tanto as cooperativas como a EMATER acabaram apresentando. Além disso, vale destacar a estrutura do plantio de soja existente no Rio Grande do Sul, pois, por exemplo, enquanto regiões como a de Santa Rosa possuem uma estrutura baseada na pequena propriedade, a região de Passo Fundo se caracteriza por apresentar grandes propriedades de plantio de soja (Rathmann, 2008; Zonin, 2008). Desta forma, a coleta inicial de dados mostra um perfil de preparo do solo, plantio,

trato agrícola e colheita condizente com os impactos esperados para uma cadeia produtiva que contemple também matérias-primas provindas de pequenas áreas de cultivo.

a) Questionário e entrevista (fase agrícola) (Maciel, 2014)

O questionário (anexo 1) foi elaborado com objetivo de coletar dados sobre o uso de insumos (fertilizantes e corretivos, pesticidas, sementes e diesel), produtividade e principalmente caracterizar a fase agrícola com informações sobre as principais práticas agrícolas e o uso de equipamentos e maquinários. Além disso, o resultado deste questionário buscou possibilitar a construção de um fluxograma temporal das intervenções realizadas durante as etapas de cultivo, a fim de facilitar a quantificação do uso dos maquinários.

Os questionários foram aplicados a partir de julho de 2013 a novembro de 2013. Vocabulário técnico foi considerado para estruturar as perguntas. Visitas a propriedades rurais produtoras de soja foram realizadas com objetivo de caracterizar o processo de cultivo da soja e nortear a coleta de dados. Sua elaboração foi realizada a partir de consultas à literatura (Embrapa, 2011; SBCS, 2004), profissionais da área de agronomia e especialistas em ACV. Ele foi previamente testado por profissionais qualificados não participantes, para identificar fontes potenciais para interpretação e para refinar as perguntas. O público alvo foi profissionais da assistência técnica rural, vinculados ao setor privado, público e a cooperativas.

O questionário foi estruturado com perguntas agrupadas em quatro categorias principais e respostas fechadas. Sua construção foi elaborada utilizando a ferramenta Formulário do Google Drive disponibilizado pela Google®. O endereço eletrônico do questionário foi disponibilizado para os entrevistados, e ao final da consulta as respostas eram enviadas automaticamente para o entrevistador.

Priorizou-se a coleta de dados dos municípios com maior produção, por meio da Emater/Ascar instituição responsável pelo serviço oficial de extensão rural do Estado do RS, foi possível enviar o questionário para todas às regiões produtoras de soja. Porém, a coleta de dados dos municípios prioritários foi realizada, primeiramente, a partir de contatos telefônicos, onde se apresentava e esclarecia os objetivos da pesquisa e posterior envio do questionário.

Por fim, para termos de complementação dos processos e fluxos que integram esta fase foram utilizados os dados da base de dados do software de ACV (Simapro), do Agrofit - Sistema de Agrotóxico Fitossanitários (BRASIL, 2012), de Grupo Cultivar (2003) e de Rocha (2011), a fim de tornar o inventário o mais completo possível.

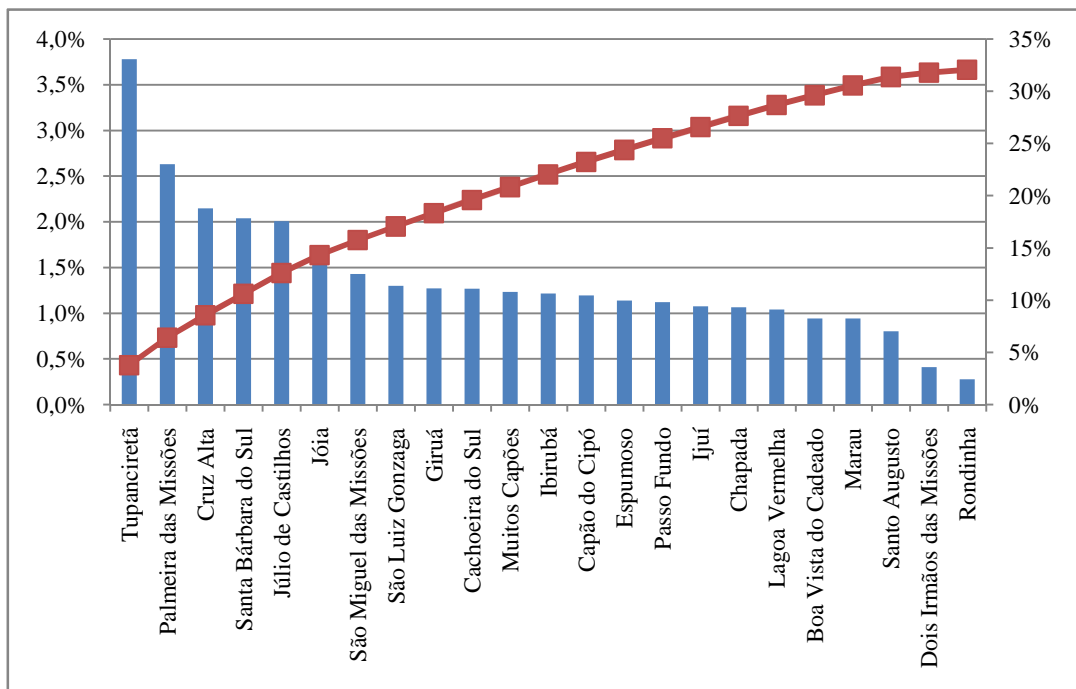
b) Levantamento dos maiores produtores de soja do RS.

A fim de estabelecer os municípios prioritários para coleta dos dados, realizou-se um estudo dos dados da produção de soja municipal dos anos de 2007 a 2011, disponível pelo IBGE (IBGE, 2013a).

A partir dos dados da produção agrícola municipal do IBGE, observou-se que 405 (quatrocentos e cinco) dos 497 (quatrocentos e noventa e sete) municípios do RS, apresentam algum registro de produção de soja no período entre os anos de 2007 a 2011. Considerando a produção média neste período, pode-se observar que os quinze maiores produtores contribuem com 25% da produção e os quarenta e seis maiores são responsáveis por 50% da produção. Ou seja, apesar da grande quantidade de municípios produtores é uma pequena parcela que contribui de forma expressiva com a produção de soja no estado.

Julgando-se imprescindível às informações do cultivo de soja dos municípios que mais produzem, esforços foram focados para coletar os dados priorizando-se os quinze maiores produtores de soja do RS. Inicialmente contatos telefônicos foram realizados com os escritórios da Emater/Ascar destes municípios, e posteriormente o endereço eletrônico para acesso ao questionário foi enviado por e-mail.

Figura 15: Representatividade individual e total na produção de soja no estado do RS



Fonte: IBGE (2013a)

O retorno do questionário das Emater/Ascar acabou sendo de 23 municipalidades que representam os principais produtores de soja. Estes municípios que responderam ao questionário possuem uma representatividade de 32% da produção de soja do Rio Grande do

Sul. Os municípios que responderam ao questionário, sua representatividade e a participação total na produção de soja do estado do RS são apresentados na figura 15. Esta figura apresenta no seu eixo esquerdo as porcentagens individuais de cada município, sendo estes valores representados pelas barras azuis. Os valores percentuais de representatividade total encontram-se no eixo da direita, onde a linha vermelha demonstra a representatividade acumulada dos municípios integrantes na pesquisa deste trabalho. Vale destacar que os 10 primeiros municípios apresentados na figura 15 (de Tupanciretã até Cachoeira do Sul) representam cerca de 20% de toda a produtividade de soja do estado.

c) Tratamento dos dados coletados (Fase Agrícola) (Maciel, 2014)

Ao final da coleta, os dados foram previamente tratados e analisados por meio do software de análise estatística SPSS versão 20.0. Durante a etapa de validação dos dados, incoerências e inconformidades encontradas foram sanadas por meio de uma nova rodada de pesquisa e entrevistas por telefone. O valor médio de cada fluxo foi calculado a partir da determinação da média aritmética das respostas de cada município.

d) Coleta de dados junto ao órgão ambiental – FEPAM (Fase Industrial) (FEPAM 2007; FEPAM, 2009; FEPAM, 2010; FEPAM, 2011)

Para a fase industrial de obtenção do biodiesel de soja, o procedimento de coleta de dados foi realizado junto a 4 (quatro) processos de licenciamento ambiental consultados no órgão responsável (FEPAM). Estes processos correspondem a empresas instaladas e em operação no estado do Rio Grande do Sul que realizam a extração do óleo de soja e a transesterificação do biodiesel para termos de inventário de ACV deste biocombustível (Tabela 4, página 64).

A consulta dos processos administrativos: nº 1781-0567/07-0, nº 7947-0567/08-7, nº 6032-0567/10-2 e nº 2854-0567/11-6 referente a licença de operação de 4 (quatro) empresas que realizam a extração do óleo de soja e fabricação do biodiesel por transesterificação foi realizada na biblioteca do órgão ambiental e seguiu os ditames da Lei 10.650/2003 que: (...) possibilita qualquer indivíduo independentemente da comprovação de interesse específico ter acesso às informações, mediante requerimento escrito (...). A lei ainda estipula que: “em caso de pedido de vista de processo administrativo, a consulta será feita, no horário de expediente, no próprio órgão ou entidade e na presença do servidor público responsável pela guarda dos autos” (BRASIL, 2003)

De posse das informações contidas nos processos administrativos recém citados e das licenças de operação de cada uma das empresas (anexo 3), foi possível inventariar os

fluxos mássicos e energéticos existentes nos processos da extração do óleo e fabricação do biodiesel por transesterificação especificamente no RS.

Por fim, para todos os processos e fluxos que não foram possíveis de serem obtidos pelas etapas descritas, serão utilizados dados da base de dados do software de ACV (Simapro), de CETESB (2010), Colossi (2012), Crown (2009), Ferreira (2012) e Jungbluth et al. (2007), a fim de tornar o inventário o mais completo possível.

Além disso, a princípio, decidiu-se pela opção de se utilizar como objeto de estudo um biodiesel de óleo de soja com rota etílica ao invés da rota metílica, devido à importância estratégica que o etanol possui para o nosso país. Holanda (2004), Medrano, (2007) e Mendonça (2007) defendem a opção etílica, afirmando que o etanol é produzido em uma larga escala no Brasil. Desta forma, restaria somente ao país buscar formas de plantio, produção e fabricação que possam tornar o etanol competitivo neste mercado ainda dependente da importação do metanol.

Contudo, ao realizar o levantamento das questões operacionais e volumes de produção destas usinas gaúchas, baseado nas licenças de operação das mesmas junto ao órgão ambiental estadual, verificou-se que todas elas produzem biodiesel de soja com rota metílica. Desta maneira, verificou-se que 100% do biodiesel produzido no RS provém da rota metílica (cerca de 144.000t/mês). Tais números acabam sendo determinantes pela escolha de se avaliar o biodiesel de soja proveniente da rota metílica. Esta escolha tem o intuito de buscar obter uma caracterização mais próxima possível da realidade gaúcha, no que diz respeito a cadeia produtiva do biodiesel de soja. Assim, como o processo de obtenção do metanol acaba produzindo impactos ambientais expressivos, o trabalho em questão acabará contemplando também a rota metílica dentro do estudo de ACV.

- e) Cálculo das emissões atmosféricas provenientes da mudança do uso da terra (MUT) para produção de soja

O Guia para Inventário de GEE do IPCC (2006a) em seu quarto volume (IPCC, 2006b) propõe três tipos de abordagens metodológicas, chamadas de Tiers (níveis, *tradução livre*). Estas abordagens determinam os dados de atividades e os fatores de emissão: o Nível 1, que utiliza somente dados básicos de uso da terra (censos, estatísticas agrícolas ou florestais, etc.); o Nível 2, que envolve a avaliação de uso da terra e mudanças de uso da terra, podendo ser ou não baseado em observações espacialmente explícitas, isto é, georreferenciadas; e o Nível 3, que requer observações espacialmente explícitas e completas e que permitam monitorar o uso e a mudança de uso da terra e as emissões e remoções de GEE associadas.

Esta metodologia também é preconizada pela Comissão Europeia (2009) em seu guia para cálculo das reservas de carbono nos solos (Comissão Europeia, 2010).

As emissões de GEE provenientes da alteração dos estoques de carbono devido a MUT foram calculadas usando a Equação (5), seguindo o Nível 1. Segundo as diretrizes do IPCC (2006a), a quantidade de carbono armazenada e emitida ou removida, depende do tipo de cultura, práticas de gestão, tipo de solo, e variáveis climáticas. Devido a falta de fatores de emissão específicos do RS, adotou-se valores padrão (default) (Nível 1) sugeridos pelo IPCC (2006a) para a região de clima temperado quente úmido e tipo de solo argiloso de baixa atividade, sistema de plantio direto, conforme preconizado por Comissão Europeia (2010) e adotado por outros estudos (Castanheira e Freire, 2013; Grisoli, 2012) para a localização geográfica em que o RS se encontra.

Valores anuais foram calculados dividindo-se pelo período de tempo em que os reservatórios de carbono levam para atingir o equilíbrio após a conversão. (IPCC padrão: 20 anos).

$$E = \sum (CS_{Ri} - CS_{Ai}) \cdot A \cdot (44/12) \cdot (1/20) \quad (5)$$

Onde E (t CO₂eq.ha⁻¹.ano⁻¹) são as emissões de GEE anuais de mudança de estoque de carbono devido a MUT; CS_R (tC.ha⁻¹) é o estoque de carbono associado ao de referência (anterior) do uso da terra; CS_A (tC.ha⁻¹) é o estoque de carbono associado ao uso atual (cultivo de soja). Área de estudo (A) é a razão entre a área de MUT e a área de soja cultivada na safra 2012/2013. A fração 44/12 foi utilizada para obter os resultados em CO₂ eq.

Para calcular CS_R e CS_A, a equação (6) foi aplicada. Nesta, SOC_i (tC.ha⁻¹) é o carbono orgânico do solo na referência (SOC_R) e uso efetivo do solo (SOC_A), C_{vegi} (tC.ha⁻¹) é o carbono armazenado na vegetação aérea e subterrânea na referência (C_{vegR}) e no uso atual (C_{vegA}), SOC_{ST} (tC.ha⁻¹) é o carbono orgânico do solo e valores padrão F_{LU}, F_{MG} e F_I são fatores que refletem a diferença na SOC_{ST} associado ao tipo de uso da terra (F_{LU}), a diferença na quantidade de carbono orgânico do solo decorrente da principal prática de gestão, comparativamente à quantidade de carbono orgânico normal do solo (F_{MG}) e diferentes níveis de entrada de carbono no solo (F_I). Em relação ao uso real da terra, C_{vegA} é igual a zero (soja colhida por ano). Para as culturas anuais o aumento nos estoques de biomassa em um único ano é assumido como sendo igual à perda de biomassa de colheita e de mortalidade no mesmo ano, não havendo, portanto, acumulação líquida de estoques de carbono da biomassa (IPCC, 2006b).

$$CS_i = (SOC_i + C_{veg}) = (SOC_{ST} \cdot F_{LU} \cdot F_{MG} \cdot F_I) + C_{VEG} \quad (6)$$

Para o levantamento da expansão da soja nos últimos 20 anos foram utilizados dados oficiais do uso da terra no RS (IBGE, 2010), Censo Agropecuário (IBGE, 2013b), séries históricas do milho, arroz e soja da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013b, 2013c, 2013d), relatório de estimativa de safra de arroz 2013/2014 do IRGA (2013a, 2013b) e anuários das culturas da soja e arroz (Kistet al., 2003; Dos Santos et al., 2013) para estimar as transições (pastagem-lavoura), bem como o avanço da soja sobre áreas destinadas a outras culturas. Baseado neste levantamento realizou-se o cálculo das emissões devido à mudança do estoque de carbono proveniente da MUT.

4.3.2. Inventário Econômico

Devido à particularidade destes dados (dificuldade de obtenção junto às empresas e de comprovação dos mesmos), este inventário foi construído totalmente embasado em dados secundários. Assim, fontes de dados como: CONAB, FEE, EMBRATER, Banco Central, BNDES, ANP, IPEA, ministérios relacionados ao tema, fornecedores, anuários, trabalhos acadêmicos e publicações científicas, assim como demais fontes afins foram utilizadas. Além disso, o RS possui um Projeto Estruturante em Agroenergia. Tal projeto possui a participação e a contribuição de entidades como: FAPERGS, FEPAGRO, CIENTEC, EMBRAPA, COOPERMIL, EMATER e COTRIJUI. Desta forma, buscou-se mais uma via de obtenção de dados não só para a construção do inventário econômico, como também, podendo contribuir para o inventário social (Fontoura, 2010).

O inventário teve como foco a utilização de dados microeconômicos. No entanto, na ausência destes utilizou-se dados macroeconômicos, relacionados ao tema do trabalho, por exemplo, na ausência de dados dos custos de fungicidas específicos para o processo produtivo de soja no RS, foram coletados dados de custos médios de fungicidas utilizados de forma geral nas culturas de grãos no Brasil. Torna-se importante destacar que a variável econômica foi avaliada somente em termos de custos. Tal decisão foi embasada no objetivo final desta avaliação, que se trata de verificar os pontos onde ocorrem os principais impactos econômicos. Vale ressaltar que este produto pode receber subsídios governamentais, além de impostos diferenciados, sem esquecer, é claro, dos fatores políticos e econômicos que envolvem os combustíveis no Brasil (Barros, 2006; Lima, 2009; Castro, 2011). Portanto, com o intuito de verificar a real eficiência do valor de produção de cada uma das etapas de obtenção deste produto, o trabalho em questão avaliou somente a variável de custos no objetivo de demonstrar onde estes ocorreram, ou seja, os principais impactos econômicos no ciclo de vida deste produto. A verificação desta eficiência será realizada simplesmente

comparando os custos correntes corrigidos existentes em todo o ciclo de vida do biodiesel de soja. Somado a isso, tal decisão auxiliou também na utilização do método CCV.

Todavia, um tema importante que não pode ser esquecido e merece atenção neste item do trabalho, diz respeito aos mecanismos e relações de poder existentes na cadeia produtiva com relação aos valores de compra e venda exercidos. Desta forma, apesar da metodologia se basear somente nos custos praticados, a possibilidade de uma análise da dimensão social confrontada com as variáveis dos custos auxiliou na compreensão do comportamento de algumas variáveis e de que forma os atores integrantes da cadeia produtiva do biodiesel de soja acabam participando.

4.3.3. Inventário Social

Os dados referentes à caracterização para o inventário das categorias: partes interessadas foram levantadas junto ao setor agrícola, usinas de produção de óleo de soja e biodiesel, empresas de logística e transporte, associações e órgãos de classe. Os setores onde foram coletados os dados englobam o setor de produção da soja, o setor de processamento do óleo desta leguminosa e do biodiesel, assim como o setor de transporte de cargas de alimentos e logística de energia. Como já foi colocada, a área de coleta dos dados ocorre nas cidades que possuem as maiores produções de soja no estado e nas cidades onde se localizam as usinas de produção de biodiesel. Tal limitação geográfica de inventário baseia-se na proposta de sugestão apresentada por Dreyer et al (2010), ou seja, a parte social sendo pensada pelos trabalhadores envolvidos conjuntamente num determinado grupo de processos.

O inventário social foi dividido em: fase agrícola, fase industrial e etapas de logística e transporte. Em todas as etapas levantou-se e avaliou-se dados referentes às subcategorias integrantes das partes interessadas contempladas neste trabalho (vide Tabela 2, página 39). Todavia, como as fases e etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja referem-se a setores distintos da economia, os dados e variáveis levantados podem estar relacionados a diferentes sub-categorias de cada uma das partes interessadas. A forma como estes dados foram coletados e tratados serão descritos a seguir.

a) Questionário e entrevista (Fase Agrícola)

Conforme coloca Zonin (2008), a cadeia produtiva agroindustrial é representada por unidades socioeconômicas de produção que irão compor então o sistema agroindustrial. Tais unidades podem ser representadas por seus setores funcionais que se relacionam com diversas formas de organização como, por exemplo, sindicatos, instituições de representação e centros de extensão rural. Assim, os dados utilizados para a obtenção do ICV Social, na etapa

agrícola foram levantados junto a EMATER/Ascarde cada município através da aplicação de do mesmo questionário utilizado para o inventário ambiental (anexo 1). Todavia, com relação ao inventário social o questionário foi projetado com objetivo de coletar dados relacionados assubcategoriasque dizem respeito às partes interessadas: trabalhadores, comunidade local/sociedade e atores de cadeia de valor. No que se referem aos demais itens e características relacionados à metodologia de aplicação do questionário os mesmos seguem o procedimento já descrito na letra “a” do item 4.3.1 deste trabalho. Vale destacar que esta metodologia também obedeceu ao descrito na letra “b” do item 4.3.1 que descreve o levantamento dos maiores produtores de soja do RS.

b) Tratamento dos dados coletados (Fase Agrícola)

Ao final da coleta, os dados foram previamente tratados e analisados. Durante a etapa de validação dos dados, incoerências e inconformidades encontradas foram sanadas por meio de uma nova rodada de pesquisa e entrevistas por telefone. Vale lembrar que os dados coletados são de ordem qualitativa e, portanto, converteu-se os mesmos para semi-quantitativos a fim de serem aceitos para termos de avaliação de impacto conforme será explicado mais adiante.

c) Coleta de dados junto as empresas (Fase Industrial)

Com relação à etapa industrial, ou seja, nas etapas de obtenção do óleo de soja e produção do biodiesel, buscaram-se dados e indicadores junto as empresas destes setores. A coleta de dados teve o intuito de buscar evidências de que a empresa emprega ações que influenciem na questão social com relação aos seus trabalhadores, comunidade/sociedade e nos atores da cadeia de valor do biodiesel de soja. Neste caso o procedimento de busca de evidências obedeceu a seguinte ordem: busca de evidências e dados nos diversos meios de comunicação externa que a empresa possua (website, informativos e outras formas de divulgação da empresa), envio de e-mails para os setores responsáveis da empresa, ligações telefônicas para os responsáveis da empresa e, por fim, busca de evidências através de outras fontes (justiça do trabalho, Ministério do Desenvolvimento Agrário, organismos de certificação, etc.). Quando não se obteve qualquer dado ou evidência através destas fontes, interpretou-se o dado como: sem evidências.

d) Coleta de dados junto às empresas e sindicatos (Logística e Transporte)

No que se refere às etapas de logística e transporte o processo de coleta de dados e busca de evidências se assemelhou muito ao procedimento realizado com a fase

industrial. Desta maneira a coleta de dados também teve o intuito de buscar evidências de que as empresas deste ramo empregam ações relacionadas à questão social buscando englobar as partes interessadas: trabalhadores, comunidade local/sociedade e atores da cadeia de valor. E, assim como, foi realizada na busca de evidências para as empresas produtoras de biodiesel, foirepetido o mesmo procedimento para as empresas de logística e transporte.

Além disso, com o intuito de evidenciar a percepção dos trabalhadores da área de logística e transporte de biocombustíveis, foram encaminhados questionários aos sindicatos que representam os trabalhadores deste ramo. O procedimento de coleta de dados foi realizado de forma semelhante às etapas descritas no item 4.3.1.”a”. Todavia neste caso não se obteve respostas dos mesmos, o que acabou inviabilizando análise de dados referente a esta parte interessada. Portanto, o inventário social desta etapa acabou se resumindo a análise das evidências coletadas junto as empresas de logística e transporte integrantes do ciclo de vida do biodiesel de soja.

e) Coleta de macroindicadores socioeconômicos

Com o intuito de enriquecer mais, não só o inventário social, como também o inventário econômico, realizou-se a coleta de dados de IDESE (educação, renda, saneamento, saúde e geral), IDH (renda, longevidade, educação e geral), PIB (bruto, per capita e participação por setor econômico) e coeficiente de Gini de 27 municípios gaúchos. A escolha por estes 27 municípios baseou-se no fato de que a coleta dos dados das fases agrícola e industrial ocorreram exatamente em usinas de biodiesel ou EMATER/Ascar localizadas nestes municípios. Para termos de comparação e referência da atual situação destes municípios, coletou-se o melhor e o pior caso no RS referente a estes indicadores.

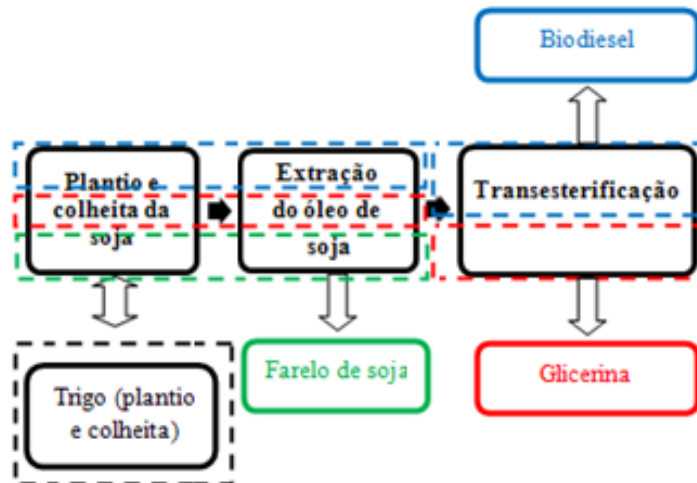
4.3.4. Alocação

Com relação ao processo de produção do biodiesel, verificou-se que no decorrer do processo ocorre a geração de três produtos: farelo de soja, glicerina e biodiesel. No entanto, torna-se importante destacar que enquanto o biodiesel e a glicerina são obtidos no processo de transesterificação, o farelo de soja é obtido na etapa de extração do óleo de soja (figura 16).

Conforme se observa nesta figura, a produção do biodiesel é demonstrada de forma resumida em 3 (três) processos. Como 2 (dois) produtos são obtidos durante o último processo (biodiesel e glicerina), tal condição não permite a separação destes processos em sub-processos elementares exclusivos de cada produto conforme é sugerido por Aguirre-Villegas (2011). Outra maneira de se evitar a alocação trata-se da utilização do procedimento

de expansão do sistema. Todavia, tomando como referência todos os problemas já citados por Weidema (2001) e comentados anteriormente, este procedimento acabou, também, sendo descartado especificamente para esta ASCV.

Figura 16: Fluxograma resumido do processo de produção do biodiesel com a sugestão da estratégia de alocação a ser utilizada neste estudo.



Fonte: do Autor

Assim, como neste estudo a produção do biodiesel acabou sendo avaliada como um sistema multifuncional avançado e, como as estratégias para evitar a alocação foram descartadas, optou-se então pela utilização da alocação em toda a cadeia de produção do biodiesel com relação aos três produtos citados. Vale ressaltar que o método de alocação basear-se-á somente nos produtos finais, ou seja, somente no biodiesel, glicerina e farelo de soja. Neste caso, ao se analisar a figura 16, como o farelo de soja é produzido na etapa intermediária aos demais produtos, os impactos ambientais e econômicos referentes ao mesmo foram alocados somente nas etapas de plantio e colheita da soja e processo de obtenção do óleo de soja (fronteiras em verde). Com relação aos outros dois produtos, o método de alocação foi realizado de forma diferente. Como estes produtos são obtidos no final da cadeia produtiva, os impactos ambientais em relação aos mesmos acabaram sendo alocados em todos os processos conforme apresentado na figura 16 (fronteiras azul e vermelha). Torna importante destacar que esta figura representa somente uma caracterização qualitativa do método de alocação utilizado neste estudo.

Além disso, conforme já havia sido comentado, o método de alocação pode se tornar mais uma das dificuldades na realização de uma ACV, pois diferentes métodos podem resultar em diferentes resultados. Baseado neste motivo é que a norma ISO 14044:2006 enfatiza a importância de se evitar o método de alocação sempre que possível. A norma destaca isso, pois a escolha por um determinado procedimento de alocação poderá não

demonstrar uma justa ou correta divisão dos impactos entre os produtos. Desta maneira, no intuito de demonstrar tais diferenças nos resultados, o autor deste trabalho acabou optando pela realização de três diferentes procedimentos para atribuir os impactos ambientais e econômicos: quantidades mássicas, quantidades energéticas e valores monetários. Todavia, como a unidade funcional nesta ACV está baseada numa unidade energética (1 GJ), o procedimento de atribuição baseado no conteúdo energético será utilizado como referência para a obtenção do indicador de sustentabilidade.

Outro aspecto importante a ser analisado no processo de obtenção do biodiesel da soja, diz respeito à etapa de plantio e colheita desta leguminosa. Esta cultura acaba ocorrendo de forma rotativa com a cultura do trigo. Neste caso, torna-se importante apresentar uma breve discussão a respeito de dois fluxos que ocorrem quando se analisa a rotação destas culturas de forma conjunta. Tais fluxos dizem respeito ao resíduo agrícola gerado por uma cultura e utilizado como cobertura no momento do plantio da cultura posterior e ao potencial de fixação de nitrogênio que a cultura da soja apresenta. Com relação à fixação de nitrogênio, Zeijts (1999) destaca que as plantas leguminosas convivem em simbiose com as bactérias fixadoras de nitrogênio e estas bactérias então acabam convertendo o N_2 em forma de gás em nitrogênio amoniacal, que por sua vez, pode ser utilizado pelas plantas. Porém tais conversões acabam sendo diferentes em cada espécie de planta. Além disso, este mesmo autor, ainda propõe que os impactos ambientais relacionados à fixação de nitrogênio via plantas leguminosas devem ser considerados como um fluxo de entrada (impacto positivo) caso o nitrogênio seja tecnicamente utilizável. Caso não ocorra esta consideração, então este nitrogênio deve ser alocado somente na cultura de aplicação. No caso deste trabalho, optou-se por manter os impactos devido a fixação de nitrogênio restritos a cultura da soja. Tal opção baseou-se nas considerações feitas por EMBRAPA (2000). Este autor destaca que a quantidade de nitrogênio depende da umidade do solo, temperatura do ar e da ocorrência dos ventos. Somado a isso, é ressaltado ainda que a quantidade de nitrogênio aplicada é a mesma numa rotação de cultura com ou sem soja e o que se modifica é somente o rendimento de trigo quando esta cultura é realizada após a cultura da soja. Portanto, especificamente, com relação ao processo apresentado na figura 16 (página 83) e analisando estas variáveis apresentadas em EMBRAPA (2000), este estudo optou por seguir as proposições realizadas por Zeijts (1999), ou seja, realizar a alocação do nitrogênio somente na cultura de aplicação.

O outro fluxo relacionado à rotação de culturas, diz respeito à utilização dos resíduos de uma cultura como cobertura por outra cultura durante a realização do plantio direto. Neste caso, Zeijts (1999) propõe que a alocação dos impactos ambientais devido a

aplicação da matéria orgânica em diferentes culturas deve ser realizada de acordo com a utilização da terra por cultura, seguindo o plano de divisão da área de plantio. Portanto, como existem duas culturas e ambas utilizam toda a terra produtiva de forma alternada durante um período anual, esta alocação acabará atribuindo 50% dos impactos ambientais para o resíduo gerado pela soja e 50% dos impactos ambientais para o resíduo do trigo. Portanto, a melhor hipótese de alocação neste estudo acaba sendo atribuir o resíduo a própria cultura que gerou o mesmo.

Assim, baseando-se nas hipóteses aqui discutidas e realizadas com relação a rotação de culturas que ocorre entre a soja e o trigo, verifica-se que a alocação dos impactos acabará sendo realizada na própria cultura geradora. Desta forma, torna-se possível não considerar a cultura do trigo dentro do sistema de fronteiras da ASCV deste estudo.

4.4. AVALIAÇÃO DO IMPACTO

A avaliação dos prováveis impactos gerados por cada um dos inventários montados foi normalizada através da unidade funcional, com exceção dos impactos sociais, conforme já explicado no item 4.2 deste trabalho. Esta unidade funcional forneceu uma referência para os dados de entrada e saída. Desta forma, ela facilitou a interpretação dos resultados a serem obtidos no software Simapro. Esta facilidade proporcionou a comparação dos impactos medidos pelo software Simapro para cada um dos inventários montados neste estudo.

Após a quantificação dos impactos gerados por cada inventário, foi realizado um agrupamento destes impactos por categorias (vide tabelas 5,6 e 7). Tal agrupamento tem o intuito de enriquecer esta análise qualitativamente buscando mostrar a abrangência, significância, duração, probabilidade e efeitos que cada um destes impactos pode oferecer.

No entanto, a AICV de cada uma das dimensões foi realizada de forma distinta no objetivo de buscar explorar da melhor forma as especificidades características de cada uma das ACV e, também, devido ao tipo de dados coletados (qualitativos e quantitativos).

Como a ACV ambiental já possui um método de avaliação de impactos consagrado, esta AICV foi realizada utilizando o Simapro, software que foi criado para a medição dos impactos ambientais em ACV. As categorias de impactos ambientais a serem avaliadas e calculadas foram: aquecimento global, acidificação, eutrofização, uso do solo, uso da água e uso dos recursos abióticos. Com respeito aos modelos de análise definidos para este trabalho, Piekarski (2012) destaca a inexistência de um método de avaliação específico para

as condições brasileiras e reforça, ainda, colocando a dificuldade de se encontrar um método de AICV ideal para um determinado estudo, pois todos apresentam vantagens e desvantagens.

Portanto, este trabalho utilizou a alternativa de verificação dos impactos com mais de um método, pois assim foi possível decidir baseadonum suporte mais confiávelpara uma tomada de decisão. Desta maneira, quando ocorreu uma convergência dos resultados obtidos, esta adoção acabou fornecendo mais confiança ao decisor. Em contrapartida, caso ocorresse uma divergência, o decisor poderia definir critérios de escolha do método que fosse aceito como resposta final ou escolher um novo critério de decisão (Piekarski, 2012). Para termos de ASCV foi tomada como premissa, a utilização dos resultados obtidos sempre junto ao primeiro método citado na tabela 5 quando da verificação da convergência dos resultados.

Tabela 5: Modelos e categorias de impactos ambientais selecionadas

Categoria de Impacto	Modelos	Unidades	Dano
Uso de Recursos Abióticos	CML-IA e Impact 2002+	MJ equiv. (ambos)	Uso de recursos
Acidificação	CML-IA e Impact 2002+	kg SO ₂ -equiv. (ambos)	Qualidade do ecossistema
Eutrofização	CML-IA e Impact 2002+	kg PO ₄ -equiv. (ambos)	Qualidade do ecossistema
Aquecimento Global	CML-IA e IPCC 2007	kg CO ₂ -equiv. (ambos)	Alteração no clima
Uso do Solo	ReCiPe Midpoint e Impact 2002+	m ² -equiv. (ambos)	Qualidade do ecossistema
Uso da Água	ReCiPe Midpoint e Water Stress Indicator (WSI)	m ³ de água equiv. (ambos)	Qualidade do ecossistema

Fonte: Simapro 8.0 (2014)

Os modelos de avaliação de impacto definidos para este trabalho foram: CML-IA (*midpoint*) e Impact2002+ (*midpoint*), IPCC 2007 (*midpoint*), Water Stress Indicator(*midpoint*) e ReCiPe H (*midpoint*). A tabela 5 detalha melhor os modelos de impacto que foram utilizados para cada uma das categorias avaliadas neste trabalho. Desta forma, ao se alimentar os dados coletados do inventário no software, os modelos de impacto definidos compilaram os dados nas categorias de impacto, de acordo com as unidades de referência de cada processo elementar e com os fatores de caracterização dos fluxos ambientais.

Com relação aos impactos econômicos ou custos envolvidos estes foram baseados nos custos gerados pelos processos elementares no decorrer do ciclo de vida. Desta forma, os custos serão divididos em 3 (três) categorias: custos existentes na fase agrícola, custos existentes na obtenção do óleo de soja e custos existentes na obtenção do biodiesel de soja. Os itens a serem calculados para cada uma das categorias estão apresentados na tabela 6. Estes impactos econômicos foram calculados através de um somatório simples, considerando

somente a sua atualização monetária para a data de referência a ser utilizada (30 de junho de 2014). Todavia, neste caso a unidade trabalhada foi somente a monetária, ou seja, reais (R\$).

Tabela 6: Indicadores dos custos no ciclo de vida

Tipo de Custo (Categoria)	Componentes	Unidade
Fase Agrícola	Custeios da Lavoura (insumos, maquinário, administração e pessoal, análises, etc.), Despesas de Lavoura (transporte, armazenagem, assistência técnica, seguros, contribuições sociais e administração), Custos Fixos (juros do financiamento, depreciações), Custo Operacional (arrendamento, terra própria e remuneração sobre o capital fixo)	R\$
Obtenção do Óleo de Soja	Custeios da Produção (insumos, utilidades, mão de obra, administração), Despesas da Produção (frete, armazenagem, beneficiamento externo, seguros, consultoria, etc.), Custos Fixos (juros do financiamento, depreciações, manutenção, encargos sociais), Custo Operacional (remuneração sobre o capital fixo, despesas com vendas, aluguéis).	R\$
Obtenção do Biodiesel	Custeios da Produção (insumos, utilidades, mão de obra, administração), Despesas da Produção (frete, armazenagem, beneficiamento externo, seguros, consultoria, etc.), Custos Fixos (juros do financiamento, depreciações, manutenção, encargos sociais), Custo Operacional (remuneração sobre o capital fixo, despesas com vendas, aluguéis).	R\$

Fonte: Barros et al. (2006) e Feix (2012)

Já, para o caso dos impactos sociais, diferente das outras duas dimensões, trabalhou-se com uma combinação de dados semiquantitativos e qualitativos com o intuito de minimizar a complexidade e a dificuldade que existe em se mensurar e definir os impactos da dimensão social da forma mais justa possível. Esta combinação de dados buscou auxiliar na tentativa de se capturar, da melhor forma, prováveis resultados que possam proporcionar futuros esforços na busca da minimização do risco de impactos negativos e na possibilidade da maximização de impactos positivos (Grießhammer, 2006; UNEP/SETAC, 2009; Dreyer, 2010). As subcategorias avaliadas para cada uma das partes interessadas englobadas neste trabalho encontram-se descritas na tabela 7, a seguir.

Tabela 7: Temas centrais e indicadores dos impactos sociais selecionados

Partes interessadas	Indicadores (subcategorias)
Trabalhador	Liberdade de associação e negociação coletiva, trabalho infantil, salário justo, horas trabalhadas, força de trabalho, oportunidades iguais (discriminação), saúde e segurança e benefícios sociais.
Comunidade Local/Sociedade	Acesso a recursos materiais e não materiais, migração/êxodo rural, herança cultural, condições de saúde e segurança, engajamento da comunidade, emprego local, condições de vida segura, comprometimento público com as questões de sustentabilidade, contribuição para o desenvolvimento econômico e desenvolvimento tecnológico.
Atores da Cadeia de Valor	Competição justa, promoção da responsabilidade social, relacionamento com os fornecedores e respeito aos direitos da propriedade intelectual.

Fonte: Benoit et al. (2010) e UNEP/SETAC (2010).

Todavia, com o intuito de poder realizar o agrupamento dos dados (fase de interpretação) a fim de se buscar a obtenção de uma ASCV, os impactos sociais levantados

através de dados qualitativos foram, posteriormente, convertidos em dados semiquantitativos. Ramirez et al. (2014) sugere um método similar. Estes autores denominam tal método como SAM (Método de Avaliação de Subcategoria). Desta forma, buscando seguir uma forma similar ao SAM, a conversão dos dados qualitativos para semiquantitativos obedecerá a 3 (três) níveis de constatação das evidências conforme é colocado na tabela 8 (Dreyer, 2010; Jesinghaus, 2007; Ramirez et al., 2014 e UNEP, 2010). Vale ressaltar que este trabalho buscou seguir somente uma forma semelhante ao SAM devido ao tipo de dados coletados e disponíveis. No caso deste trabalho, diferentemente do SAM, os níveis C e D serão considerados no mesmo nível de constatação devido a estes estarem restritos a mesma região e, portanto, já possuírem uma cultura, legislação e demandas de mercado homogeneizadas.

Tabela 8: Conversão dos dados sociais qualitativos em uma avaliação semi-quantitativa

Nível de evidência	Não evidenciado formas de práticas ou evidenciado que não é cumprido o requisito básico em pelo menos um dos indicadores.	Evidenciado estabelecimento de práticas com relação aos indicadores.	Evidenciada uma forma de gestão e/ou controle ativo através da divulgação de políticas, guias, regulamentos ou práticas com a divulgação dos resultados e indicadores com relação aos indicadores
Avaliação da parte interessada	Crítico	Médio	Muito Bom
Escore atribuído à parte interessada	0	500	1000

Fonte: Do autor

Com relação ao escore atribuído, o mesmo tem como objetivo se adequar a escala sugerida pelo DoS, ferramenta que auxiliará na avaliação dos impactos sociais.

Estes três níveis de constatação baseiam no nível de maturidade da organização no que diz respeito a sua responsabilidade social. O nível Crítico trata-se do estágio em que a organização ainda não percebeu a importância da responsabilidade social, ou seja, ainda “não acordou” para o comprometimento com esta dimensão. Portanto, como esta organização ainda não possui esta atividade, pode-se somente comparar as necessidades primárias de Maslow, pois a não existência da atividade não encontra um nível comparativo no modelo de cinco estágios de desenvolvimento do grupo, nem mesmo no Modelo de Maturidade de Processo. Já, o nível Médio demonstra que a organização possui uma preocupação com a questão social através de projetos de colaboração, porém ainda não se envolve com o projeto, pois ainda não existe qualquer cobrança de resultados ou acompanhamento do mesmo. Todavia, como a organização já demonstra ações na busca de atender estes novos anseios (demanda social), este nível de maturidade pode ser comparado às necessidades secundárias de Maslow ou aos estágios I e II no que tange ao modelo de cinco estágios de desenvolvimento do grupo. Ainda,

como se tratam de ações que prescindem de gerenciamento este nível pode ser comparado ao nível informal do Modelo de Maturidade de Processo. Por fim, o nível Muito Bom demonstra evidências no caminho da gestão, com ações planejadas e monitoradas. Neste caso, este nível poderia ser comparado as necessidades mais próximas do pico da pirâmide de Maslow e aos estágios III e IV do modelo de cinco estágios de desenvolvimento do grupo. Além disso, baseado nos dados evidenciados no inventário social realizado junto às empresas, os resultados encontrados podem ser comparados aos níveis organizado e bem-estruturado do Modelo de Maturidade de Processo (Robbins, 2002; Rosemann & De Bruin, 2005; Siqueira, 2005).

No que se refere aos níveis: gerenciado e otimizando, do Modelo de Maturidade de Processo (Rosemann & De Bruin, 2005; Siqueira, 2005), como não se evidenciou junto as empresas de produção de óleo de soja e biodiesel dados e informações que pudessem comparar as empresas pesquisadas a este nível de maturidade no que se refere a responsabilidade social, optou-se por não considerar este 4º nível de maturidade na etapa de conversão destas evidências e informações em dados semi-quantitativos.

4.5. INTERPRETAÇÃO

Por fim, com todos os resultados gerados, a etapa seguinte foi a interpretação destas avaliações dos impactos calculados. A interpretação foi realizada dentro do limite dos inventários produzidos. O intuito foi oferecer comparativos, ambientais, econômicos e sociais do biodiesel de soja com valores de referência e/ou estipulados pela legislação dentro do território gaúcho. Tal comparativo buscou desenvolver mais uma forma de informação a todos os atores envolvidos na cadeia produtiva deste combustível. O resultado é uma ferramenta de auxílio para futuras decisões de verificação sobre a sustentabilidade da produção do biodiesel da soja no RS. Esta fase foi dividida em duas etapas. Primeiramente realizou-se uma interpretação dos inventários de forma separada e, posteriormente, se realizou uma avaliação conjunta destes dados verificando suas relações e sinergias. Por fim, se agrupou os dados em forma de índices e de um indicador.

4.5.1. Interpretação das AICV ambiental, social e econômica separadas

A interpretação dos resultados de cada uma das AICV de forma separada foi realizada obedecendo as indicações das normas ABNT NBR ISO 14040:2009 e ABNT NBR ISO 14044:2009. A mesma cobriu as seguintes etapas:

- a) Verificação de consistência e completeza

Para a realização de tais verificações utilizou-se de uma matriz de verificação de qualidade dos dados através de teste multiusuário (Weidema, 1998). Tal matriz, também conhecida como pedigree, é sugerida como uma forma de metodologia para a verificação da consistência e completeza dos dados. A mesma trabalha com indicadores possuindo pontuações numa escala de ponderação de 1 até 5, onde a pontuação 1 demonstra o maior grau de qualidade destes dados chegando até a pontuação 5 onde a qualidade dos mesmos acaba tornando-se muito baixa. A tabela 9 apresenta os indicadores e de que forma eles são pontuados de 1 até 5. Portanto, a verificação da consistência, completeza e correlação dos dados levantados durante o inventário seguiu o mesmo procedimento já realizado e apresentado em Zortea et al.(2012).

Tabela 9: Matriz de qualidade dos dados com 5 indicadores de qualidade (pedigree)

Indicador (Pontuação)	1	2	3	4	5
Indicadores (independentes do estudo em que os dados são aplicados)					
Confiabilidade da fonte	Dados verificados estão embasados em medições	Dados verificados estão embasados parcialmente ou em medidas não verificadas	Dados não verificados parcialmente embasados em hipóteses	Estimativa qualificada (por exemplo: técnico de indústria)	Estimativa não qualificada ou origem desconhecida
Completeza	Dados representam uma amostragem suficiente de locais num período adequado até mesmo fora das flutuações normais	Dados representam um número menor de locais mas para períodos adequados	Dados representam um número adequado de locais de por períodos menores	Dados representam um número menor de locais e por períodos menores ou dados incompletos de um adequado número de locais/períodos	Representatividade desconhecida ou dados incompletos de um pequeno número de locais e/ou de curtos períodos
Indicadores estão relacionados com a tecnologia e condições ambientais nas quais os dados são validados, sendo dependentes das metas de qualidade dos dados para o estudo em que estes são aplicados					
Correlação Temporal	Menos de 3 anos de diferença para o ano do estudo	Menos de 6 anos de diferença	Menos de 10 anos de diferença	Menos de 15 anos de diferença	Data do dado desconhecida ou mais de 15 anos de diferença
Correlação Geográfica	Dado dentro da área do estudo	Média dos dados mais ampla do que a área onde o estudo está incluído	Dados de uma área com condições de produção similares	Dados de uma área com condições de produção com alguma similaridade	Dados de uma área desconhecida ou com condições de produção muito diferentes
Correlação Tecnológica	Dados de empresa, processos e materiais contidos no estudo	Dados de processos e materiais contidos no estudo, mas de diferentes empresas	Dados de processos e materiais contidos no estudo, mas de diferentes tecnologias	Dados de processos ou materiais relacionados mas de mesma tecnologia	Tecnologias desconhecidas ou dados de processos ou materiais relacionados, mas de diferentes tecnologias

Fonte: Weidema (1998) – tradução própria

Weidema (1998) destaca que para se obter uma boa consistência e completeza dos dados, os 5 (cinco) indicadores avaliados devem ser considerados como mutuamente

independentes. Além disso, tais indicadores devem servir somente como números de identificação, não devendo ser considerados representativos para uma determinada quantificação para a qualidade de dados. Neste caso, os valores obtidos para os indicadores não poderão ser comparados entre si, ou seja, a determinação de um valor 2 para um indicador não significa necessariamente que este indicador terá a mesma importância que outro indicador também pontuado com o mesmo valor. A questão da equidistância também não deverá ser considerada. Desta forma, uma pontuação 4 para um determinado indicador não significa que este será duas vezes mais problemático que a pontuação 2 para o mesmo indicador.

Todavia, devido à peculiaridade do inventário social que considera dados qualitativos como fonte de informação, que adicionalmente podem ser subjetivos, acaba fazendo com que fosse levada em conta a questão da incerteza desta subjetividade. Portanto, essa questão da incerteza relativa acaba influenciando na interpretação final dos resultados (Haberland et al., 2014). Com o objetivo de minimizar este problema Haaster et al. (2013) sugerem duas matrizes para a avaliação de incerteza de dados (matriz-pedigree) baseadas na matriz de verificação da qualidade dos dados por meio de teste multiusuário (Weidema, 1998). Haaster et al. (2013) apresentam estas duas matrizes modificadas especificamente para a avaliação de dados sociais sendo uma delas voltada para dados sociais provenientes de locais específicos e outra voltada para a avaliação de dados de setores específicos.

b) Análise de contribuição

Esta análise é utilizada para identificar quais substâncias e processos são responsáveis por uma contribuição substancial das intervenções ambientais e aspectos econômicos. Ela pode ser realizada com o auxílio do software, onde são analisadas as contribuições de cada processo elementar nas categorias de impacto e as contribuições de cada categoria de impacto nos processos elementares. O objetivo final desta etapa é tão somente a identificação de quais processos possuem maior participação nos impactos. Além disso, ela também identificou os pontos mais impactantes existentes em cada um dos processos como, também, em cada uma das categorias de impacto. Conforme coloca NBR ISO 14044 (2009), o resultado da identificação das principais contribuições pode ainda ser ordenado e priorizado, seja por procedimentos específicos de ordenação ou por regras predefinidas do objetivo e escopo. Esta norma sugere ainda que tal procedimento de ordenação utilize os seguintes critérios, conforme é apresentado na tabela 10. A utilização

deste ordenamento visa prover uma abordagem estruturada para posterior avaliação dos dados, informações e resultados do estudo (ABNT 14044, 2009).

Tabela 10: Classificação e critérios de ordenação dos resultados da análise de contribuição das substâncias e processos.

Classificação	Importância	Influência	Contribuição
A	Mais importante	Significativa	>50%
B	Muito importante	Relevante	<50% e >25%
C	Razoavelmente importante	Alguma influência	<25% e >10%
D	Pouco importante	Pequena	<10% e >2,5%
E	Não importante	Desprezível	<2,5%

Fonte: Brujin et al. (2004)

c) Análise de sensibilidade e incerteza

Conforme colocam Brujin et al. (2004), estes elementos da fase de interpretação analisam a influência nos resultados de variações nos processamento de dados, escolha de modelos e/ou outras variáveis. A análise de sensibilidade foi conduzida de forma que mudanças sejam deliberadamente introduzidas buscando determinar a robustez destes resultados em consideração a estas variações. Portanto, a análise de sensibilidade, será realizada baseando-se na análise de contribuição. Ela funciona de forma que sejam escolhidos os parâmetros que apresentaram as maiores representações nos impactos. A partir desta escolha são realizadas variações nas quantidades destes fluxos considerando o melhor e o pior caso. O resultado destas variações demonstrou o nível de sensibilidade dos parâmetros analisados. A NBR ISO 14044 (2009) coloca que normalmente a sensibilidade é expressa em porcentagem de variação ou como desvio absoluto dos resultados.

Já, a análise de incerteza utiliza dados empíricos com variações de incerteza a fim de calcular o erro total destes resultados. No caso da análise de incerteza, foram utilizados os mesmos parâmetros. Neste caso, tais parâmetros foram analisados com relação à possibilidade de propagação de erros. Para isso, utilizou-se a técnica de análise de variabilidade, especificamente, a análise de Monte Carlo. Com relação à análise de Monte Carlo, trata-se de um método estatístico bastante utilizado em estudos de ACV na fase de interpretação. Este busca gerar observações de distribuições de probabilidades, demonstrando assim o grau de variabilidade de um determinado parâmetro (Sallaberry, 2009; Brujin, 2004; Ferreira, 2004; Bare et al, 2003).

4.5.2. Indicador de Sustentabilidade: Dashboard of Sustainability(DoS)

Uma vez obtidos os resultados referentes aos impactos ambiental, econômico e social, a próxima etapa do trabalho foi converter estes dados em um indicador de

sustentabilidade. Entre os sistemas de indicadores de sustentabilidade previamente destacados por Bellen (2006), a opção recaiu pelo sistema DoS. A escolha por este sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável baseou-se nos critérios de escopo, esfera, tipologia e agregação dos dados, participação e interface (complexidade, apresentação e abertura). A seguir será explicitado cada um destes critérios e as vantagens e desvantagens que o DoS apresentou perante as outras duas metodologias para este trabalho especificamente (Bellen, 2006; Jesinghaus 2007; Campos, 2008; Scipioni, 2009).

-Escopo: este critério tem como objetivo verificar quais dimensões predominam na avaliação da sustentabilidade. Desta forma, enquanto a metodologia Ecological Footprint Method (EFM) tem uma essência fundamentalmente ecológica e o Barometer of Sustainability (BoS) tem um enfoque predominantemente ecológico e social, o DoS não parte de uma configuração definida como as outras duas metodologias, ou seja, ele permite mais de uma configuração para a avaliação da sustentabilidade, sendo que, a configuração com três dimensões (ambiental, econômica e social), acaba sendo a mais adequada.

- Esfera: esta categoria de análise está relacionada com o tipo de unidade à qual a metodologia se aplica. Neste critério verifica-se que enquanto a metodologia EFM pode ser utilizada desde o nível global até o individual, ou seja, pode ser utilizada também para os níveis: continental, nacional, regional, local e organizacional. Com relação às outras duas metodologias, estas não permitem realizar avaliações nos níveis: global (DoS), organizacional (BoS) e individual (ambas metodologias).

- Tipologia e agregação dos dados: este critério refere-se ao tipo e o grau de agregação dos dados. Em outras palavras, ele descreve a utilização de informações quantitativas e/ou qualitativas e em que proporções estas são realizadas. Além disso, este critério verifica a localização e classificação destes dados no que tange ao tipo de informação como dados primários, dados secundários, indicadores e índices. Com relação à tipologia dos dados verifica-se que todas as ferramentas se utilizam unicamente de dados quantitativos. Todavia, torna-se importante realizar uma ressalva, pois diferentemente das metodologias BoS e DoS, a ferramenta EFM trabalha exclusivamente com dados quantitativos (fluxos de matéria e energia). Isto não ocorre com as outras duas ferramentas que apresentam dimensões qualitativas que refletem julgamentos de valor dos atores sociais envolvidos no processo de avaliação. No entanto, estas duas metodologias, por considerarem julgamentos de valor (utilizam valores qualitativos no processo de geração dos índices) tiveram o cuidado de fornecer aos atores e avaliadores os subíndices, indicadores e dados que levam a construção do índice geral. Este fato, infelizmente, não ocorre na metodologia EFM. Neste ponto, vale

destacar que esta transparência no sistema oferece maiores condições no intuito de entender e retratar a realidade que acaba sendo mostrada de forma resumida quando da apresentação dos índices.

- Participação: essa categoria de análise procura verificar a orientação das metodologias em termos de participação dos atores sociais envolvidos numa experiência de avaliação. Esta participação deve ser avaliada sob a perspectiva de uma abordagem *top-down* (de cima para baixo) ou *bottom-up* (de baixo para cima). No caso da primeira abordagem o processo é orientado predominantemente por especialistas, enquanto a última confere peso maior ao público-alvo. Nesse caso, verificou-se, mais uma vez, que a metodologia EFM apresentou uma diferenciação maior em relação às outras duas. Esta ferramenta apresenta uma abordagem unicamente *top-down*, o que já não ocorre para os outros dois sistemas de avaliação. Com relação ao DoS e ao BoS estes apresentam uma abordagem mista, permitindo, portanto, uma intervenção maior dos atores envolvidos no processo. A diferença entre estes dois sistemas é que enquanto o BoS sugere a utilização de um sistema de escolha dos indicadores com a participação de especialistas e do público-alvo, o DoS não sugere nenhum modelo para esta intervenção apesar de permitir a atribuição de diferentes pesos para cada um dos indicadores.

- Interface (complexidade, apresentação e abertura): este critério procura analisar a facilidade que os usuários têm de observar e interpretar os resultados obtidos num processo de avaliação. Os principais elementos são a capacidade de entendimento, facilidade de visualização e a interpretação dos resultados. No que se refere ao critério complexidade verifica-se que a metodologia EFM apresenta um grau de complexidade maior que as outras metodologias. Já as outras duas demonstram um grau de complexidade similar, apesar de que a ferramenta DoS acaba apresentando uma complexidade infimamente menor que o BoS. Apesar disso, não se pode afirmar que estes dois últimos sistemas sejam pouco complexos. Diz-se isso, pois apesar do EFM exigir cálculos de fluxo de matéria e energia, os demais também necessitam de cálculos de média e de interpolação com suas respectivas ponderações. Em relação ao item apresentação, pode-se afirmar que todas as metodologias possuem um resultado amigável ao usuário final. Mais uma vez a metodologia EFM se diferencia um pouco mais das outras duas, pois esta permite uma apresentação em forma de área, o que facilita a análise da existência de um déficit ecológico e oferece, portanto, resultados de forma estratificada. Porém, esta metodologia demonstra uma carência nos recursos visuais e adicionais, o que já não ocorre para o DoS e BoS. Estas duas últimas metodologias se utilizam de um painel (“dashboard” e “barometer”). Enquanto o DoS utiliza uma escala de cores com

um sistema de alerta para usuários, o BoS apresenta os resultados em forma gráfica. Por fim, com relação à abertura ou interpretação dos dados, verifica-se que o DoS possui o maior grau de abertura entre as três ferramentas aqui analisadas. Embora o BoS demonstre um grau de abertura similar ao do DoS, este ainda consegue demonstrar a ponderação utilizada em cada um dos indicadores. Já, o BoS demonstra além do índice geral, o subíndice e os respectivos indicadores utilizados para a constituição do índice geral, informações estas também oferecidas pelo DoS. Com relação ao EFM, este demonstra um grau de abertura menor, pois o relatório revela apenas a capacidade física e a área apropriada demonstrando, portanto, o considerável grau de agregação e a estrutura unidimensional deste método.

Desta forma, baseado não só nas razões colocadas acima, como também em razões de custo e limitação de recursos a opção recaiu na utilização da metodologia DoS. Além disso, esta mesma ferramenta é citada por Finkbeiner et al. (2010), UNEP (2011), Traverso et al. (2012) e Zortea et al. (2013), como ferramenta utilizada na fase de interpretação de uma ASCV.

Conforme colocam Jesinghaus (2007), Campos (2008), Scipioni (2009) e Zortea et al. (2013) o modelo de determinação do indicador se apoia em um software que pondera todos os indicadores para uma mesma escala, representando os mesmos de forma matemática ou gráfica. A partir disso, é determinada uma pontuação entre 0 (zero) e 1000 (mil) pontos, sendo zero pontos para o pior caso possível e mil pontos para o melhor caso possível. Baseado nesta determinação calcula-se os casos intermediários utilizando uma interpolação linear entre estas duas delimitações determinadas, conforme é apresentado na equação (6).

$$(\text{escore DoS})_i = 1000 \times \frac{[(\text{valor})_i - (\text{valor})_0]}{[(\text{valor})_{1000} - (\text{valor})_0]} \quad (6)$$

Onde:

$(\text{escore DoS})_i$ = o escore DoS atribuído para o indicador em um contexto I

$(\text{valor})_i$ = valor do indicador para o contexto i (intermediário)

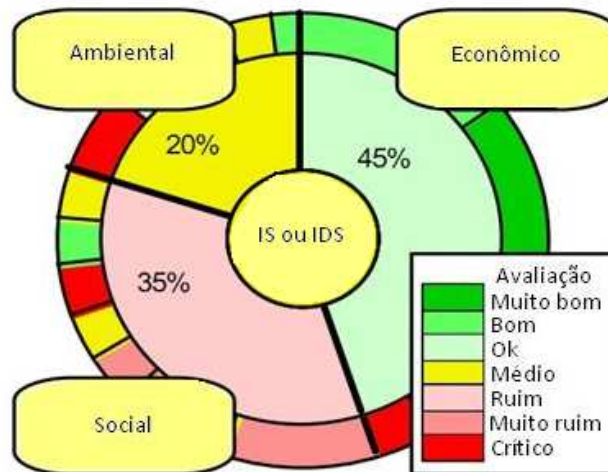
$(\text{valor})_0$ = o indicador de pior valor entre todos os contextos

$(\text{valor})_{1000}$ = o indicador de melhor valor entre todos os contextos

Além disso, este indicador trabalha com uma escala de 7 a 9 cores que correspondem aos diferentes níveis de sustentabilidade. Esta escala de cores vai do verde escuro (excelente) até o vermelho escuro (crítico). Somado a isso, ainda com relação à apresentação final, este indicador organiza a informação em até três níveis. Estes são representados por anéis concêntricos onde o anel externo representa o indicador individual

utilizado para avaliar a sustentabilidade. O anel interno representa o índice resultante dos múltiplos indicadores (ambiental, econômico e social) numa única medida e o círculo central apresenta o índice final de sustentabilidade (IS ou IDS). Este último índice é obtido pela média dos índices do anel interno. A figura 17 apresenta uma das formas de representação deste indicador.

Figura 17: Apresentação final do índice DoS



Fonte: Jesinghaus (2007)

Para o caso específico deste trabalho utilizou-se como variáveis para a determinação do indicador de sustentabilidade, os impactos ambientais e sociais calculados na etapa de ACV, além dos custos incorporados em cada uma das etapas do ciclo de vida. Portanto, as variáveis que serão utilizadas para a determinação do indicador de sustentabilidade totalizam um universo de 12 (doze), sendo: 6 (seis) ambientais, 3 (três) econômicas (de custos) e 3 (três) sociais. A relação destas variáveis, assim como a respectiva dimensão das mesmas está apresentada na tabela 11.

Tabela 11: Variáveis codificadas e suas respectivas dimensões a serem utilizadas para a determinação do indicador de sustentabilidade com base no método DoS.

Dimensões		
Ambiental	Econômica	Social
Aquecimento global	Custos de Insumos	Trabalhador
Acidificação	Custos de Infraestrutura/Manutenção	Comunidade Local/Sociedade
Eutrofização	Despesas Financeiras	Atores da Cadeia de Valor
Uso da água		
Uso do solo		
Uso de recursos abióticos		

Fonte: do Autor

Portanto, esta etapa da interpretação dos dados, diz respeito a alimentação do DoS. Uma vez que os dados estejam inseridos, buscou-se realizar uma avaliação

compreensiva do nível de sustentabilidade do ciclo de vida do biocombustível aqui analisado. Após o cálculo das variáveis através do DoS, utilizando valores entre (0) zero e (1000) mil para cada uma das variáveis determinadas, obteve-se índices para cada uma das dimensões. Tais índices serviram de base para a obtenção do índice de sustentabilidade final (Scipioni, 2009). Vale destacar que os dados obtidos para cada uma das variáveis e temas centrais já interpolados, assim como a importância de cada uma das dimensões para o índice de sustentabilidade estão embasados na metodologia e procedimentos utilizados por Campos (2008), Scipioni (2009), Finkbeiner et al. 2010, UNEP (2011) e Traverso et al. (2012).

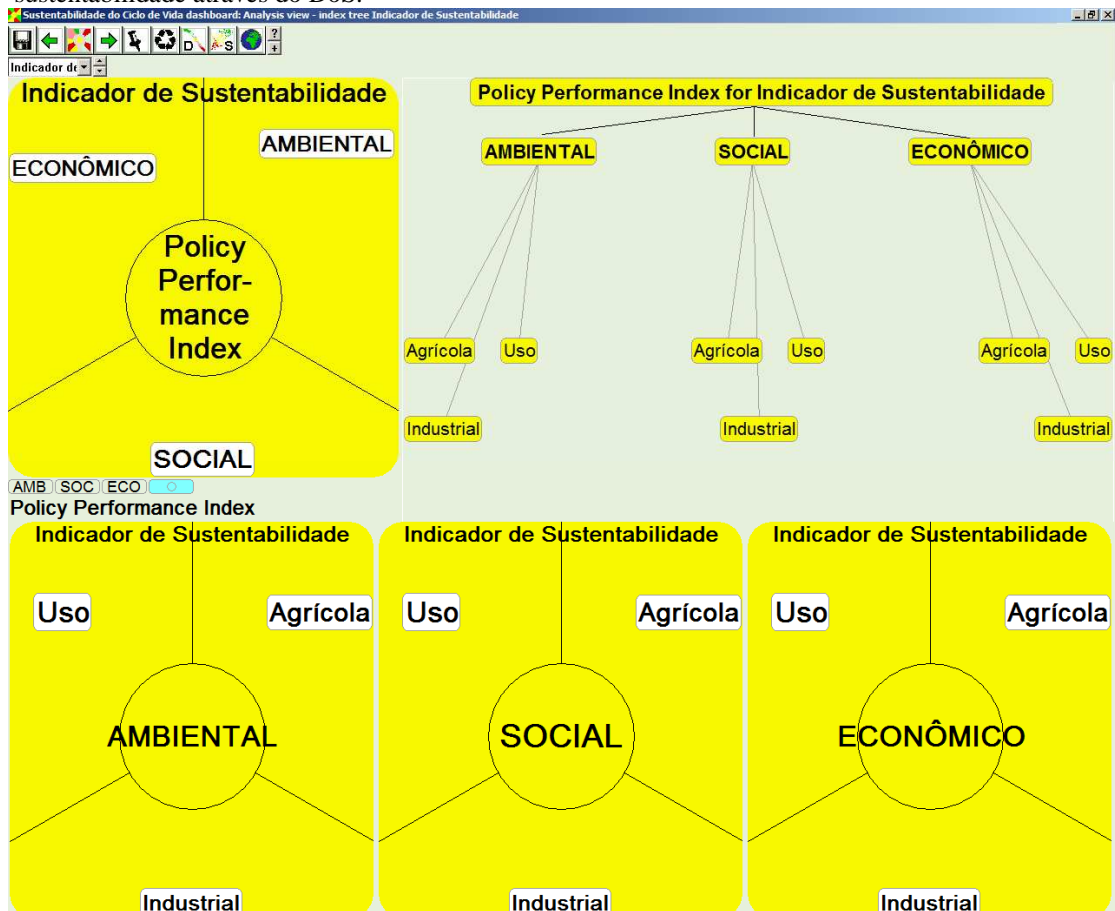
Todavia, com o objetivo de não limitar a ferramenta somente a uma harmonização dos dados, o trabalho buscou sugerir a utilização deste indicador como um referencial. Desta forma, os resultados apresentados pelo indicador em alguns casos não terão como única meta a verificação da sustentabilidade do ciclo de vida do biodiesel de soja no que se refere as variáveis apresentadas na tabela 11. A ideia pretendida neste trabalho é de demonstrar, quando possível, em que nível os impactos encontrados para estas variáveis analisadas se colocam quando comparadas com referenciais sustentáveis, na busca de um melhor rendimento sustentável. Portanto, o indicador DoS avaliou os impactos obtidos para o biodiesel de soja baseado em referenciais estipulados para cada dimensão. Desta forma, a análise final busca ir além do simples comparativo dos impactos. O objetivo final pretendido foi demonstrar um nível de sustentabilidade para o biodiesel de soja do RS quando alocado num prisma de referenciais mínimos e máximos aqui determinados para cada uma das variáveis apresentadas na tabela 11 (página 96).

Desta forma, no que tange ao trabalho em questão, o IDS (Indicador de Sustentabilidade) será realizado seguindo o apresentado na figura 18.

Assim, para que o leitor compreenda como estes indicadores se formaram, os mesmos utilizaram os resultados obtidos para os impactos ambiental, econômico e social em cada uma das 3 (três) etapas do ciclo de vida do biodiesel.

No que diz respeito à dimensão ambiental, os impactos relativos a esta dimensão (recursos abióticos, acidificação, eutrofização, aquecimento global, uso do solo e uso da água) foram normalizados baseado nas referências determinadas pelos métodos de cálculo de impacto utilizados neste estudo (CML-IA e ReCiPe Midpoint). Desta forma a composição do indicador ambiental em cada uma das fases foi interpolada baseando-se nos resultados normalizados.

Figura 18: Estrutura de composição da formação dos indicadores ambiental, social, econômico e de sustentabilidade através do DoS.



Fonte: do Autor

No caso da dimensão econômica, os referenciais para a composição e interpolação deste indicador foram buscados na bibliografia e em indicadores econômicos divulgados. Assim, conforme colocam Barros et al. (2006), Santos (2008), Barros et al. (2009) e ABIOVE (2014), os principais combustíveis (motor ciclo diesel) com estimativas de custos de produção e/ou de comercialização no RS são: o biodiesel de óleo de soja, o biodiesel de óleo de girassol e o diesel. Para o caso da produção do biodiesel, vale ressaltar que o processo pode ocorrer tanto via rota metálica como por rota etílica o que também acaba influenciando nos custos. Portanto, os valores obtidos para os impactos de custos em cada uma das etapas do ciclo de vida foram interpolados baseado na estrutura de custos destas três fontes de energia. Para este trabalho tomou-se por base como o melhor caso o diesel importado (menor custo encontrado) e como pior caso o biodiesel de óleo de soja via rota etílica (maior custo encontrado). Os dados referentes ao custo de cada um dos combustíveis comercializados no RS (R\$/GJ de combustível) estão apresentados na tabela 12, a seguir.

Por fim, referente à dimensão social, vale aqui uma breve discussão a respeito da determinação destes referenciais. Destaca-se isso, pois enquanto a fase agrícola teve seus

dados coletados via questionário, a fase industrial e etapa de uso e transporte tiveram seus dados coletados por evidências. Portanto, para o caso da fase agrícola os referenciais acabaram sendo determinados diretamente pelo próprio questionário, ou seja, tomou-se por base a melhor e a pior resposta dentro da escala de valores estipulada no próprio questionário. Diferentemente ocorreu para as demais etapas. Nestes casos tomaram-se por base os três níveis de evidência anteriormente já explicados e que estão apresentados na tabela 8 (página 88). Uma vez definidos os referenciais para cada uma das dimensões, colocou-se então em prática o modelo sugerido na figura 18 (página 98) a fim de determinar o IDS.

Tabela 12: Custo total dos combustíveis (ciclo diesel) comercializados no RS.

Combustível	R\$/GJ
Diesel importado	48,59
Diesel nacional	49,16
Biodiesel metílico de óleo de girassol	53,42
Biodiesel etílico de óleo de girassol	61,79
Biodiesel metílico de óleo de soja	56,88
Biodiesel etílico de óleo de soja	65,79

Fonte: Barros et al. (2006), Santos (2008), Barros et al. (2009) e ABIOVE (2014)

4.5.3. Análise Estatística Multivariada Integrada

Por fim, com o intuito de verificar as potenciais relações, correlações e destacar as similaridades e diferenças existentes entre os resultados obtidos para os impactos ambientais, econômicos e sociais do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metilica realizou-se uma análise estatística multivariada integrada (AEMVI) (Pozo et al., 2012). Tal análise resumiu-se em análises de componentes principais (PCA) e uma análise de cluster (CA).

Para a realização da AEMVI, foi adotada uma abordagem de análise exploratória de dados, que é voltada para descobrir três aspectos principais dos dados: medidas ou objetos anômalos; relações significativas entre as variáveis; agrupamentos entre os objetos. O PCA é a principal técnica utilizada para fins exploratórios, tendo como resultados o levante de questões relevantes para o processo e uma visualização imparcial dos padrões dos dados (Meglen et al. 1992). Dessa forma o PCA é realizado em um processo iterativo, onde cada repetição é retirada informação dos dados, é atribuída importância para as variáveis, é removida certos objetos, etc. Esse procedimento é realizado até não houver mais padrões significativos. Então, para determinar os agrupamentos e suas similaridades relativas, é utilizada a informação adquirida no PCA para realizar um CA. A técnica de cluster hierárquico é realizada, com o objetivo de utilizar as distâncias entre os pontos para criar grupos. Cada grupo é representado por uma função, o algoritmo seleciona as funções hierarquicamente de forma que os primeiros grupos são aqueles que têm seus objetos mais

semelhantes entre si, e ao mesmo tempo seja mais distante possível dos outros grupos (Wright, 1973).

Para realizar o PCA com variáveis de escalas e amplitudes diferentes é necessário realizar um tratamento nos dados, onde as variáveis são centradas por sua média aritmética e divididas pelo seu desvio padrão. Variáveis com mais de 10% de dados faltando, ou objetos sem valor para mais de 30% das variáveis, devem ser retirados da análise (Wold et al., 1987). O algoritmo NIPALS (*Non-Iterative Partial Least Squares*) é de corrente utilização para calcular o modelo de PCA. Os componentes principais são resultado do argumento da maximização da matriz de covariância. Esses argumentos são utilizados para achar os vetores que resultam na operação algébrica direta. Os primeiros componentes principais obtidos são utilizados como eixos de um gráfico, o *scoreplot*, onde são apresentados os padrões mais dominantes dos dados. A causa desses padrões pode ser atribuída às variáveis originais, já que os CP podem ser escritos como combinações lineares das mesmas. Os coeficientes dessa combinação linear são utilizados para calcular a contribuição geral de cada variável para o modelo. Esses coeficientes, conhecidos como *loadings*, aqui são traduzidos como quantitativos, também são representados em um gráfico aonde os CP são os eixos (Esbensen, 2002).

A interpretação do PCA decorre na observação desses dois gráficos. Primeiramente, é verificado se os 2 ou três primeiros componentes principais representam aproximadamente 90% dos dados, com isso já possível avaliar os padrões relevantes. No *scoreplot*, a distância entre objetos em relação a um dos eixos, indica a similaridade ou dissimilaridade daqueles objetos, nas características representadas pelo eixo em questão, sendo essas similaridades e dissimilaridade relativas aos outros objetos da análise. Com isso é possível saber quais características poderiam ser mudadas para ter outro comportamento de um dito objeto. Também seria possível estimar quais características de certo objeto poderia assumir se pertencesse a devido grupo. Nessa parte da análise a capacidade do PCA de colher informações vai depender da interpretação de um profissional que entenda do assunto estudado.

A validação mais indicada para a técnica de PCA é a *Cross Validation*, que consiste em calcular o modelo várias vezes, sempre deixando um dos objetos de fora. Assim, é calculada a contribuição de cada objeto para o erro, e verifica-se a consistência do mesmo (Esbensen, 2002).

Em CA também é necessário fazer alguns ajustes nos dados, como centrar na média aritmética e escalar com o desvio padrão. Para a seleção de variáveis e objetos indica-

se o uso das informações de uma análise completa de PCA, ou outra ferramenta exploratória. Os métodos de medida de distâncias podem variar e causar algumas diferenças no resultado final. O método mais comum é a medida euclidiana, também podendo ser usado a euclidiana quadrática para melhorar a separação entre clusters.

O CA pode ser lido e interpretado em um gráfico de árvore, onde é representados os grupos formados. No dendograma é possível visualizar se há uma diferença relativa entre os grupos formados e se seus componentes são semelhantes entre si, assim determinados a qualidade e utilidade dos agrupamentos(Wright, 1973).

5. RESULTADOS

Para termos de apresentação dos resultados, o ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metélica foi dividido simplificadamente em 3 (três) fases, ou seja: fase agrícola, fase industrial e etapa de transporte e uso. Estas fases ainda são subdivididas em 4 (quatro) etapas durante a fase agrícola: preparação do solo, tratamento da semente e plantio, fase de crescimento (trato agrícola) e colheita; e 4 (quatro) etapas durante a fase industrial: preparação, extração, degomagem e neutralização, e transesterificação (vide figura 14, página 72). Por fim, no caso deste estudo, a etapa de transporte e uso será dividida em outras duas etapas, onde serão separadas em: etapa de transporte e etapa de uso, quando as mesmas apresentarem contribuições relevantes concomitantemente. Estes dados foram utilizados para a construção dos inventários ambiental, econômico e social. Para termos de melhor compreensão e organização da ASCV, os inventários serão apresentados por processos no que se refere ao inventário ambiental e por fases no que se referem aos inventários econômico e social. Ainda, dentro dos processos e etapas será feita uma diferenciação por dimensões: ambiental, econômico e social. Os resultados estão apresentados seguindo o ciclo de vida do biodiesel rota metélica.

5.1. INVENTÁRIO FASE AGRÍCOLA – DIMENSÃO AMBIENTAL

5.1.1. Caracterização de Especificidades do Plantio de Soja no RS

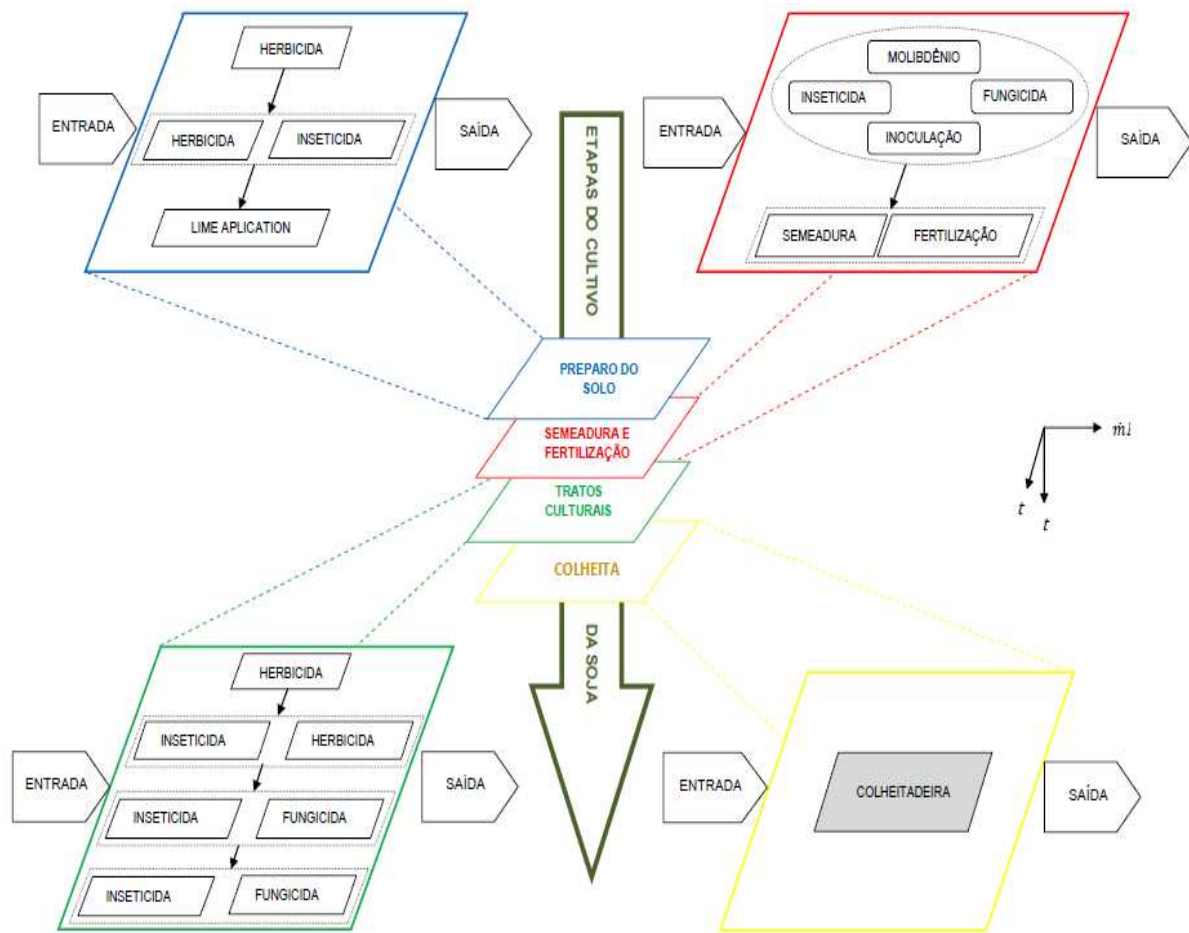
A partir do questionário foi possível caracterizar as peculiaridades da fase agrícola, principalmente no que se refere ao uso de maquinários e as práticas e produtos adotados no cultivo da soja no estado do RS. Baseado nesses dados foi possível construir um fluxograma do cultivo da soja no RS (figura 19). Este fluxograma apresenta de forma temporal as práticas adotadas e intervenções realizadas nas diferentes etapas do cultivo desta oleaginosa.

Em termos de caracterização sobre o plantio da soja, o questionário apresentou os seguintes resultados:

- todos os produtores adotam o sistema de plantio direto;
- na etapa de calagem cerca de 30% dos produtores utilizam trator, enquanto 70% realizam a aplicação de calcário utilizando caminhão;
- o tempo médio de aplicação do calcário é de 3,5 anos;
- todos os produtores utilizam fungicida para o tratamento das sementes, enquanto 96% também utilizam inseticidas, 57% utilizam molibdênio e 65% utilizam a técnica da inoculação;

- com relação à fertilização, a formulação mais utilizada é o NPK 02-20-20 com 86% das respostas;
- na etapa de trato agrícola o maquinário utilizado é o trator-pulverizador;
- na etapa de colheita o maquinário utilizado é a colheitadeira;
- a produtividade média é de 2970 kg/ha de soja colhida, com um valor mínimo de 2300 kg/ha e um valor máximo de 3500 kg/ha.

Figura 19: Uso de maquinários, práticas e produtos mais adotados no cultivo da soja no Estado do RS



Fonte: Do autor

Outro resultado importante apontado nesta fase está relacionado ao avanço da soja nos últimos 20 anos. A área plantada de soja registrou um aumento de 49% entre 1992-2013, segundo dados da CONAB (2013b). De forma a associar este acréscimo de área de soja com as reduções de área com outros usos da terra recorreu-se ao Censo Agropecuário 1920/2006 (IBGE, 2013).

Conforme coloca Maciel (2014) e Zortea et al.(2014), apesar do avanço das áreas de plantio de lavouras ter ocorrido sobre áreas de pastagens, o plantio de soja não avançou

apenas em área de pastagem, pois parte desta expansão ocorreu em lavouras de arroz (IRGA, 2013a, 2013b). Verificou-se isso, pois este plantio vem crescendo nos últimos anos (Kist, 2003; Santos et al, 2003), e corresponde a 273 mil hectares, aproximadamente 6% da área total de soja na safra 2012/2013 (IRGA, 2013a, 2013b). Segundo dados do Anuário do Arroz 2013, o plantio de soja em áreas de arroz quadruplicou nos últimos três anos, e há perspectivas de alcançar 300 mil hectares na safra 2014 (IRGA, 2013a, 2013b). Porém a área de plantio de arroz permaneceu constante nos últimos anos em, aproximadamente, 1 milhão de hectares (CONAB, 2013b). Com relação a este avanço na cultura do arroz, acende-se um alerta, já que o sistema de semeadura utilizado (microcamalhão– irrigação por sulco) (Dos Santos et al., 2013) não é contemplado pelo IPCC, inviabilizando a aplicação de metodologias de cálculo para estimar as emissões deste cultivo. Ressalta-se este ponto, pois o sistema de gestão e manejo para o plantio da soja em áreas de várzea contempla a necessidade de drenagem e remoção de terra atividades que possuem o potencial de provocar emissões ainda não conhecidas e, portanto, de difícil quantificação.

Já, a área de plantio milho, segundo dados do IBGE (2010), está ligada diretamente a soja, sendo fortemente dependente do mercado internacional. A fim de comparar a modificação das áreas de soja e milho recorreu-se aos dados da CONAB de plantio destas culturas entre 1992-2013(CONAB, 2013b). Para este estudo foi considerado que toda a área de milho perdida foi transformada em soja e os dados da área plantada (CONAB, 2013b) correspondendo à primeira safra. O milho safrinha foi desconsiderado por não ser concorrente da soja.

5.1.2. Fluxos Materiais e Energéticos de Entrada e Saída

Os fluxos mássicos e energéticos¹ obtidos nesta fase encontram-se nas tabelas 12, 13, 14 e 15.

Nelas aparecem os inventários compatibilizados e normalizados para a unidade funcional, ou seja, para 1 GJ de energia liberado pelo biodiesel de soja. As tabelas 12 a 15 foram organizadas buscando demonstrar:

- Substâncias ou bens constituintes com as suas respectivas descrições nos processos;
- tipos de fluxo e sentidos destes (entrada/saída);
- quantidade, grandeza e unidade utilizada;

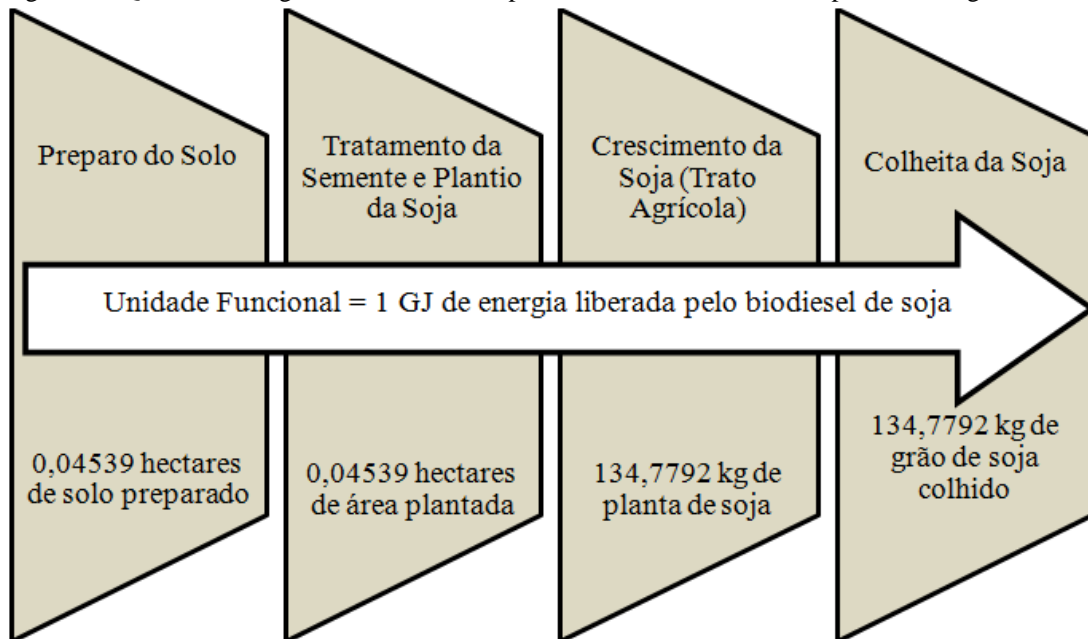
¹ Fonte: do Autor

- valores máximos, mínimos e desvios quando existirem
- nível de confiabilidade e completeza dos dados obtidos através da pontuação

baseada na matriz multiusuário, também conhecida como Pedigree.

Além disso, a unidade funcional no decorrer das etapas passa por uma transformação iniciando-se como uma unidade de área e finalizando como uma unidade de massa. Para melhor entendimento, a unidade funcional encontra-se em negrito, nas tabelas 12 a 15, e segue o fluxograma apresentado na figura 20.

Figura 20: Quantidades e grandezas assumidas pela unidade funcional nas etapas da fase agrícola



Fonte: Do autor

Tabela 13: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de preparação do solo para o plantio da soja.

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Glifosato	Herbicida	Entrada	4,452E-02	2,179E-02	6,536E-02	1,144E-02	kg	25, 118, 119, 192, 194	(2, 1, 1, 1, 1)
2,4-D	Herbicida	Entrada	4,020E-02	1,967E-02	5,902E-02	1,033E-02	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Difluzenuron	Inseticida	Entrada	3,744E-03	0,000E+00	1,498E-02	4,154E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Fipronil	Inseticida	Entrada	5,991E-03	0,000E+00	2,396E-02	6,646E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Calcário	Correção pH	Entrada	3,780E+01	1,910E+01	5,092E+01	8,564E+00	kg	88, 118, 119, 192, 194	(2, 1, 1, 1, 1)
Diesel	Combustível	Entrada	3,587E-01	1,771E-01	8,726E-01	2,211E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Área Utilizada	Solo preparado	Saída	0,04539				hectares		
Glifosato	Solo	Saída	4,450E-02	2,175E-02	6,535E-02	1,144E-02	kg		(3, 1, 1, 1, 3)
2,4-D	Solo	Saída	4,020E-02	1,967E-02	5,902E-02	1,033E-02	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Difluzenuron	Solo	Saída	3,744E-03	0,000E+00	1,498E-02	4,154E-03	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Fipronil	Solo	Saída	5,991E-03	0,000E+00	2,396E-02	6,646E-03	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Em.combustível	Saída	1,607E+00	8,015E-01	3,947E+00	9,902E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar - Em.combustível	Saída	1,620E-03	7,828E-04	3,862E-03	8,737E-04	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Ar - Em.combustível	Saída	7,416E-03	2,841E-03	1,747E-02	4,572E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Emissões solo	Saída	1,543E+01	9,102E+00	2,427E+01	4,082E+00	kg	(2, 1, 1, 1, 2)	

Tabela 14: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de tratamento da semente e plantio da soja.

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Fludioxonil	Fungicida	Entrada	1,145E-04	5,673E-05	2,269E-04	5,310E-05	kg	25, 118, 119, 192, 194	(2, 1, 1, 1, 1)
Metalaxyl-M	Fungicida	Entrada	4,578E-05	2,269E-05	9,077E-05	2,124E-05	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Fipronil	Inseticida	Entrada	1,086E-03	5,673E-04	1,702E-03	4,992E-04	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Sementes	Plantio	Entrada	2,341E+00	1,815E+00	2,950E+00	3,529E-01	kg	88, 118, 119, 192, 194	(2, 1, 1, 1, 1)
Molibdênio	Micronutriente	Entrada	1,135E-03	sd	sd	sd	kg		(4, 1, 1, 1, 1)
Nitrogênio	Fertilizante	Entrada	2,530E-01	0,000E+00	6,808E-01	2,059E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Potássio (K ₂ O)	Fertilizante	Entrada	2,802E+00	9,077E-01	3,404E+00	6,143E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Fósforo (P ₂ O ₅)	Fertilizante	Entrada	2,757E+00	1,362E+00	3,449E+00	5,142E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Diesel	Combustível	Entrada	3,685E-01	1,525E-01	8,387E-01	1,488E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Área plantada	Solo com sementes	Saída	0,04539				hectares		
Fludioxonil	Solo	Saída	1,145E-04	5,673E-05	2,269E-04	5,310E-05	kg		(3, 1, 1, 1, 5)

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Metalaxyl-M	Solo	Saída	4,578E-05	2,269E-05	9,077E-05	2,124E-05	kg	118, 119, 192, 194	(3, 1, 1, 1, 5)
Fipronil	Solo	Saída	1,086E-03	5,673E-04	1,702E-03	4,992E-04	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Molibdênio	Solo	Saída	1,135E-03	sd	sd	sd	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Nitrogênio	Solo	Saída	2,088E-01	0,000E+00	6,567E-01	2,059E-01	kg		(3, 1, 1, 1, 3)
Potássio (K ₂ O)	Solo	Saída	2,802E+00	9,077E-01	3,404E+00	6,143E-01	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Fósforo (P ₂ O ₅)	Solo	Saída	2,725E+00	1,321E+00	3,433E+00	5,142E-01	kg		(3, 1, 1, 1, 3)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar - Em.combustível	Saída	1,731E+00	7,163E-01	3,940E+00	6,989E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar - Em.combustível	Saída	6,425E-03	2,658E-03	1,462E-02	2,594E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Ar - Em.combustível	Saída	1,498E-03	6,198E-04	3,409E-03	6,048E-04	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Ar - Em. calcár./solo	Saída	4,226E-02	3,813E-02	5,057E-02	sd	kg		(2, 1, 1, 1, 2)

Tabela 15: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de fase de crescimento da soja.

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Glifosato	Herbicida	Entrada	5,067E-02	2,179E-02	1,089E-01	1,757E-02	kg	25, 118, 119, 192, 194	(2, 1, 1, 1, 1)
Diflubenzuron	Inseticida	Entrada	2,906E-03	2,156E-03	5,390E-03	9,439E-04	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Imidacloprido	Inseticida	Entrada	4,955E-03	3,676E-03	1,838E-02	2,964E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
beta-ciflutrina	Inseticida	Entrada	6,194E-04	4,595E-04	2,298E-03	3,705E-04	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Acefato	Inseticida	Entrada	7,646E-03	5,673E-03	2,837E-02	4,575E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Epoxiconazol	Fungicida	Entrada	2,479E-03	1,702E-03	4,255E-03	6,746E-04	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Piraclostrobina	Fungicida	Entrada	6,594E-03	4,527E-03	1,132E-02	1,794E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Ezoxistrobina	Fungicida	Entrada	4,132E-03	2,837E-03	7,091E-03	1,124E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Diesel	Combustível	Entrada	5,871E-01	3,050E-01	1,525E+00	3,438E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 1)
Água	Precipitação	Entrada	2,369E+05	sd	sd	sd	L		(2, 3, 2, 3, 2)
Grão de soja	Planta da soja	Saída	134,77920				kg		
Glifosato	Solo	Saída	5,066E-02	2,175E-02	1,089E-01	1,757E-02	kg	88, 118, 119, 192, 194	(3, 1, 1, 1, 3)
Diflubenzuron	Solo	Saída	2,906E-03	2,156E-03	5,390E-03	9,439E-04	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Imidacloprido	Solo	Saída	4,955E-03	3,676E-03	1,838E-02	2,964E-03	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
beta-ciflutrina	Solo	Saída	6,194E-04	4,595E-04	2,298E-03	3,705E-04	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Acefato	Solo	Saída	7,646E-03	5,673E-03	2,837E-02	4,575E-03	kg		(3, 1, 1, 1, 5)

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Epoxiconazol	Solo	Saída	2,479E-03	1,702E-03	4,255E-03	6,746E-04	kg	118, 119, 192, 194	(3, 1, 1, 1, 5)
Piraclostrobina	Solo	Saída	6,594E-03	4,527E-03	1,132E-02	1,794E-03	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Ezoxistrobina	Solo	Saída	4,132E-03	2,837E-03	7,091E-03	1,124E-03	kg		(3, 1, 1, 1, 5)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Em.combustível	Saída	2,758E+00	1,433E+00	7,163E+00	1,615E+00	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar - Em.combustível	Saída	2,386E-03	1,240E-03	6,198E-03	1,397E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Ar - Em.combustível	Saída	1,023E-02	5,317E-03	2,658E-02	5,993E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Cádmio	Solo	Saída	9,785E-05	sd	sd	sd	kg	130, 147, 192, 194	(4, 3, 3, 3, 4)
Cobre	Solo	Saída	-1,590E-03	sd	sd	sd	kg		(4, 3, 3, 3, 4)
Zinco	Solo	Saída	-4,219E-03	sd	sd	sd	kg		(4, 3, 3, 3, 4)
Chumbo	Solo	Saída	3,572E-04	sd	sd	sd	kg		(4, 3, 3, 3, 4)
Níquel	Solo	Saída	-5,297E-04	sd	sd	sd	kg		(4, 3, 3, 3, 4)
Cromo	Solo	Saída	8,127E-04	sd	sd	sd	kg		(4, 3, 3, 3, 4)
Água	Ar – Evapotransp.	Saída	2,432E+05	sd	sd	sd	L		(2, 3, 2, 3, 2)
Água	Água	Saída	7,579E+03	sd	sd	sd	L		(2, 3, 2, 3, 2)
Fósforo	Água	Saída	3,123E-02	1,584E-02	4,025E-02	sd	kg		(2, 3, 3, 4, 4)
Nitrogênio	Água	Saída	6,124E-02	3,790E-02	1,213E-01	sd	kg		(2, 3, 3, 4, 4)
Glifosato	Água	Saída	2,653E-05	3,790E-07	6,973E-05	sd	kg		(2, 3, 3, 4, 4)

Tabela 16: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de colheita da soja.

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Diesel	Combustível	Entrada	6,034E-01	2,723E-01	1,362E+00	2,984E-01	kg	88, 118, 119, 192, 194	(2, 1, 1, 1, 1)
Grão de soja	Planta da soja	Saída	134,77920				kg		
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Em.combustível	Saída	1,354E+00	6,110E-01	3,055E+00	6,694E-01	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar - Em.combustível	Saída	4,191E-03	1,892E-03	9,459E-03	2,073E-03	kg		(2, 1, 1, 1, 3)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Ar - Em.combustível	Saída	2,410E-02	1,088E-02	5,440E-02	1,192E-02	kg	(2, 1, 1, 1, 3)	
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Captura de Carbono	Saída	-	sd	sd	sd	kg	96, 97, 125	(3, 3, 3, 2, 3)

5.2. INVENTÁRIO FASE AGRÍCOLA – DIMENSÃO ECONÔMICA

Os custos de produção da soja plantio direto para a safra de 2013/2014 foram obtidas junto ao CONAB em levantamento estimado para propriedades rurais nas cidades de Cruz Alta e São Luiz Gonzaga. A média dos resultados é apresentada a seguir. Os resultados englobam as 4 etapas de plantio (preparo do solo, semeadura e fertilização, trato agrícola e colheita) de forma conjunta.

Tabela 17: Despesas de custeio e custos envolvidos na cultura da soja no RS.

DISCRIMINAÇÃO (R\$)	(R\$/HA)	(R\$/GJ)	PARTICI- PAÇÃO (%)	Fonte	Pedigree
I - Despesas de Custeio da Lavoura					
1 - Operação com máquinas:				50 e 54	
1.1 - Tratores e Colheitadeiras	148,29	6,73	7,24%		(2,2,1,1,1)
1.2 - Conjunto de Irrigação	0,00	0,00	0,00%		-
2 - Administrador/mão de obra	135,12	6,13	6,59%		(2,2,1,1,1)
3 - Sementes	168,75	7,66	8,24%		(2,2,1,1,1)
4 - Fertilizantes	322,96	14,66	15,76%		(2,2,1,1,1)
5 - Agrotóxicos	289,32	13,13	14,12%		(2,2,1,1,1)
6 - Análise de Solo	0,88	0,04	0,04%		(2,2,1,1,1)
TOTAL DESP. CUST. DA LAVOURA (A)	1.065,32	48,35	51,99%		
II - Outras Despesas					
7 - Transporte Externo	45,85	2,08	2,24%	50 e 54	(2,2,1,1,1)
8 - Despesas:					
8.1 - Despesas Administrativas	42,36	1,92	2,07%		(2,2,1,1,1)
8.2 - Despesas de armazenagem	38,71	1,76	1,89%		(2,2,1,1,1)
9 - Seguro da Produção	20,80	0,94	1,02%		(2,2,1,1,1)
10 - Assistência Técnica	21,31	0,97	1,04%		(2,2,1,1,1)
11 - Encargos Sociais	52,73	2,39	2,57%		(2,2,1,1,1)
TOTAL DAS OUTRAS DESPESAS (B)	221,75	10,07	10,82%		
III - Despesas Financeiras					
12 - Juros do Financiamento	35,33	1,60	1,72%	50 e 54	(2,2,1,1,1)
TOTAL DAS DESPESAS FINANC. (C)	35,33	1,60	1,72%		
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C=D)	1.322,40	60,02	64,54%		
IV - Depreciações					
13 - Depreciação de benfeitorias/instalações	56,97	2,59	2,78%	50 e 54	(2,2,1,1,1)
14 - Depreciação de implementos	59,05	2,68	2,88%		(2,2,1,1,1)
15 - Depreciação de Máquinas	46,45	2,11	2,27%		(2,2,1,1,1)
TOTAL DE DEPRECIÇÕES (E)	162,46	7,37	7,93%		
V - Outros Custos Fixos					
16 - Manutenção Periódica Benfeitorias/Instalações	58,50	2,66	2,85%	50 e 54	(2,2,1,1,1)
17 - Contribuição Social Rural	61,60	2,80	3,01%		(2,2,1,1,1)
18 - Seguro do capital fixo	7,02	0,32	0,34%		(2,2,1,1,1)
TOTAL DE OUTROS CUSTOS FIXOS (F)	127,11	5,77	6,20%		

DISCRIMINAÇÃO	(R\$/HA)	(R\$/GJ)	PARTICIPAÇÃO (%)	Fonte	Pedigree
CUSTO FIXO (E+F=G)	289,57	13,14	14,13%		
CUSTO OPERACIONAL (D+G=H)	1.611,97	73,17	78,67%		
VI - Renda de Fatores					
19 - Remuneração esperada sobre o capital fixo	61,14	2,78	2,98%	50 e 54	(2,2,1,1,1)
20 - Terra Própria	375,82	17,06	18,34%		(2,2,1,1,1)
21 - Arrendamento	0,00	0,00	0,00%		-
TOTAL DE RENDA DE FATORES (I)	436,96	19,83	21,33%		
CUSTO TOTAL (H+I=J)	2.048,93	93,00	100,00%		

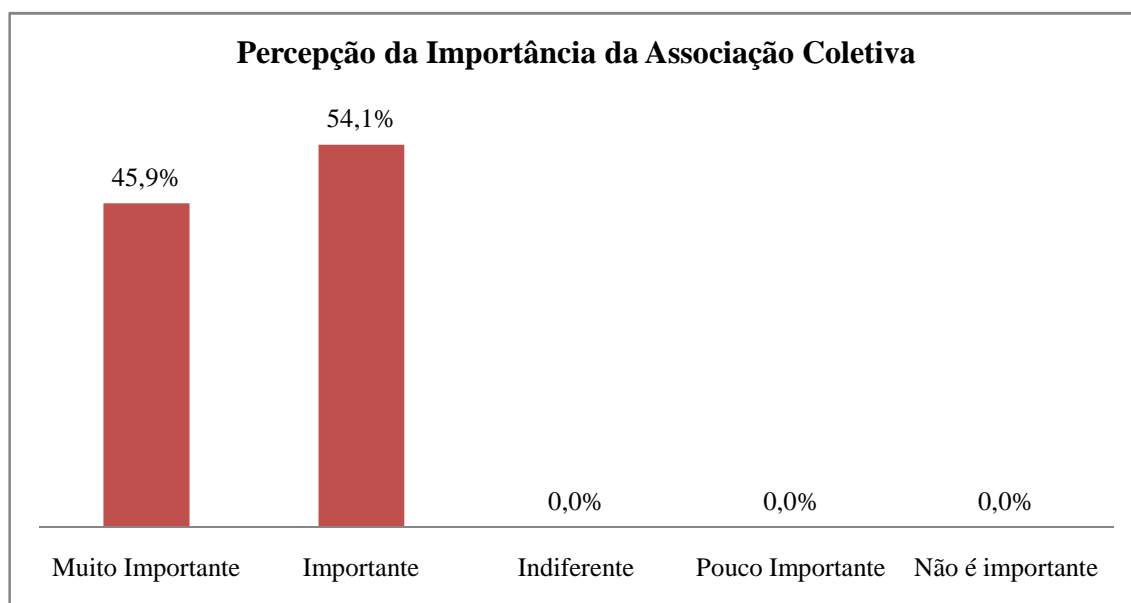
Data: 31 de março de 2014

Fonte: CONAB (2014)

5.3. INVENTÁRIO FASE AGRÍCOLA – DIMENSÃO SOCIAL

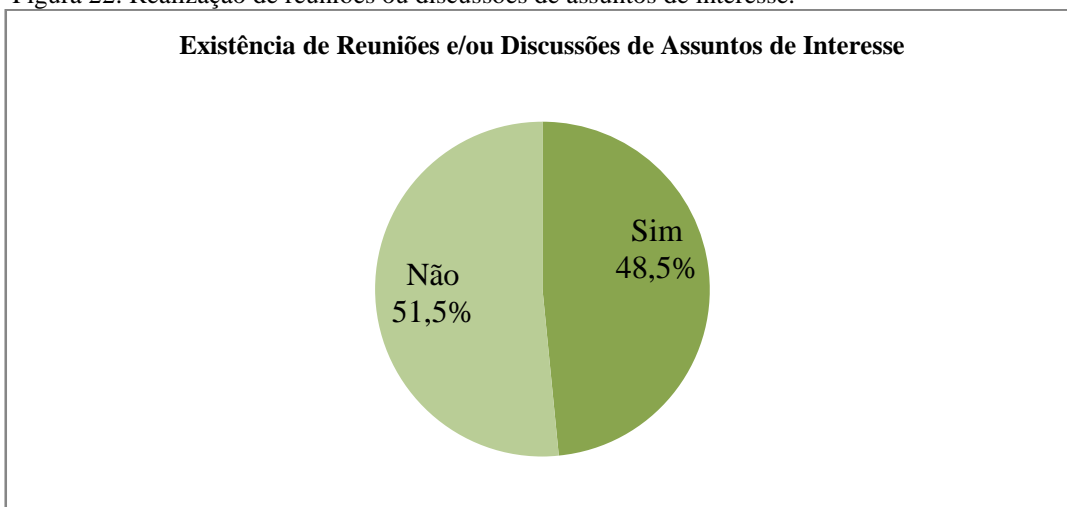
A partir de um questionário constituído por 9 (nove) perguntas (anexo 1) foi possível levantar algumas informações referentes às partes interessadas: trabalhadores, comunidade local e sociedade e atores da cadeia de valor. As informações coletadas estão apresentadas nas figuras 21 a 29. Vale destacar que as figuras 21 a 24 dizem respeito a informações relacionadas a parte interessada: trabalhadores. As figuras 25 a 27 apresentam as respostas relacionadas a parte interessada atores da cadeia de valor. Por fim, as figuras 28 e 29 dizem respeito a informações da parte interessada: comunidade local e sociedade. Vale destacar que as respostas apresentadas nas figuras 23 e 27, tiveram uma parcela de municípios que não responderam ao questionário. Estas parcelas estão representadas por NR nestas figuras.

Figura 21: Percepção da importância da associação coletiva pelos produtores de soja.



Fonte: Do autor

Figura 22: Realização de reuniões ou discussões de assuntos de interesse.

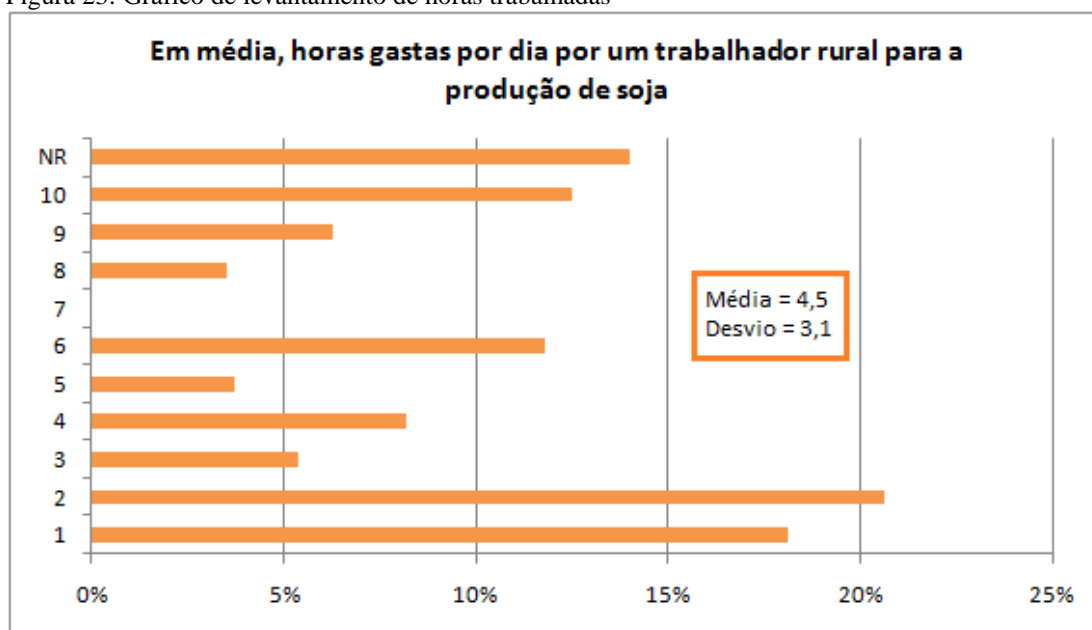


Fonte: Do autor

Ainda, as figuras 21 e 22 referem-se a subcategoria liberdade de associação e negociação coletiva. Buscou-se verificar como os produtores de soja percebem a importância da associação coletiva e se existem reuniões e/ou discussões de assuntos de interesse. Conforme é apresentado nas figuras 21 e 22, verifica-se que todos os produtores consideram este quesito pelo menos importante, mas somente cerca de metade das municipalidades possuem reuniões para tratarem de assuntos de interesse.

A figura 23 refere-se à subcategoria horas trabalhadas. Neste caso, foi constatada uma média de $4,5 \pm 3,1$ horas/dia para cada trabalhador rural durante o período de produção da soja.

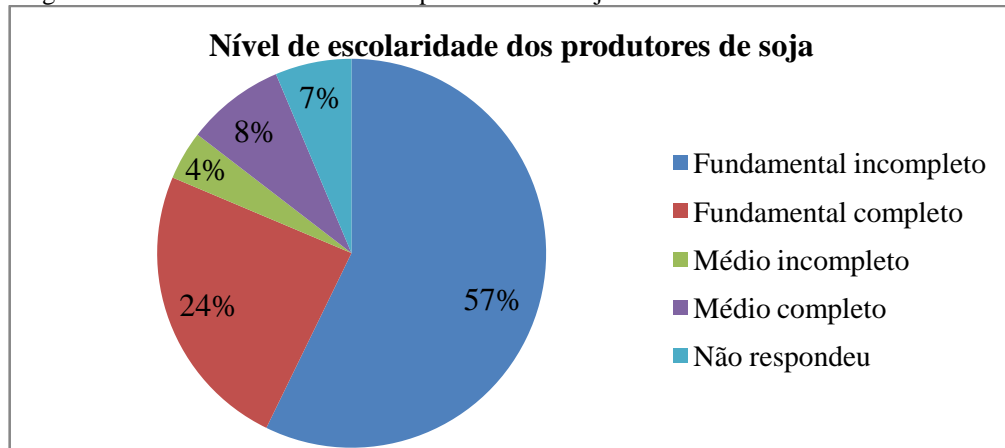
Figura 23: Gráfico de levantamento de horas trabalhadas



Fonte: Do autor

Para a subcategoria benefícios sociais, a pergunta relacionada tratou da questão da escolaridade dos produtores (figura 24). Tal pergunta teve o objetivo de realizar um diagnóstico sobre a atual situação dos trabalhadores rurais a fim de verificar ou não uma potencial necessidade de investimentos neste quesito, por este motivo tal questão foi tratada como benefício social. Verifica-se, baseado nos resultados obtidos, que menos de 20% dos produtores de soja ingressaram no ensino médio.

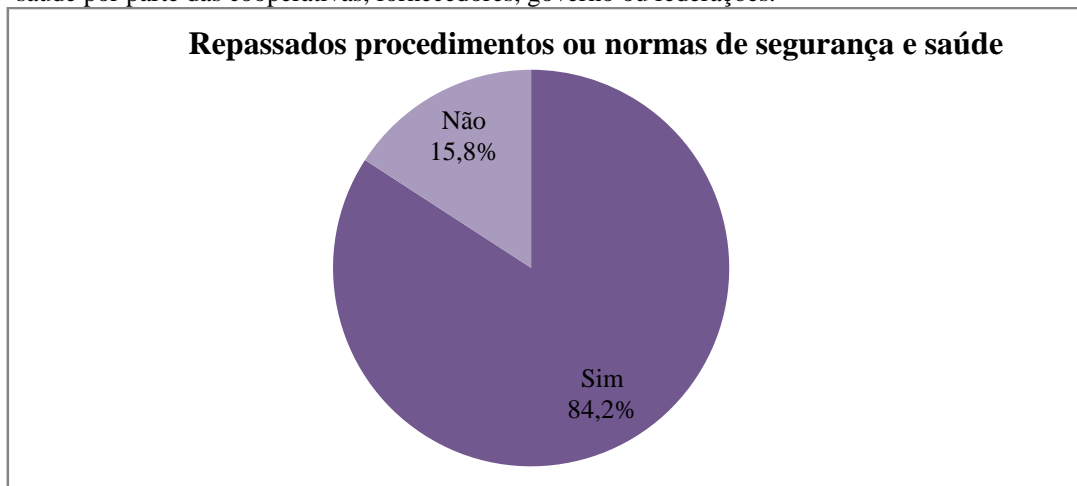
Figura 24: Nível de escolaridade dos produtores de soja



Fonte: Do autor

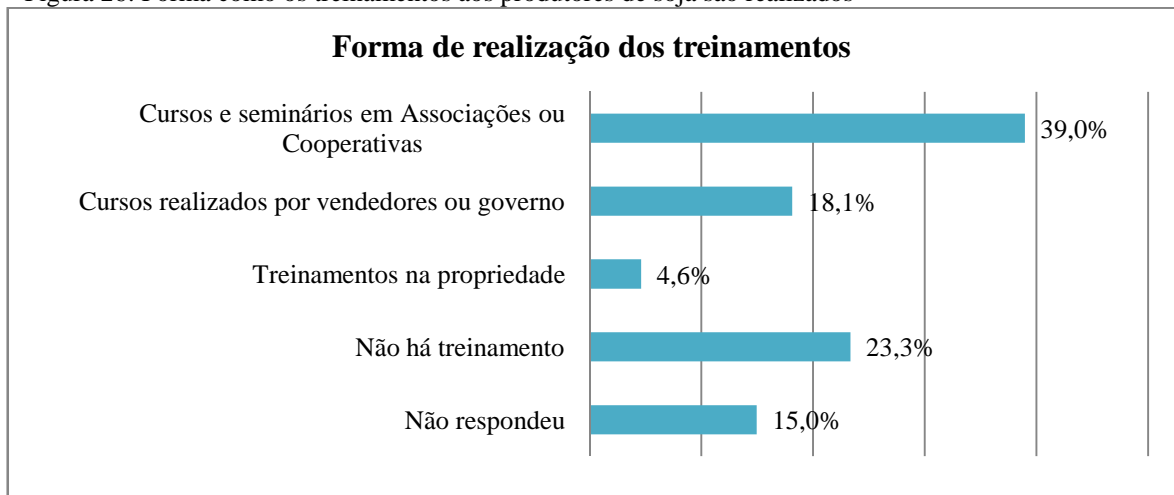
As figuras 25, 26 e 27 estão relacionadas a subcategoria relacionamento com fornecedores e respeito a propriedade intelectual. Avaliando as figuras de forma conjunta verifica-se que são repassados para mais de 80% dos produtores de soja os procedimentos ou normas de segurança ou saúde (figura 25). Foi constatado, também, que tais repasses utilizam em média $3,7 \pm 2,0$ horas/semana (figura 27) e que tais repasses são realizados em sua maioria através de cursos ou seminários nas associações ou cooperativas e em cursos realizados por vendedores ou governo (figura 26).

Figura 25: Existência de repasse aos produtores de soja de procedimentos ou normas de segurança ou saúde por parte das cooperativas, fornecedores, governo ou federações.



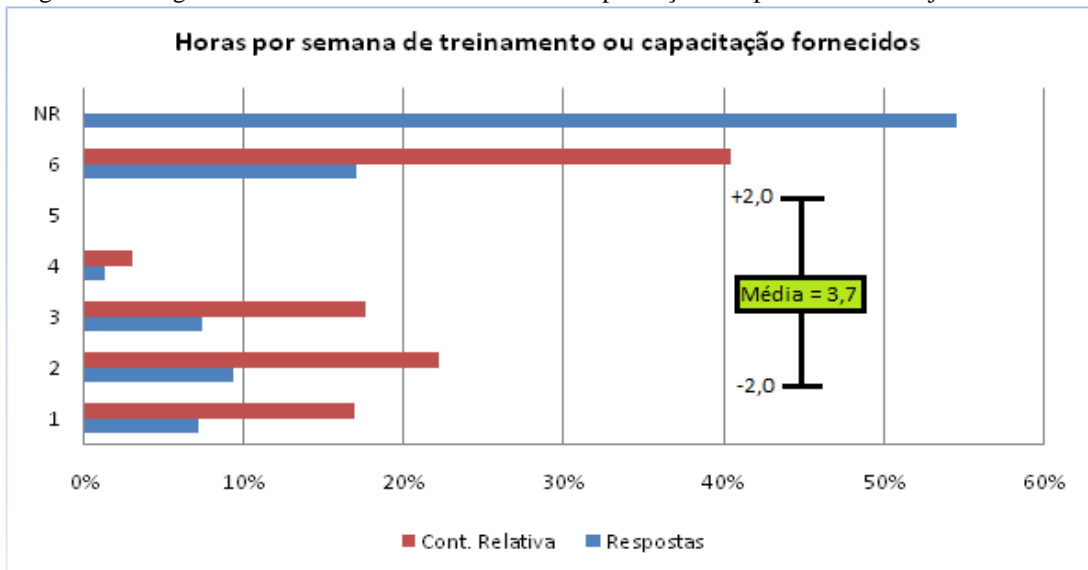
Fonte: Do autor

Figura 26: Forma como os treinamentos aos produtores de soja são realizados



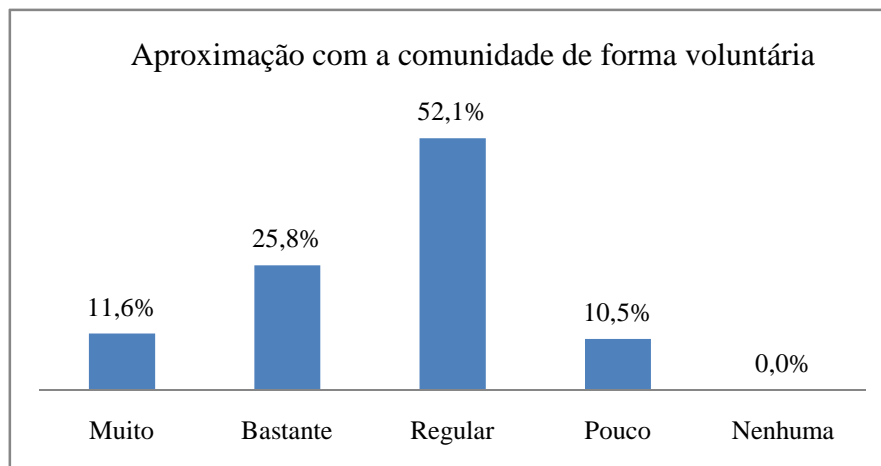
Fonte: Do autor

Figura 27: Carga horária destinada ao treinamento e capacitação dos produtores de soja



Fonte: Do autor

Figura 28: Frequência de aproximação dos produtores de soja com a comunidade de forma voluntária

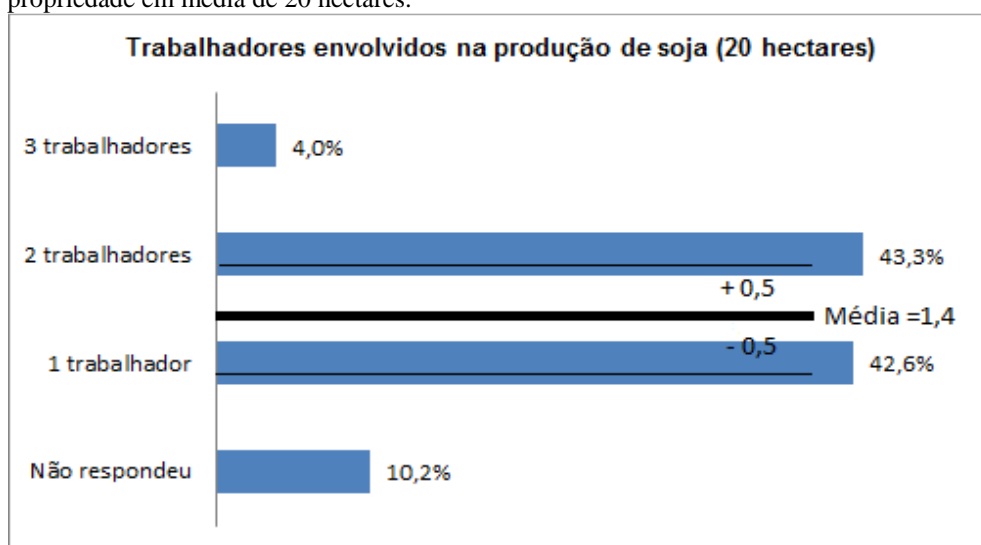


Fonte: Do autor

Os resultados relacionados a subcategoria engajamento com a comunidade estão apresentados na figura 28. Baseado neste resultado percebe-se que em sua maioria os produtores possuem uma aproximação regular com a comunidade e que as frequências muito e bastante somam mais de um terço das municipalidades dos produtores de soja.

Por fim, a subcategoria emprego local teve seus resultados apresentados na figura 29. Verifica-se que ao se tomar como referência uma propriedade de 20 hectares, a mesma demanda de um a dois trabalhadores rurais em mais de 85% das municipalidades.

Figura 29: Número médio de trabalhadores envolvidos na produção da soja, tomando por base uma propriedade em média de 20 hectares.



Fonte: Do autor

Tabela 18 -Resultado da valoração e conversão dos dados coletados pelo questionário – Fase Agrícola

Pergunta Questionário (Anexo 1)	5.1	5.2	5.8	5.7	5.3	5.5	5.6	5.4	5.9
Município / Parte interessada	Trabalhadores				Atores da cadeia de Valor			Comunidade Local/Sociedade	
Tupaciretã	4	1	6	2	NR	1	2	3	2
Palmeira das Missões	4	0	1	4	NR	1	1	3	2
Cruz Alta	4	1	2	1	6	1	2	3	2
Santa Bárbara do Sul	4	0	NR	NR	NR	0	NR	4	NR
Júlio de Castilhos	5	1	9	1	6	1	2	3	1
Jóia	4	0	3	1	NR	0	NR	3	1
São Miguel das Missões	5	1	10	1	3	1	0	3	1
São Luiz Gonzaga	4	1	1	3	6	1	1	5	1
Giruí	5	0	10	1	NR	1	2	4	3
Cachoeira do Sul	4	1	4	2	NR	1	0	2	2
Muitos Capões	4	0	NR	1	NR	1	0	3	NR
Ibirubá	5	0	NR	2	1	1	2	3	1
Capão do Cipó	5	0	5	1	NR	1	0	4	1
Espumoso	4	1	2	1	2	1	0	3	1
Passo Fundo	4	0	8	1	NR	1	2	4	1
Ijuí	5	1	4	1	2	1	1	5	2
Chapada	5	1	1	2	1	1	3	2	1
Lagoa Vermelha	5	0	2	1	2	0	NR	2	1
Boa Vista do Cadeado	5	0	2	1	NR	1	0	5	2
Marau	5	1	2	1	3	1	1	3	2
Santo Augusto	5	1	1	1	2	1	1	3	2
Dois Irmãos das Missões	5	0	2	2	4	1	3	5	1
Rondinha	4	0	4	1	NR	0	0	3	2

Fonte: Do autor

Uma vez de posse dos resultados do questionário, no caso dos dados qualitativos obtidos, foi realizada uma valoração e conversão dos mesmos para uma escala

semiquantitativa a fim de gerar os impactos sociais. Tal valoração e conversão têm o intuito de tornar o inventário social obtido e apresentado anteriormente em valores semiquantitativos possíveis de converter para a escala de avaliação sugerida na Tabela 8 deste trabalho. Já, no caso dos resultados do questionário que já se apresentam de forma quantitativa, foi realizada somente a interpolação, recém descrita. O resultado da valoração e conversão dos resultados do questionário estão apresentados na tabela 18.

5.4. INVENTÁRIO FASE INDUSTRIAL – DIMENSÃO AMBIENTAL

5.4.1. Caracterização da Produção do Biodiesel de Soja no RS

Conforme já foi comentado até o final de setembro de 2014, o RS possuía 9 usinas de biodiesel. Na busca de dados de fluxo mássico e energético junto à 4 (quatro) destas usinas somado a informações obtidas junto a ANP, pode-se ressaltar as seguintes informações:

- A produção média no ano de 2013 foi de 77.328 m³/mês de biodiesel.
- Todas as usinas produzem biodiesel via rota metílica, sendo que 7 (sete) utilizam o metanol de forma exclusiva.
- As usinas utilizam tanto lenha como óleo combustível como fonte de energia para as caldeiras de suas plantas.
- Durante a etapa de transesterificação, verificou-se que as usinas utilizam hidróxido de sódio e metilato de sódio como catalisadores.
- Todas as usinas utilizam o hexano como solvente para a extração do óleo de soja.
- Tanto a etapa de extração do óleo e soja, como a etapa de transesterificação do biodiesel geram efluente líquido.
- Com relação a glicerina, as informações coletadas não demonstraram um consenso, pois existem usinas que revendem a glicerina, algumas buscam o processo de purificação visando a revenda com valor agregado, enquanto outras realizam pesquisas na busca de outras alternativas para a mesma. Desta forma, para termos deste estudo decidiu-se pela premissa da simples revenda deste subproduto.

5.4.2. Fluxos materiais e energéticos de entrada e saída

Os fluxos mássicos e energéticos² obtidos nesta fase encontram-se nas tabelas 19, 20, 21 e 22.

²Fonte: Do autor

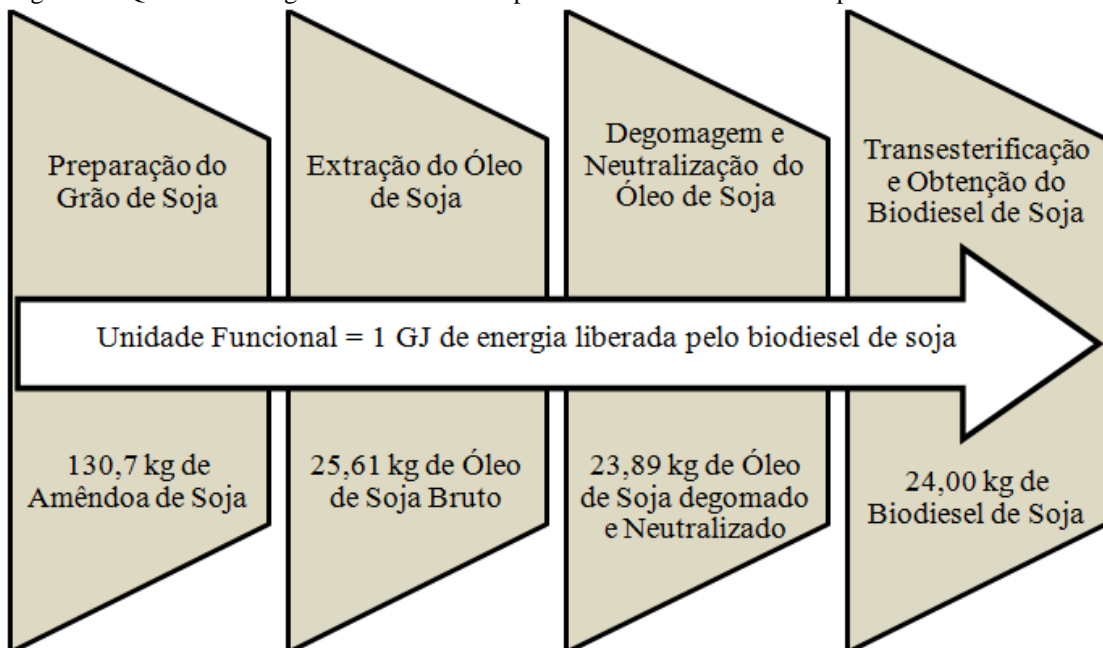
Nelas aparecem os inventários compatibilizados e normalizados para a unidade funcional, ou seja, para 1 GJ de energia liberado pelo biodiesel de soja. As tabelas 17 a 20 foram organizadas buscando demonstrar:

- Substâncias ou bens constituintes com as suas respectivas descrições nos processos;
- tipos de fluxo e sentidos destes (entrada/saída);
- quantidade, grandeza e unidade utilizada;
- valores máximos, mínimos e desvios quando existirem
- nível de confiabilidade e completeza dos dados obtidos através da pontuação baseada na matriz multiusuário, também conhecida como Pedigree.

Além das tabelas que serão apresentadas a seguir, o inventário se auxiliou da base de dados do Ecoinvent para complementar os fluxos mássicos e energéticos relativos aos processos de produção e transporte dos insumos que complementam o fluxo de referência do produto em questão.

Para termos de entendimento, a unidade funcional no decorrer das etapas passa por uma transformação iniciando-se como uma unidade de massa representada pelo grão de soja e finalizando com a própria unidade funcional em unidade de massa de biodiesel equivalente a esta quantidade energética. Para melhor entendimento, a unidade funcional encontra-se em **negrito**, nas tabelas 19 a 22, e segue o fluxograma apresentado na figura 30.

Figura 30: Quantidades e grandezas assumidas pela unidade funcional nas etapas da fase industrial



Fonte: Do autor

Tabela 19: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de preparação do grão de soja para extração do óleo.

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Grão de Soja	Soja colhida	Entrada	1,348E+02	1,044E+02	1,588E+02	sd	kg	119, 152	(2, 1, 1, 1, 2)
Energia Elétrica	Energia	Entrada	2,100E+01	2,096E+01	2,104E+01	sd	MJ	59, 74, 75, 76, 77, 147	(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Energia	Entrada	1,393E+01	9,515E+00	1,834E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Lenha	Energia	Entrada	2,580E+01	2,580E+01	2,580E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Fonte de Energia (FE)	Entrada	3,423E-01	2,339E-01	4,507E-01	sd	kg		(3, 3, 3, 4, 4)
Lenha	Fonte de Energia (FE)	Entrada	1,588E+00	1,299E+00	2,064E+00	sd	kg		(3, 3, 3, 4, 4)
Casca de soja	Tecnosfera	Saída	4,043E+00	3,132E+00	4,765E+00	sd	kg		74, 75, 76, 77, 156
Amêndoa de soja	Tecnosfera	Saída	1,307E+02	1,013E+02	1,541E+02	sd	kg		(2, 1, 1, 1, 2)
Óxidos de Enxofre (SO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	1,769E-02	1,217E-02	2,329E-02	sd	kg	47, 74, 75, 76, 77	(3, 3, 2, 4, 4)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Emissões queima	Saída	7,398E+00	5,910E+00	9,632E+00	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar – Emissões queima	Saída	9,218E-02	7,515E-02	1,198E-01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	1,213E-01	8,309E-02	1,598E-01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Ar – Emissões queima	Saída	1,109E-04	9,073E-05	1,442E-04	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Metano (CH ₄)	Ar – Emissões queima	Saída	7,739E-03	6,330E-03	1,006E-02	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)

Tabela 20: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de extração do óleo de soja.

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Energia Elétrica	Energia	Entrada	3,108E+01	3,102E+01	3,114E+01	sd	MJ	59, 74, 75, 76, 77, 147	(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Energia	Entrada	2,061E+01	1,408E+01	2,714E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Lenha	Energia	Entrada	3,818E+01	3,818E+01	3,818E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Fonte de Energia (FE)	Entrada	5,065E-01	3,461E-01	6,670E-01	sd	kg		(3, 3, 3, 4, 4)
Lenha	Fonte de Energia (FE)	Entrada	2,350E+00	1,922E+00	3,054E+00	sd	kg		(3, 3, 3, 4, 4)
Água	Lavagem e cozimento	Entrada	7,960E+01	3,894E+01	1,147E+02	2,456E+01	L	130	(2, 3, 2, 3, 2)
Hexano	Solvente de extração	Entrada	1,766E-01	1,367E-01	2,081E-01	sd	kg	74, 75, 76, 77, 156	(3, 3, 2, 2, 4)
Amêndoa de soja	Matéria-prima	Entrada	1,307E+02	1,013E+02	1,541E+02	sd	kg		(2, 1, 1, 1, 2)
Farelo	Tecnosfera	Saída	1,051E+02	8,142E+01	1,239E+02	sd	kg		(2, 1, 1, 1, 2)
Óleo de soja bruto	Tecnosfera	Saída	2,561E+01	1,904E+01	2,897E+01	sd	kg		(2, 1, 1, 1, 2)
Hexano	Ar - evaporação	Saída	1,766E-01	1,367E-01	2,081E-01	sd	kg		(3, 3, 2, 2, 4)
Água	Tecnosfera/Ar	Saída	7,009E+01	2,409E+01	1,109E+02	2,916E+01	L	130	(2, 3, 2, 3, 2)

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Água	Água	Saída	9,517E+00	3,808E+00	1,485E+01	4,598E+00	L	130	(2, 3, 2, 3, 2)
Óxidos de Enxofre (SO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	2,619E-02	1,801E-02	3,446E-02	sd	kg	47, 74, 75, 76, 77	(3, 3, 2, 4, 4)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Emissões queima	Saída	1,095E+01	8,747E+00	1,426E+01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar – Emissões queima	Saída	1,364E-01	1,112E-01	1,774E-01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Óxid. de Nitrogênio (NO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	1,796E-01	1,230E-01	2,364E-01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Ar – Emissões queima	Saída	1,642E-04	1,343E-04	2,134E-04	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Metano (CH ₄)	Ar – Emissões queima	Saída	1,145E-02	9,369E-03	1,489E-02	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
DBO	Água	Saída	5,516E-04	1,523E-05	1,633E-03	4,641E-04	kg	74, 75, 76, 77, 130	(1, 2, 2, 1, 1)
Dureza	Água	Saída	6,355E-04	1,375E-04	2,417E-03	5,126E-04	kg		(1, 2, 2, 1, 1)
Fósforo	Água	Saída	1,721E-05	8,758E-07	6,503E-05	1,311E-05	kg		(1, 2, 2, 1, 1)
Nitrogênio Total Kjeldahl	Água	Saída	6,099E-05	1,729E-05	1,826E-04	1,360E-05	kg		(1, 2, 2, 1, 1)
Óleos e Graxas	Água	Saída	2,774E-05	0,000E+00	8,017E-05	2,598E-05	kg		(1, 2, 2, 1, 1)
Sólidos Totais	Água	Saída	4,659E-04	3,808E-05	2,064E-03	4,266E-04	kg		(1, 2, 2, 1, 1)

Tabela 21: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de degomagem e neutralização do óleo de soja

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Ácido Fosfórico	Condicion. ácido	Entrada	8,358E-02	6,063E-02	9,581E-02	sd	kg	59, 74, 75, 76, 77, 125, 147	(3, 3, 3, 3, 2)
Energia Elétrica	Energia	Entrada	1,512E+01	1,509E+01	1,515E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Energia	Entrada	1,003E+01	6,851E+00	1,320E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Lenha	Energia	Entrada	1,857E+01	1,857E+01	1,857E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Fonte de Energia (FE)	Entrada	2,464E-01	1,684E-01	3,245E-01	sd	kg		(3, 3, 3, 4, 4)
Lenha	Fonte de Energia (FE)	Entrada	1,143E+00	9,352E-01	1,486E+00	sd	kg		(3, 3, 3, 4, 4)
Hidróxido de Sódio	Condicion. básico	Entrada	9,271E-01	7,102E-01	1,087E+00	sd	kg		(3, 3, 3, 3, 2)
Óleo de soja bruto	Matéria-prima	Entrada	2,561E+01	1,904E+01	2,897E+01	sd	kg	59, 74, 75, 76, 77, 156	(2, 1, 1, 1, 2)
Lecitina de soja	Tecnosfera	Saída	1,024E+00	7,933E-01	1,207E+00	sd	kg		(2, 3, 3, 1, 2)
Goma ou sabão	Tecnosfera	Saída	1,707E+00	1,322E+00	2,012E+00	sd	kg		(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo degomad./neutraliz.	Tecnosfera	Saída	2,389E+01	1,659E+01	2,804E+01	sd	kg		(2, 3, 3, 1, 2)
Óxidos de Enxofre (SO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	1,274E-02	8,761E-03	1,677E-02	sd	kg	47, 74, 75, 76, 77	(3, 3, 2, 4, 4)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Emissões queima	Saída	5,326E+00	4,255E+00	6,935E+00	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar – Emissões queima	Saída	6,637E-02	5,411E-02	8,628E-02	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Óxid. de Nitrogênio (NO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	8,737E-02	5,983E-02	1,150E-01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Ar – Emissões queima	Saída	7,986E-05	6,533E-05	1,038E-04	sd	kg	47, 74, 75, 76, 77	(3, 3, 2, 4, 4)
Metano (CH ₄)	Ar – Emissões queima	Saída	5,572E-03	4,558E-03	7,241E-03	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)

Tabela 22: Fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída na etapa de transesterificação e obtenção do biodiesel

Substância/Bem	Descrição/ Compartimento	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Unidade	Fonte	Pedigree
Energia Elétrica	Energia	Entrada	2,702E+00	1,493E+00	3,912E+00	sd	MJ	59, 74, 75, 76, 77, 125, 147	(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Energia	Entrada	8,069E-01	6,636E-01	9,503E-01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Lenha	Energia	Entrada	5,309E+01	5,303E+01	5,314E+01	sd	MJ		(2, 3, 3, 1, 2)
Óleo para caldeira	Fonte de Energia (FE)	Entrada	1,983E-02	1,631E-02	2,336E-02	sd	kg		(3, 3, 3, 4, 4)
Lenha	Fonte de Energia (FE)	Entrada	3,268E+00	2,670E+00	4,251E+00	sd	kg	(3, 3, 3, 4, 4)	
Hidróxido de sódio	Catalisador	Entrada	3,583E-01	2,489E-01	4,206E-01	sd	kg	12, 74, 75, 76, 77, 84	(2, 2, 2, 1, 2)
Metanol	Álcool reagente	Entrada	2,593E+00	1,801E+00	3,044E+00	sd	kg		(2, 1, 2, 1, 2)
Óleo degomad./neutralizado	Insumo	Entrada	2,389E+01	1,659E+01	2,804E+01	sd	kg	(2, 3, 3, 1, 2)	
Água	Lavagem no processo	Entrada	8,287E+01	5,756E+01	9,729E+01	sd	L	130	(2, 3, 2, 3, 2)
Biodiesel	Tecnosfera	Saída	2,400E+01	1,667E+01	2,817E+01	sd	kg	119,152	(2, 2, 2, 1, 2)
Glicerina	Tecnosfera	Saída	2,485E+00	1,726E+00	2,917E+00	sd	kg	12, 74, 75, 76, 77	(2, 3, 3, 1, 2)
Água	Tecnosfera/Ar	Saída	1,964E+01	1,364E+01	2,306E+01	sd	L	130	(2, 3, 2, 3, 2)
Água	Água	Saída	6,323E+01	4,392E+01	7,423E+01	sd	L		(2, 3, 2, 3, 2)
Óxidos de Enxofre (SO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	2,186E-03	1,792E-03	2,419E-01	sd	kg	47, 74, 75, 76, 77	(3, 3, 2, 4, 4)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Ar – Emissões queima	Saída	1,313E+01	1,073E+01	1,708E+01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Monóxido de Carbono (CO)	Ar – Emissões queima	Saída	1,859E-01	1,519E-01	2,419E-01	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Óxid. de Nitrogênio (NO _x)	Ar – Emissões queima	Saída	9,612E-03	7,890E-03	1,165E-02	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Ar – Emissões queima	Saída	2,283E-04	1,865E-04	2,970E-04	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
Metano (CH ₄)	Ar – Emissões queima	Saída	1,593E-02	1,301E-02	2,072E-02	sd	kg		(3, 3, 2, 4, 4)
DBO	Água	Saída	1,145E-03	sd	sd	sd	kg		74, 75, 76, 77, 130
Dureza	Água	Saída	8,840E-04	sd	sd	sd	kg	(1, 4, 2, 1, 1)	
Fósforo	Água	Saída	1,440E-04	sd	sd	sd	kg	(1, 4, 2, 1, 1)	
Nitrogênio Total Kjeldahl	Água	Saída	3,143E-05	sd	sd	sd	kg	(1, 4, 2, 1, 1)	
Óleos e Graxas	Água	Saída	1,080E-04	sd	sd	sd	kg	(1, 4, 2, 1, 1)	
Sólidos Totais	Água	Saída	7,602E-04	sd	sd	sd	kg	(1, 4, 2, 1, 1)	

5.5. INVENTÁRIO FASE INDUSTRIAL – DIMENSÃO ECONÔMICA

Os custos de produção do biodiesel estão divididos em duas etapas: obtenção do óleo de soja e produção do biodiesel. Diferentemente da fase agrícola onde os dados foram obtidos junto a uma única fonte (CONAB, 2014), os custos da fase industrial do biodiesel de soja rota metálica acabaram sendo gerados de diversas fontes. Todavia, algumas fontes acabaram predominando na construção destes custos de produção. Em termos de valores de insumos, destacam-se os dados obtidos junto ao Sistema de Análise das Informações no site do Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio (Aliceweb, 2014). Com relação aos custos de utilidades, os dados foram gerados a partir das tarifas obtidas junto a Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN, 2014), a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE, 2013) e junto aos indicadores econômicos da Fundação de Economia e Estatística (Plá, 2002) no que se referem as demais utilidades como, por exemplo, custo de energia gerado a partir do vapor de caldeira. Com relação às despesas administrativas e de pessoal tais informações acabaram sendo coletadas de forma predominante junto ao Anuário Brasileiro da Indústria Química (ABIQUIM, 2012). Com respeito aos custos de investimentos, a fim de gerar as despesas financeiras, custos fixos e renda de fatores, tais dados foram baseados em informações junto ao Anuário Brasileiro da Indústria Química (ABIQUIM, 2012), Santos (2008) e Zortea (2001). De BRASIL (2011) foram obtidos os custos que as usinas possuem com a manutenção do Selo Social. Por fim, com relação aos custos de transporte e armazenamento, tais dados foram retirados junto ao Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial da USP (ESALQ-LOG, 2014).

Além disso, como tais dados acabaram provindo de fontes diversas, o custo final obtido acabou sendo comparada a bibliografia publicada no que se refere a preços e custos do óleo de soja e do biodiesel de soja. Neste caso tomou-se para base de comparação os valores publicados por Barros et al. (2006) e Barros et al. (2009). Enquanto aqueles autores calculam um valor único para o óleo de soja produzido na região sul para uma planta de 100.000 toneladas por ano (incluindo impostos), os últimos autores citados discriminam os custos de produção do óleo de soja, já incluindo os custos de plantio; dos custos de produção do biodiesel também para a região sul. Todavia, Barros et al. (2009) coloca somente a condição de uma taxa de câmbio de R\$ 2,15 para cada dólar, sem mencionar escalas de planta. Portanto, a fim de poder harmonizar os valores e

torná-los comparáveis fizeram-se as seguintes premissas utilizando as condições utilizadas em cada um dos trabalhos citados:

- Lucro zero para a fase industrial
- Taxa de câmbio de R\$ 2,21 para cada dólar (taxa de câmbio praticado em 30 de junho de 2014)
- Valores corrigidos para junho de 2014 utilizando a taxa IGP-DI
- Não incidência de taxas e impostos.

Baseado então nestas premissas os valores corrigidos para o biodiesel de soja na região sul foram de R\$ 1,860/kg de biodiesel em Barros et al. (2009) e R\$ 2,134/kg de biodiesel em Barros et al. (2006). Além disso, o valor encontrado em Barros et al. (2009) é composto por R\$ 1,571 nas etapas de plantio e produção do óleo de soja e de R\$ 0,289 para a etapa de obtenção do biodiesel. Assim, para termos de comparação dos custos sugeridos por estes autores com relação aos valores encontrados neste trabalho, os mesmos são apresentados na tabela 23, a seguir.

Tabela 23: Custos de produção para o biodiesel de soja rota metflica na região sul do Brasil.

Custos em R\$/kg de biodiesel	Barros et al. (2009)	Barros et al. (2006)	Custos obtidos neste trabalho
Plantio + óleo de soja	1,571	2,134	1,621
Biodiesel	0,289		0,379
Total	1,860	2,134	2,000

Fonte: Do autor

Conforme pode se verificar, os custos levantados para este trabalho acabam sendo intermediários com uma variação entre 6 a 7% em relação aos custos apresentados por Barros et al. (2009) e Barros et al. (2006). Devido a diversidade de fontes de dados e fatores como oscilação dos preços de mercado, variações de câmbio, além da existência de mais de um fator de correção monetária, verifica-se que os valores calculados para os custos de produção encontram-se dentro de uma faixa admissível com relação aos valores considerados reais para o biodiesel de óleo de soja rota metflica e seus principais componentes na região sul do Brasil, mais especificamente para o estado do Rio Grande do Sul.

As tabelas 24 e 25 discriminam os custos para as etapas de produção do óleo de soja e de obtenção do biodiesel via rota metflica. A fim de poder comparar os mesmos com os custos obtidos para a fase agrícola, a estrutura de apresentação se assemelhará muito com a apresentada na tabela 17 (páginas 109).

Tabela 24: Despesas de custeio e custos envolvidos na produção do óleo de soja.

DISCRIMINAÇÃO (R\$)	R\$ / kg óleo de soja	R\$/GJ	PARTICIPAÇÃO.(%)	Fonte	Pedigree
I - DESPESAS DE CUSTEIO DA PRODUÇÃO					
1 - Operação com caldeira	0,104	2,488	10,60%	80, 138	(2,3,4,3,3)
2 - Energia Elétrica	0,244	5,835	24,86%	40	(2,3,1,2,2)
3 - Mão de obra	0,038	0,900	3,84%	62, 138, 153	(3,4,3,3,3)
4 - Hexano	0,018	0,432	1,84%	59, 164	(3,3,1,2,3)
5 - Ácido Fosfórico	0,008	0,186	0,79%		(3,3,1,2,3)
6 - Hidróxido de Sódio	0,045	1,078	4,59%		(3,3,1,2,3)
7 - Água	0,013	0,306	1,31%	58	(2,3,1,1,2)
8 - Lecitina de soja	-0,143	-3,416	-14,55%	1, 17, 164	(2,3,1,2,3)
9 - Goma ou sabão	0,054	1,300	5,54%		(4,5,1,3,4)
10 - Farelo de soja	-4,014	-95,904	-408,54%		(2,3,1,2,3)
11 - Trat. Efluente e Res. Sólidos	0,001	0,026	0,11%	2, 58, 191	(2,3,1,1,3)
12 - Demais Despesas	0,021	0,503	2,14%	58, 191	(4,4,1,2,4)
TOTAL CUSTEIO PROD. (A)	0,546	13,055	55,61%		
II - OUTRAS DESPESAS					
13 - Transporte Externo	0,012	0,292	1,24%	41, 71	(2,2,1,1,3)
14 - Despesas Administrativas	0,021	0,508	2,17%	2, 153, 191	(3,4,4,3,3)
15 - Despesas de Armazenagem	0,030	0,725	3,09%	2, 71, 153	(2,3,3,3,3)
16 - Frete de grãos	0,003	0,083	0,35%	41, 71	(3,2,1,1,3)
17 - Seguros	0,003	0,072	0,31%	2, 191	(4,4,1,2,4)
18 - Treinamento/Assist. Técnica	0,010	0,234	1,00%		(2,3,1,2,3)
19 - Outros Impostos/Taxas	0,000	0,000	0,00%		-
TOTAL OUTRAS DESPESAS (B)	0,080	1,915	8,16%		
III - DESPESAS FINANCEIRAS					
20 - Juros do Financiamento	0,038	0,910	3,88%	107, 191	(3,4,1,3,4)
TOTAL DESP. FINANCEIR.(C)	0,038	0,91	3,88%		
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C=D)	0,665	15,88	67,65%		
IV - DEPRECIACÕES					
21 - Depreciação de benf./instal.	0,000	0,000	0,00%	2, 107	(3,4,2,3,4)
22 - Depreciação de Equipamentos	0,015	0,362	1,54%		(3,4,2,3,4)
TOTAL DE DEPRECIAC. (E)	0,015	0,36	1,54%		
V - OUTROS CUSTOS FIXOS					
23 - Manutenção Periódica	0,009	0,217	0,93%	2, 107, 138, 153	(3,4,2,3,4)
24 - Encargos Sociais	0,030	0,720	3,07%		(3,4,1,3,4)
25 - Outros	0,008	0,180	0,77%		(3,4,1,3,4)
TOTAL OUTR. CUST. FIXOS (F)	0,047	1,12	4,76%		
CUSTO FIXO (E+F=G)	0,062	1,480	6,31%		
CUSTO OPERACIONAL (D+G=H)	0,727	17,360	73,95%		
VI - RENDA DE FATORES					
26 - Remuner. esperada s/ cap. fixo	0,064	1,540	6,56%	2, 107,153, 191	(3,4,3,3,3)
27 - Despesas com vendas	0,000	0,000	0,00%		-
28 - Aluguéis	0,191	4,575	19,49%		(3,3,1,2,3)
TOTAL RENDA DE FATOR (I)	0,256	6,114	26,05%		
CUSTO TOTAL (H+I=J)	0,983	23,475	100,00%		

Data: 30 de junho de 2014

Fonte: Do autor

Tabela 25: Despesas de custeio e custos envolvidos na obtenção do biodiesel a partir do óleo de soja.

DISCRIMINAÇÃO (R\$)	R\$ / kg biodiesel	R\$/GJ	PARTICIPAÇÃO (%)	Fonte	Pedigree
I - DESPESAS DE CUSTEIO DA PRODUÇÃO					
1 - Operação com caldeira	0,044	1,060	9,97%	80, 138	(2,3,4,3,2)
2 - Energia Elétrica	0,010	0,235	2,21%	40	(2,3,1,2,2)
3 - Mão de obra	0,011	0,261	2,46%	62, 138, 153	(3,4,3,3,2)
4 - Metanol	0,123	2,970	27,94%	2, 138, 164	(2,2,1,2,2)
5 - Hidróxido de Sódio	0,018	0,417	3,92%	59, 164	(2,2,1,2,3)
6 - Água	0,013	0,319	3,00%	58	(2,4,1,1,2)
7 - Glicerina	-0,078	-1,861	-17,51%	1, 17, 164	(2,2,1,4,3)
8- Tratamento Efluente e Resíduos Sólidos	0,002	0,053	0,50%	2, 58, 191	(2,3,1,1,3)
9 - Demais Despesas	0,002	0,266	2,50%	58, 191	(4,4,1,2,4)
TOTAL CUST. PRODUÇÃO (A)	0,155	3,719	34,99%		
II - OUTRAS DESPESAS					
10 - Transporte Externo	0,024	0,580	5,46%	41, 71	(2,2,1,1,3)
11 - Despesas Administrativas	0,021	0,498	4,69%	2, 153, 191	(3,4,4,3,3)
12 - Seguros	0,001	0,031	0,29%	2, 191	(4,4,1,2,4)
13 - Treinamento/Assist. Técnica	0,004	0,098	0,93%		(2,3,1,2,3)
14 - Outros Impostos/Taxas	0,000	0,000	0,00%		-
15 - Selo Social	0,037	0,899	8,46%	1, 28	(3,3,1,2,2)
TOTAL OUTRAS DESPESAS (B)	0,088	2,107	19,82%		
III - DESPESAS FINANCEIRAS					
16 - Juros do Financiamento	0,016	0,388	3,65%	107, 191	(3,4,1,3,4)
TOTAL DESP. FINANC. (C)	0,016	0,388	3,65%		
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C=D)	0,259	6,214	58,47%		
IV - DEPRECIACIONES					
17 - Depreciação de benfeitorias/instalações	0,000	0,000	0,00%	2, 107	(3,4,2,3,4)
18 - Depreciação de Equipamentos	0,040	0,963	9,06%		(3,4,2,3,4)
TOTAL DE DEPRECIAC. (E)	0,040	0,963	9,06%		
V - OUTROS CUSTOS FIXOS					
19 - Manutenção Periódica Benfeit./Instalações	0,005	0,120	1,13%	2, 107, 138, 153	(3,4,2,3,4)
20 - Encargos Sociais	0,010	0,231	2,17%		(3,4,1,3,4)
21 - Outros	0,002	0,058	0,54%		(3,4,1,3,4)
TOTAL OUTR. CUST. FIXOS (F)	0,017	0,409	3,84%		
CUSTO FIXO (E+F=G)	0,057	1,372	12,90%		
CUSTO OPERAC. (D+G=H)	0,316	7,586	71,37%		
VI - RENDA DE FATORES					
22 - Remuneração esperada sobre o capital fixo	0,064	1,546	14,55%	2, 107,153, 191	(3,4,3,3,3)
23 - Despesas com vendas	0,000	0,000	0,00%		-
24 - Aluguéis	0,062	1,497	14,08%		(3,3,1,2,3)
TOTAL RENDA DE FATOR. (I)	0,127	3,043	28,63%		
CUSTO TOTAL (H+I=J)	0,443	10,629	100,00%		

Data: 30 de junho de 2014

Fonte: Do autor

5.6. INVENTÁRIO FASE INDUSTRIAL – DIMENSÃO SOCIAL

Baseado nas informações que puderam ser evidenciadas seguindo o método descrito no item 4.3.2.c deste trabalho, fez-se um agrupamento das mesmas para cada uma das empresas produtoras de biodiesel no RS. Tais informações foram relacionadas às partes interessadas: trabalhadores, comunidade local/sociedade e atores da cadeia de valor. As tabelas 26, 27 e 28 apresentam as informações evidenciadas, coletadas e agrupadas conforme sua relação com cada uma das partes interessadas.

Tabela 26: Informações evidenciadas para a parte interessada Trabalhadores

Empresa	Inventário parte interessada: Trabalhadores
Bianchini	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas, SIPAT, Palestras focadas em riscos crescentes, Informativo Bianchini, Projeto Semeando o Futuro, Boas Práticas de Fabricação.
Bocchi	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas.
BS BIOS	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas, Destaque Inovação em Engenharia, Prêmio Top Ser Humano, Prêmio SESI Qualidade no Trabalho, Boas Práticas de Fabricação, Certificação Internacional de Sustentabilidade ISCC (processo produtivo).
Camera	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas, Política de Responsabilidade Social, Programa Saúde e Bem Estar, Projeto Sorriso, Comunicação Interna em Primeira Mão, Programa de Boas Práticas de Fabricação, Programa de Bolsa de Estudos, Participação nos Resultados, Homenagem por Tempo de Serviço, Política de Relacionamento Humano, Código de Ética, Plano de Carreira Prosperar.
Fuga	Certidão Positiva de Débitos Trabalhistas, Certificação Internacional de Sustentabilidade ISCC.
Granol	Certidão Positiva de Débitos Trabalhistas, Informativo Granol, Ação 3R's.
Oleoplan	Certidão Positiva de Débitos Trabalhistas.
Olfar	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas, Certificação Internacional de Sustentabilidade ISCC (processo produtivo), SIPAT, Prêmio Sustentabilidade Sindiquim, Brigada Ambiental.
Três Tentos	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas.

Fonte: Do autor

Tabela 27: Informações evidenciadas para as partes interessadas Comunidade Local e Sociedade

Empresa	Inventário parte interessada: Comunidade Local e Sociedade.
Bianchini	Tratamento Ambiental.
Bocchi	Sem evidências.
BS BIOS	Projeto Social Lar Emiliano Lopes, Projeto Transformação, Projeto APAE Passo Fundo, Natal da CooperAção, Projeto Jovem Aprendiz, Projeto Som da Banda, Projeto Linha Verde, Certificação Internacional de Sustentabilidade ISCC (gases efeito estufa).

Empresa	Inventário parte interessada: Comunidade Local e Sociedade.
Camera	Programa para Pessoas Especiais, Política de Responsabilidade Social, Programa Jovem Aprendiz, Pontuais de Voluntários e Campanhas, Política de Relacionamento Humano, Código de Ética, Painel de Vagas, Programa de Estágio na Área Técnica.
Fuga	Fundação José Fuga.
Granol	Informativo Granol, Folheto Supergranolzinho, Gincana Mobilização,
Oleoplan	Projeto de Culturas Alternativas, Projeto Coleta Óleo de Fritura, Projeto Reciclagem.
Olfar	Efluente Zero, Reflorestamento, Campanha do Agasalho, Ação Voluntária para Limpeza dos Rios, Projeto Socioambiental p/ Coleta de Óleo de Cozinha Usado.
Três Tentos	Projeto Gibi Vencedor, Semeando um Mundo Melhor, Dia de Campo Infantil, Campanhas de Recolhimento de Embalagens de Agrotóxicos, Espaço Kids.

Fonte: Do autor

Tabela 28: Informações evidenciadas para a parte interessada Atores da Cadeia de Valor

Empresa	Inventário parte interessada: Atores da Cadeia de Valor
Bianchini	Selo Social, Agricultura Familiar, Dia de Campo.
Bocchi	Selo Social
BS BIOS	Selo Social, Certificação Internacional de Sustentabilidade ISCC (processo produtivo)
Camera	Selo Social, Programa Bom Condutor, Política de Responsabilidade Social, Periódicas com Companhias Parceiras, Política de Relacionamento Humano, Código de Ética, Programa de Fomento a Agricultura Familiar.
Fuga	Selo Social, Certificação Internacional de Sustentabilidade ISCC (processo produtivo).
Granol	Selo Social, Declaração de Princípios.
Oleoplan	Selo Social, Projeto Agricultura Familiar.
Olfar	Selo Social, Efluente Zero, Certificação Internacional de Sustentabilidade ISCC (processo produtivo), Informativo para o Produtor, Dia de Campo, Patrocínio da Feira de Agricultura Familiar.
Três Tentos	Selo Social.

Fonte: Do autor

Mais uma vez, de posse das informações evidenciadas, coletadas e agrupadas, foi realizada uma valoração e conversão destes dados para a escala de avaliação sugerida na Tabela 8. Esta conversão foi baseada na interpolação dos valores, determinando a pontuação de 1000 (mil) para o melhor caso e de 0 (zero) para o pior caso. O resultado da valoração e conversão dos resultados do questionário estão apresentados na tabela 29 a seguir.

Tabela 29: Resultado da valoração das informações sociais evidenciadas junto as usinas de biodiesel – fase Industrial

Usina \ Parte Interessada	Trabalhadores	Comunidade Local/Sociedade	Atores da Cadeia de Valor
BIANCHINI	500	500	500
BOCCHI	500	0	500
BSBIOS	1000	500	1000
CAMERA	1000	1000	1000
FUGA COUROS	0	1000	1000
GRANOL	0	500	500
OLEOPLAN	0	500	500
OLFAR	1000	500	1000
TRÊS TENTOS	500	500	500

5.7. INVENTÁRIO FASES DE TRANSPORTE E USO – DIMENSÃO AMBIENTAL

Com relação aos dados relativos a estas fases foram levantadas as seguintes informações.

- Fase de Transporte: raio de captação da soja (distância área de colheita – silos), distância silos-esmagadoras, distância esmagadoras-usinas e distância usinas-refinaria. Os dados e informações estão apresentados na tabela 30.

Tabela 30: Distâncias médias consideradas para termos de cálculo das emissões geradas durante a fase de transporte

Trajeto	Distância média (km)	Observações
Área de colheita até o Silo	20	Considerado o raio médio de captação da soja – Cunha (2008)
Silo até Esmagadoras	134	Distância entre o ponto médio de localização dos 23 municípios produtores e o ponto médio de localização das esmagadoras/usinas (ponderando pela produção de soja dos municípios e pela produção de biodiesel das Usinas)
Esmagadoras até Usinas	0	Foi considerado que todas esmagadoras encontram-se instaladas junto às Usinas
Usinas até Refinaria	203	Média das distâncias entre as Usinas e a Refinaria Alberto Pasqualini (ponderando pela produção de cada uma das Usinas)

Fonte: Do autor

Além disso, o estudo contempla a logística e transporte dos insumos utilizados durante o ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metflica.

A respeito dos insumos utilizados durante a fase agrícola, realizou-se uma busca junto ao Ministério da Agricultura o qual não se obteve um maior sucesso no que se refere as informações da origem individualizada destes produtos. Somado a isso os

fluxos de fungicidas e inseticidas utilizados para calcular os impactos acabaram sendo representado de forma não especificada, o que também dificulta uma rastreabilidade da logística destes produtos. Maciel (2014) levanta a questão do problema do descaminho e contrabando de insumos agrícolas, principalmente com relação aos pesticidas que acabam inviabilizando uma rastreabilidade de compra destes produtos. Desta forma este mesmo autor tomou como base uma distância padrão de 300km e através de uma análise de sensibilidade dos impactos resultantes desta distância padrão verificou que tal premissa não repercute em maiores influências nos resultados de impactos avaliados. Desta forma, os insumos agrícolas acabaram tendo como premissa esta distância padrão para efeitos de impacto na etapa de logística e transporte.

No que diz respeito à fase industrial, baseado em consulta ao Anuário Brasileiro da Indústria Química (ABIQUIM, 2012) e ao Sistema de Análise das Informações no site do Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio (Aliceweb, 2014), verificou-se que 4 (quatro) insumos são majoritariamente importados, são eles: hexano, ácido fosfórico, hidróxido de sódio e metanol. Portanto, a fim de determinar os países de origem, distâncias envolvidas (marítima e terrestre) e portos que recebem tais produtos, determinou-se como premissa de corte para determinação dos dados, um volume que atinja mais da metade do total importado, selecionando então as maiores contribuições dentro desta faixa de corte. Baseado neste requisito, a tabela 31 a seguir apresenta para cada insumo os países de importação, os portos brasileiros que recebem estes insumos e as distâncias marítimas e terrestres envolvidas até a chegada dos mesmos às esmagadoras de soja e usinas de biodiesel no estado do Rio Grande do Sul. Para o caso do hidróxido de sódio as unidades funcionais estão divididas para as etapas de produção do óleo de soja* e de transesterificação do biodiesel**. No caso dos demais insumos foi considerado uma distância padrão de 300 km.

Por fim, com relação à determinação do meio de transporte utilizado, as duas empresas de transporte e logística pesquisadas possuem os seguintes equipamentos (frota) a disposição para a realização do transporte de grãos e grânéis líquidos.

Frota para transporte dos grânéis líquidos: bitrens alumínio 52.000 L, bitrens aço inox 45.000 e 48.000 L, bitrens aço carbono 45.000 e 48.000 L, carretas 3 eixos distanciados aço inox 45.000 L, carretas 3 eixos aço inox e alumínio de 35.000, 36.000, 37.000 e 40.000 L, carretas vaso pressão 48.000 L e caminhões Truck Bob Tail 15.000 e 21.000 L. (Fonte: <http://www.sulcargo.com.br>, acesso em julho de 2014).

Frota para transporte de grãos: caminhões com semi-reboques graneleiros com 12,40m de comprimento e capacidade para até 26 toneladas de mercadoria e caminhões rodo-trem 12,60m com capacidade para transportar até 50 toneladas e caminhões semi-reboque sider rebaixado com capacidade para acomodar 110m³ de mercadoria. (Fonte: <http://www.letsara.com.br>, acesso em julho de 2014).

Tabela 31: Dados de importação de insumos usados na fase industrial do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS.

Insumo	País de origem ⁽¹⁾	Portos de recebimento ⁽¹⁾	Distância marítima (km) ⁽²⁾	Unidade Funcional (t.km)	Distância terrestre (km) ⁽³⁾	Unidade Funcional (t.km)
Hexano	Estados Unidos	Rio Grande-RS	10.200	1,80092	500	0,08828
Ácido Fosfórico	Estados Unidos	Santos-SP	9.300	0,77734	1.100	0,09194
Hidróxido de Sódio	Estados Unidos	Barcarena-PA e São Luís-MA	5.600	5,19149* e 2,00652**	3.700	3,43009* e 1,32574**
Metanol	Nova Zelândia, Trinidad e Tobago, Venezuela	Paranaguá-PR	8.200	21,26369	750	1,94485

Fonte: ⁽¹⁾SISTEMA DE ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DE COMÉRCIO EXTERIOR (ALICEWEB). Disponível em: <<http://aliceweb2.mdic.gov.br/>>. Acesso em Julho de 2014.

⁽²⁾ SEA-DISTANCES>ORG. Disponível em: <<http://www.sea-distances.org>>. Acesso em Agosto de 2014.

⁽³⁾ GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br>>. Acesso em Agosto de 2014.

Baseado nestas informações, este estudo optou pelos caminhões com capacidade acima de 20 toneladas de carga. Além disso, dentro das opções oferecidas pelo software Simapro, verificou-se que a característica média das frotas aqui descritas se aproxima mais do fluxo de transporte denominado: caminhões EURO3.

- Fase de Uso: perfil de gases emitidos por um veículo biodiesel considerando a unidade funcional determinada. Os dados e informações estão apresentados na tabela 32.

Tabela 32: Fluxos de entrada e saída na etapa de uso do biodiesel de soja rota metílica

Substância/Bem	Ent./Saída	Qtidade Média	Mínimo	Máximo	Unidade	Fonte	Pedigree
Biodiesel	Entrada	2,400E+01	1,667E+01	2,817E+01	kg	119, 152	(2, 2, 2, 1, 2)
Energia	Saída	1,000E+00			GJ		
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Saída	1,085E+02	6,840E+01	1,694E+02	kg	42, 112, 123, 180	(3, 3, 4, 3, 4)
Monóxido de Carbono (CO)	Saída	1,469E-01	4,728E-02	2,311E-01	kg		(3, 3, 4, 3, 4)
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Saída	1,085E+00	7,153E-01	1,547E+00	kg		(3, 3, 4, 3, 4)

Fonte: Do autor

5.8. INVENTÁRIO FASES DE TRANSPORTE E USO – DIMENSÃO ECONÔMICA

No que diz respeito a questão de custos os mesmos já se encontram descritos nas tabelas 17 (página 109), 24 (página 122) e 25 (página 123). Tais tabelas apesar de apresentarem os custos referentes às fases agrícola e industrial, elas também acabam contemplando os custos de transporte da colheita até o silo (tabela 17, página 109), os custos de frete do silo até a esmagadora/usina (tabela 24, página 122) e os custos de frete da esmagadora/usina até a refinaria (tabela 25, página 123). No que diz respeito aos custos de frete dos insumos, tais valores já se encontram incorporados nos valores dos próprios insumos, custos também apresentados nestas mesmas tabelas. Tais custos foram tratados de forma conjunta com as fases agrícola e industrial, pois alguns destes custos foram apresentados de forma agregada aos demais custos de produção no ciclo de vida do biodiesel de soja. Desta forma como a divisão destes custos pode ser realizada de mais de uma forma, o autor decidiu por manter tais custos agregados as fases agrícola e industrial.

5.9. INVENTÁRIO FASES DE TRANSPORTE E USO – DIMENSÃO SOCIAL

Baseado nas informações que puderam ser evidenciadas seguindo o método descrito no item 4.3.2.d deste trabalho, fez-se um agrupamento das mesmas. Tais informações foram relacionadas às partes interessadas: trabalhadores, comunidade local/sociedade e atores da cadeia de valor. As tabelas 33, 34 e 35 apresentam as informações evidenciadas, coletadas e agrupadas conforme sua relação com cada uma das partes interessadas. Vale destacar que as informações estão relacionadas a uma empresa de logística de grãos (transporte e armazenamento) e uma empresa de logística de energia (granéis líquidos). Com relação às informações buscadas junto aos sindicatos através do envio de questionários, não se obteve qualquer resposta destes sindicatos.

Tabela 33: Informações evidenciadas relacionadas a parte interessada Trabalhadores

Empresa	Inventário parte interessada: Trabalhadores
Empresa de Logística de Grãos - Letsara	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas, Programas de Capacitação
Empresa de Logística de Energia - Sulcarga	Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas, Programa Transporte Responsável, Programa Olho Vivo, Programa Bom Dia Segurança, Programa Diz Não as Dependências, Certificado SASSMAQ

Fonte: Do autor

Tabela 34: Informações evidenciadas relacionadas a parte interessada Comunidade Local e Sociedade

Empresa	Inventário parte interessada: Comunidade Local e Sociedade
Empresa de Logística de Grãos - Letsara	Projetos Culturais, Projeto Ecosocial, Campanha de doações, Licenças da ANTT e FEPAM
Empresa de Logística de Energia - Sulcarga	Programa na Mão Certa, Certificado Acidente Zero, Licenças da ANTT, FEPAM e IBAMA

Fonte: Do autor

Tabela 35: Informações evidenciadas relacionadas a parte interessada Atores da Cadeia de Valor

Empresa	Inventário parte interessada: Atores da cadeia de Valor
Empresa de Logística de Grãos - Letsara	Sem evidências
Empresa de Logística de Energia - Sulcarga	Certificado ISO 9001, Certificado SASSMAQ

Fonte: Do autor

No caso da etapa de transporte, seguiu-se o mesmo procedimento realizado para a fase industrial. Dessa maneira, as informações evidenciadas, coletadas e apresentadas nas tabelas 33 a 35, foram valoradas e convertidos dados para a escala de avaliação sugerida na Tabela 8. O resultado da valoração e conversão dos resultados do questionário estão apresentados na tabela 36 a seguir.

Tabela 36: Resultado da valoração das informações sociais evidenciadas junto as empresas de logística – etapa de transporte

Empresa \ Parte Interessada	Trabalhadores	Comunidade Local/Sociedade	Atores da Cadeia de Valor
Logística de Energia - Sulcarga	500	500	500
Logística de Grãos - Letsara	500	500	0

5.10. INVENTÁRIO MACROINDICADORES SÓCIO-ECONÔMICOS

Com o objetivo de enriquecer a interpretação final e auxiliar no entendimento dos impactos gerados pela ASCV do biodiesel de soja no RS, realizou-se um levantamento de dados sócio-econômicos relacionados aos municípios gaúchos que apresentem alguma relação com os dados levantados neste trabalho. Desta forma foram levantados dados a respeito do PIB, IDESE, IDH, coeficiente de Gini e estrutura do valor adicionado bruto dos municípios que atualmente sediam as usinas de biodiesel no RS e dos municípios onde se baseou o inventário da fase agrícola construído especificamente para este trabalho. No total trata-se de 27 municípios onde 5 destes acabam participando tanto da fase agrícola como na fase industrial do ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho. Além disso, tais informações foram agrupadas nos municípios que integram a

fase agrícola e nos municípios que integram a fase industrial. Por fim, geraram-se também índices médios da fase agrícola e da fase industrial baseado na média dos valores dos municípios integrantes de cada fase. Os dados sócio-econômicos destes municípios estão apresentados nas tabelas 37, 38 e 39.

Tabela 37: Dados de IDH de municípios gaúchos e valores médios dos municípios integrantes da fase agrícola e industrial do biodiesel de soja

Cidade	Ranking IDH (2010)			
	IDHM Renda	IDHM Longevidade	IDHM Educação	IDHM Geral
Boa Vista do Cadeado	0,692	0,851	0,590	0,703
Cachoeira do Sul	0,739	0,854	0,648	0,742
Camargo	0,762	0,854	0,612	0,736
Canoas	0,768	0,864	0,636	0,750
Capão do Cipó	0,639	0,860	0,552	0,672
Chapada	0,752	0,849	0,679	0,757
Cruz Alta	0,754	0,858	0,653	0,750
Dois Irmãos das Missões	0,646	0,797	0,585	0,670
Erechim	0,782	0,833	0,716	0,776
Espumoso	0,747	0,884	0,677	0,765
Giruá	0,707	0,842	0,629	0,721
Ibirubá	0,786	0,848	0,671	0,765
Ijuí	0,786	0,858	0,707	0,781
Jóia	0,671	0,841	0,572	0,686
Júlio de Castilhos	0,733	0,833	0,602	0,716
Lagoa Vermelha	0,734	0,885	0,620	0,738
Marau	0,773	0,857	0,699	0,774
Muitos Capões	0,711	0,873	0,558	0,702
Palmeira das Missões	0,722	0,831	0,667	0,737
Passo Fundo	0,787	0,849	0,699	0,776
Rondinha	0,780	0,842	0,678	0,764
Santa Bárbara do Sul	0,716	0,841	0,634	0,725
Santo Augusto	0,753	0,840	0,637	0,739
São Luiz Gonzaga	0,718	0,855	0,664	0,741
São Miguel das Missões	0,674	0,821	0,537	0,667
Tupanciretã	0,721	0,828	0,596	0,709
Veranópolis	0,797	0,838	0,692	0,773
Fase Agrícola	0,728	0,848	0,633	0,730
Fase Industrial	0,767	0,853	0,659	0,755
Melhor Caso	0,867	0,890	0,754	0,805
Pior Caso	0,601	0,766	0,385	0,587

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013)

Tabela 38: Dados de PIB, coeficiente de Gini e valor adicionado bruto por setor dos municípios gaúchos e valores médios dos municípios integrantes da fase agrícola e industrial do biodiesel de soja

Cidade	PIB per capita (R\$/pessoa)	Coeficiente de Gini	Valor Adicionado Bruto (%)		
			Agro	Indústria	Serviços
Boa Vista do Cadeado	34.240	0,4113	56,37	2,92	40,72
Cachoeira do Sul	16.397	0,5428	14,13	25,97	59,90
Camargo	23.588	0,3874	47,62	8,33	44,06
Canoas	51.070	0,5178	0,03	37,71	62,26
Capão do Cipó	36.740	0,5292	51,33	13,35	35,32
Chapada	22.575	0,4629	41,84	8,39	49,77
Cruz Alta	27.185	0,5419	5,96	16,33	77,70
Dois Irmãos das Missões	25.948	0,5237	52,04	10,33	37,63
Erechim	25.751	0,4869	1,72	38,44	59,84
Espumoso	19.114	0,4960	22,15	12,29	65,56
Giruá	24.219	0,5377	23,08	24,64	52,28
Ibirubá	30.833	0,4922	16,33	18,96	64,71
Ijuí	23.028	0,5740	5,65	13,78	80,57
Jóia	23.312	0,5662	49,66	3,81	46,53
Júlio de Castilhos	21.619	0,5990	30,59	6,73	62,68
Lagoa Vermelha	18.260	0,5135	18,66	20,27	61,07
Marau	34.569	0,4389	9,13	49,89	40,98
Muitos Capões	72.354	0,5072	73,54	3,12	23,34
Palmeira das Missões	18.997	0,5304	25,13	17,63	57,24
Passo Fundo	24.619	0,5307	1,80	16,83	81,37
Rondinha	16.248	0,4709	43,86	6,85	49,29
Santa Bárbara do Sul	29.654	0,4969	35,12	7,55	57,33
Santo Augusto	18.210	0,5793	25,86	10,07	64,07
São Luiz Gonzaga	15.887	0,5034	20,72	14,92	64,36
São Miguel das Missões	27.604	0,5551	56,94	2,82	40,25
Tupanciretã	23.276	0,5839	31,29	9,26	59,46
Veranópolis	31.702	0,4836	4,32	52,51	43,17
Fase Agrícola	26.299	0,5212	14,12	18,47	67,41
Fase Industrial	33.564	0,5038	2,32	32,26	65,42
Melhor Caso	223.848	0,7248	73,54	77,65	86,40
Pior Caso	7.019	0,2841	0,03	2,82	21,18

Fonte: DATASUS (2010) & IBGE (2013a)

Tabela 39: Dados de IDESE de municípios gaúchos e valores médios dos municípios integrantes da fase agrícola e industrial do biodiesel de soja

Cidade	IDESE (2009)				
	Educação	Renda	Saneamento	Saúde	Geral
Boa Vista do Cadeado	0,853	0,948	0,116	0,849	0,692
Cachoeira do Sul	0,865	0,739	0,569	0,809	0,746
Camargo	0,851	0,810	0,063	0,845	0,642
Canoas	0,871	0,978	0,662	0,851	0,840
Capão do Cipó	0,878	0,876	0,120	0,865	0,685
Chapada	0,902	0,808	0,286	0,868	0,716
Cruz Alta	0,897	0,916	0,628	0,846	0,822
Dois Irmãos das Missões	0,827	0,767	0,067	0,837	0,625
Erechim	0,883	0,831	0,680	0,842	0,809
Espumoso	0,845	0,802	0,435	0,873	0,739
Giruá	0,906	0,825	0,459	0,862	0,763
Ibirubá	0,880	0,922	0,423	0,888	0,778
Ijuí	0,933	0,862	0,638	0,841	0,819
Jóia	0,836	0,824	0,271	0,851	0,695
Júlio de Castilhos	0,852	0,874	0,491	0,853	0,768
Lagoa Vermelha	0,835	0,780	0,753	0,830	0,799
Marau	0,860	0,816	0,580	0,844	0,775
Muitos Capões	0,813	0,879	0,217	0,831	0,685
Palmeira das Missões	0,841	0,797	0,531	0,852	0,755
Passo Fundo	0,877	0,859	0,654	0,807	0,799
Rondinha	0,909	0,704	0,535	0,882	0,758
Santa Bárbara do Sul	0,887	0,918	0,485	0,846	0,784
Santo Augusto	0,924	0,809	0,489	0,826	0,762
São Luiz Gonzaga	0,880	0,744	0,619	0,870	0,778
São Miguel das Missões	0,816	0,833	0,388	0,856	0,723
Tupanciretã	0,827	0,901	0,522	0,848	0,774
Veranópolis	0,877	0,760	0,630	0,870	0,785
Fase Agrícola	0,867	0,835	0,447	0,849	0,750
Fase Industrial	0,871	0,840	0,514	0,837	0,766
Melhor Caso	0,987	0,978	0,816	0,939	0,858
Pior Caso	0,746	0,448	0,038	0,792	0,542

Fonte: FEE (2009)

5.11. IMPACTOS – DIMENSÃO AMBIENTAL

Uma vez obtido todos os fluxos mássicos e energéticos, envolvidos no ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica, foi possível calcular os impactos ambientais seguindo as metodologias conforme apresentado na tabela 5 (página 86) do item 4.4 deste trabalho.

Como a produção do biodiesel de soja gera mais de um produto, os impactos seguiram o procedimento de alocação, conforme já explicado no item 4.3.5 e Figura 16 (página 83) deste mesmo trabalho. Desta forma, utilizando os dados gerados pelos inventários e por Grisoli et al. (2012) chegou-se aos seguintes fatores de alocação conforme apresentado na tabela 40.

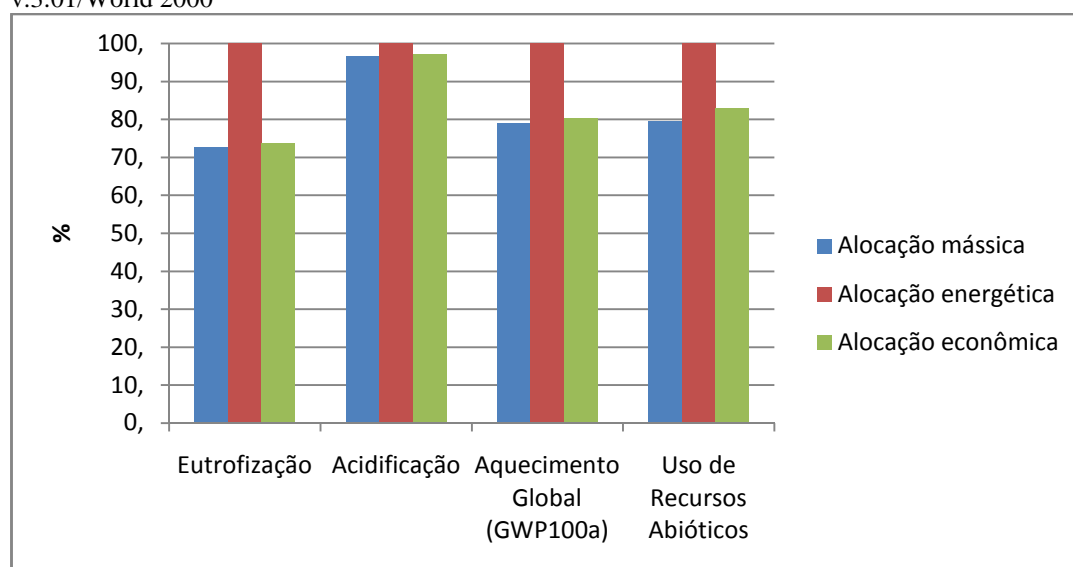
Tabela 40: Fatores de alocação para o biodiesel de soja

Processo	Produtos	Fatores de Alocação		
		Mássica	Energética	Econômica
Extração	Farelo e Lecitina de Soja	78,8%	75%	81%
	Óleo de Soja	18,2%	25%	19%
Transesterificação	Biodiesel	90,6%	95%	85%
	Glicerina	9,4%	5%	15%

Fonte: Do autor

De posse destes fatores de alocação, foi possível verificar a diferença no resultado dos impactos gerados pelas metodologias citadas na tabela 5. O comparativo dos impactos utilizando os fatores de alocação da tabela 36 e as metodologias citadas na tabela 4 estão apresentados nas figuras 31 a 35³, a seguir.

Figura 31: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método CML-IA baseline v.3.01/World 2000



³Fonte: do Autor

Figura 32: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método IMPACT 2002+ v.2.11.

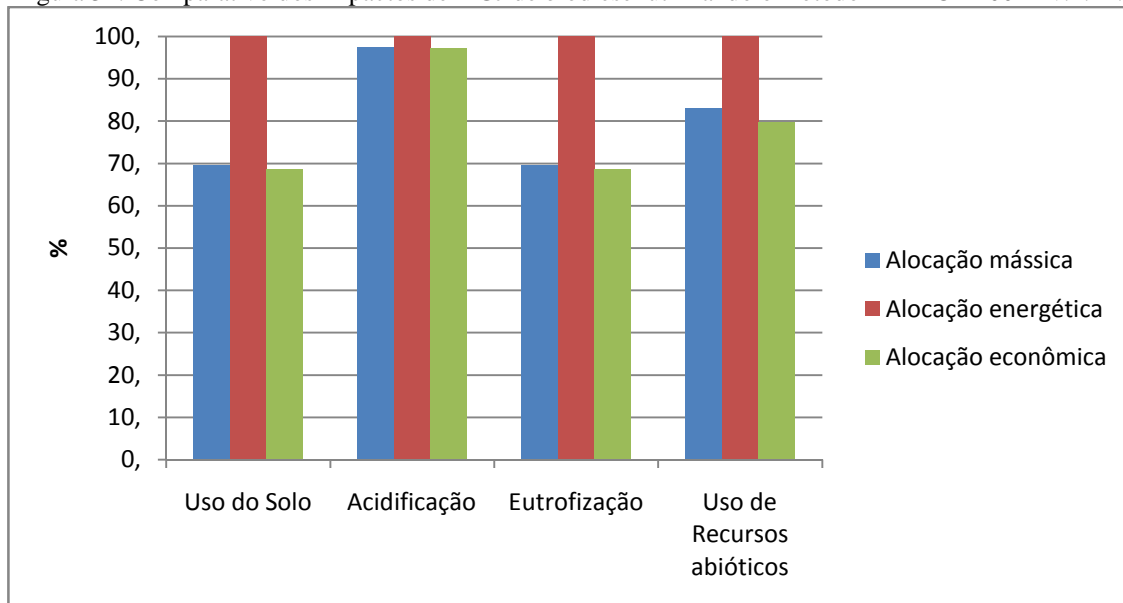


Figura 33: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método ReCiPe Midpoint v.1.10/World Recipe.

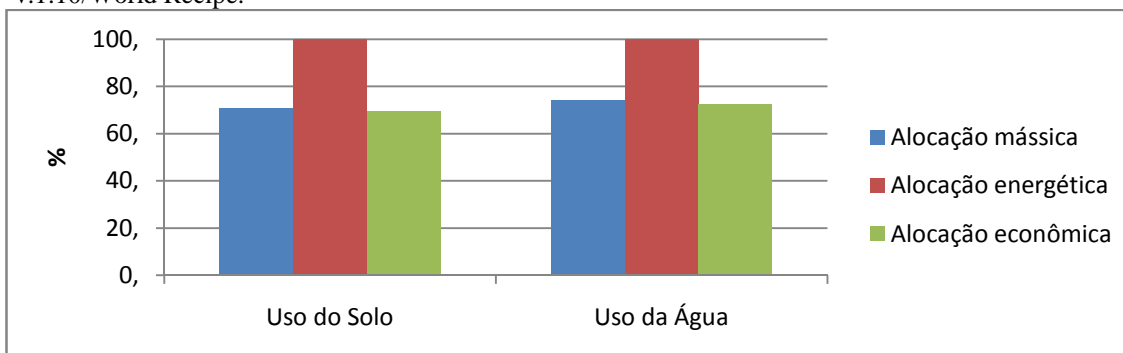


Figura 34: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método IPCC 2007 GWP 100a v.1.02.

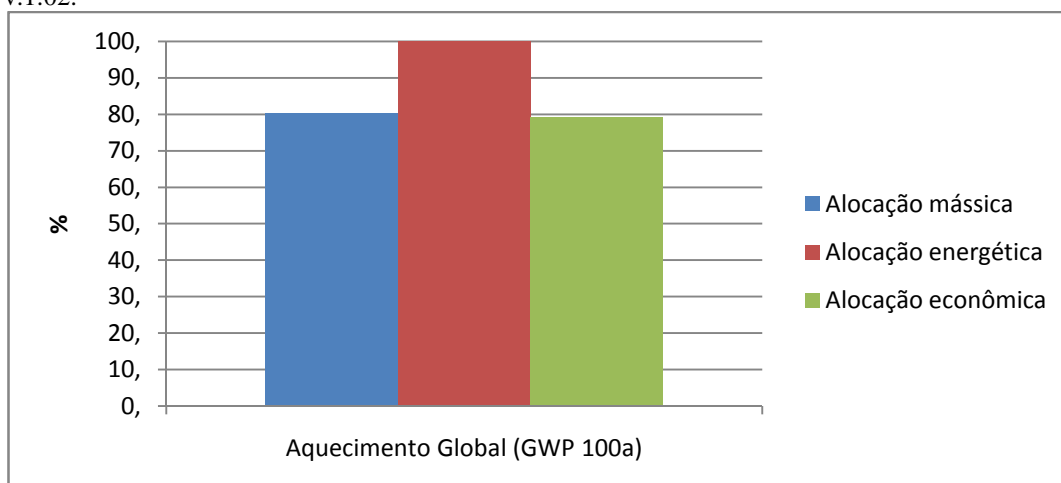
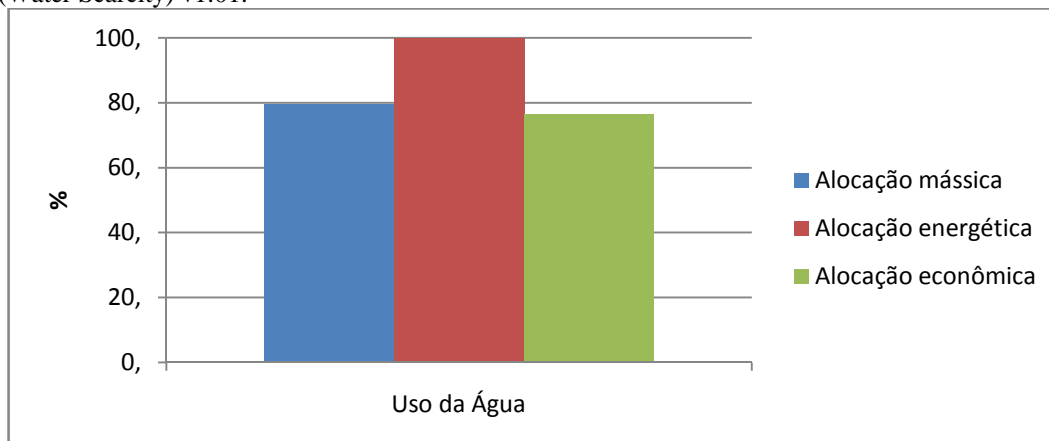


Figura 35: Comparativo dos impactos de 1 GJ de biodiesel utilizando o método Hoekstra et al. 2012 (Water Scarcity) v1.01.



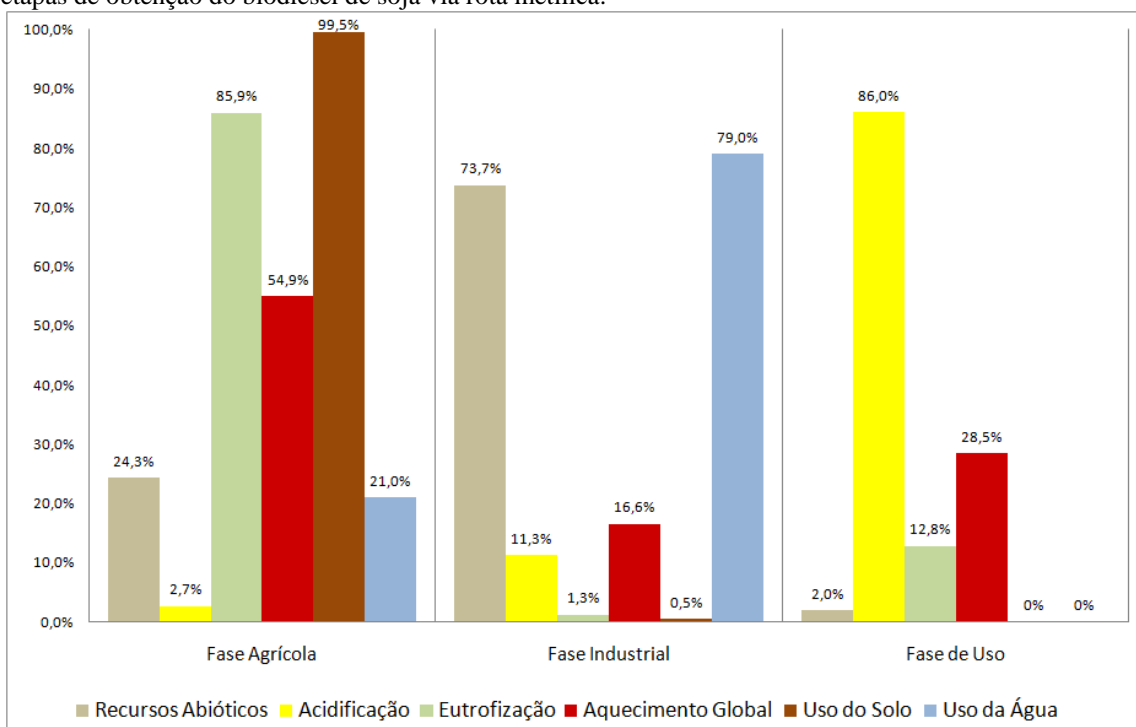
Em todas as figuras recém apresentadas, ou seja, com relação a todas as metodologias utilizadas, verifica-se que a alocação energética dirige uma parcela maior de responsabilidade pelos impactos causados para o biodiesel de soja gaúcho. Com relação as alocações mássica e econômica, verifica-se que a responsabilidade dos impactos se comportam de forma bem semelhante e estes acabam diminuindo, de 5% para até um pouco mais de 30%, conforme seja a metodologia de impacto utilizada. Vale destacar que as quantificações apresentadas nas figuras 31 a 35, são tão somente um comparativo das parcelas percentuais de responsabilidade dos impactos do biodiesel de soja, conforme seja o método de alocação utilizado. Além disso, tal comparativo toma como referência o pior caso e determina ao mesmo 100% da quantidade, cabendo as demais alocações valores inferiores a este referencial.

Desta forma, baseado nos gráficos das figuras e seguindo as premissas de se trabalhar com o pior caso somado ao fato de que a unidade funcional representa uma unidade de energia, os impactos a serem calculados tomarão como base os fatores de alocação energética da tabela 40 (página 134). Seguindo a metodologia definida no item 4.3.5, realizou-se o cálculo dos impactos usando a técnica de comparação de pares (cálculo dos impactos utilizando dois métodos), conforme tabela 5. Verificou-se que os resultados de todos os impactos ambientais englobados neste trabalho apresentaram convergência nos métodos aqui aplicados. Portanto, adotou-se o método citado primeiramente na tabela 5, para cada um dos impactos. Uma vez adotado estes métodos obteve-se os impactos tanto de forma quantitativa como de forma relativa. Os resultados estão apresentados nas figuras 36 a 54, a seguir.

A figura 36 apresenta de uma forma geral a contribuição de cada uma das fases (etapas do ciclo de vida) no impacto final das 6 (seis) categorias aqui analisadas.

Por exemplo, para a categoria aquecimento global, verifica-se que 54,9% dos impactos totais devem-se a fase agrícola, 16,6% destes devem-se a fase industrial, restando 28,5% destes impactos para a fase de uso. Além disso, no intuito de poder entender as quantificações de cada um dos impactos, foram gerados resultados quantitativos individuais onde é demonstrado o quanto cada uma das fases contribui para o impacto total. Estes resultados encontram-se a seguir, nas figuras 37 a 42.

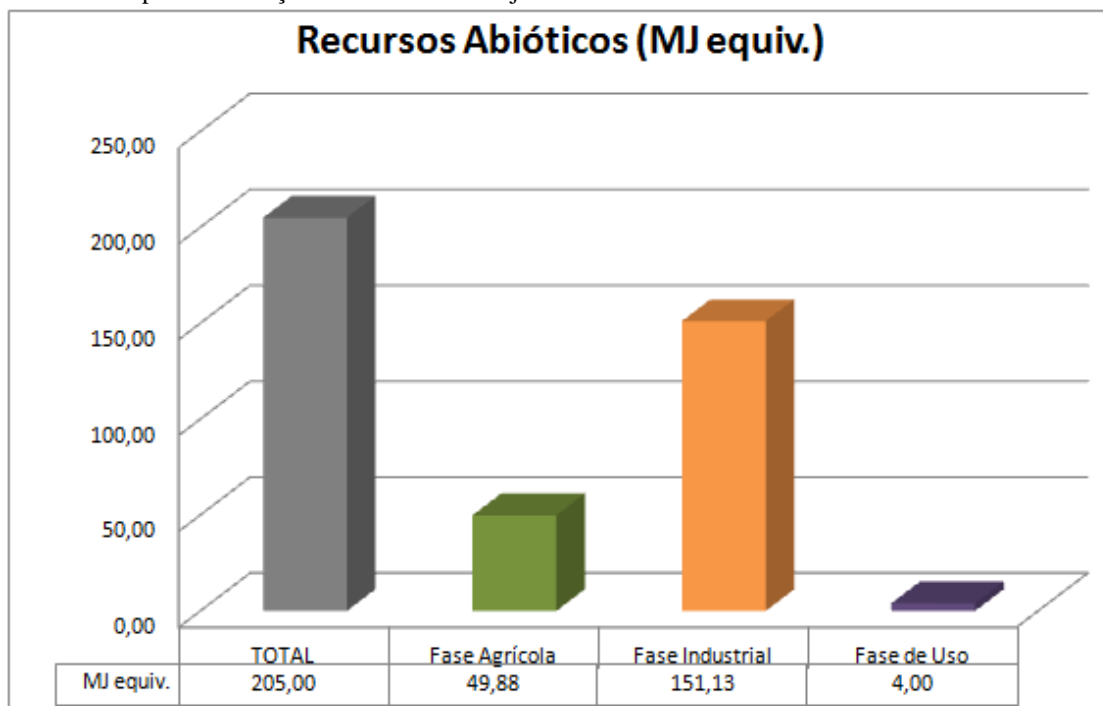
Figura 36: Caracterização relativa por fase de cada um dos impactos ambientais considerando cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metilica.



Fonte: Do autor

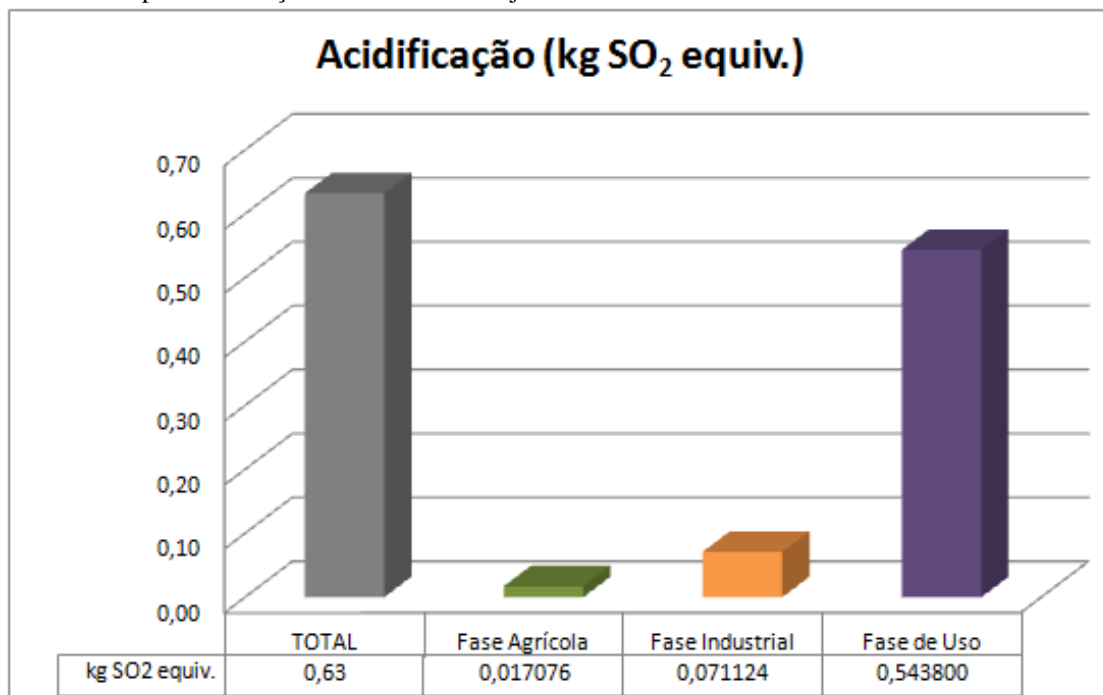
Em uma análise preliminar geral, tomando como base as figuras 36 a 42, verifica-se que a fase agrícola apresenta suas maiores contribuições (influência significativa) nas categorias de impacto: eutrofização, aquecimento global e uso do solo. Já, a fase industrial acaba contribuindo de forma significativa nas categorias de impacto: recursos abióticos e uso da água. Por fim, a fase de uso acaba contribuindo de forma majoritária na categoria de impacto: acidificação. Outra informação importante a ser destacada é de que enquanto a fase agrícola acaba apresentando alguma influência em todas as categorias de impacto aqui analisadas, a fase industrial acaba se eximindo nas categorias de impacto eutrofização e uso do solo. No que se refere à fase de uso, esta acaba apresentando alguma influência somente nas categorias de impacto: acidificação, eutrofização e aquecimento global.

Figura 37: Caracterização dos impactos sobre os recursos abióticos de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metélica.



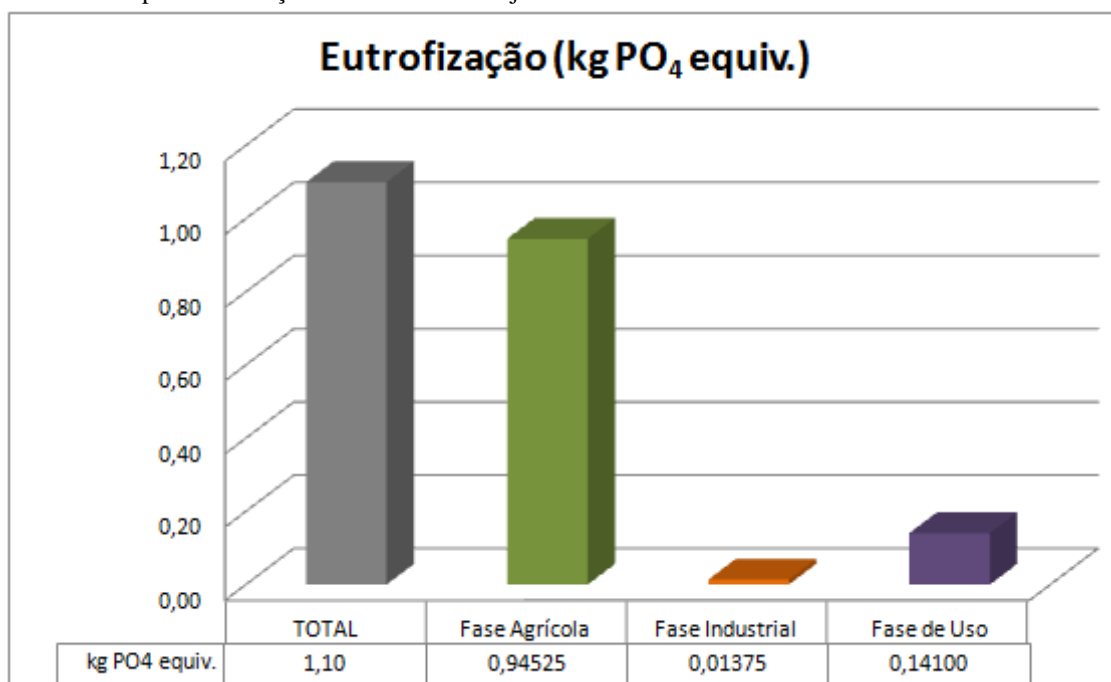
Fonte: Do autor

Figura 38: Caracterização dos impactos relacionados à acidificação de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metélica.



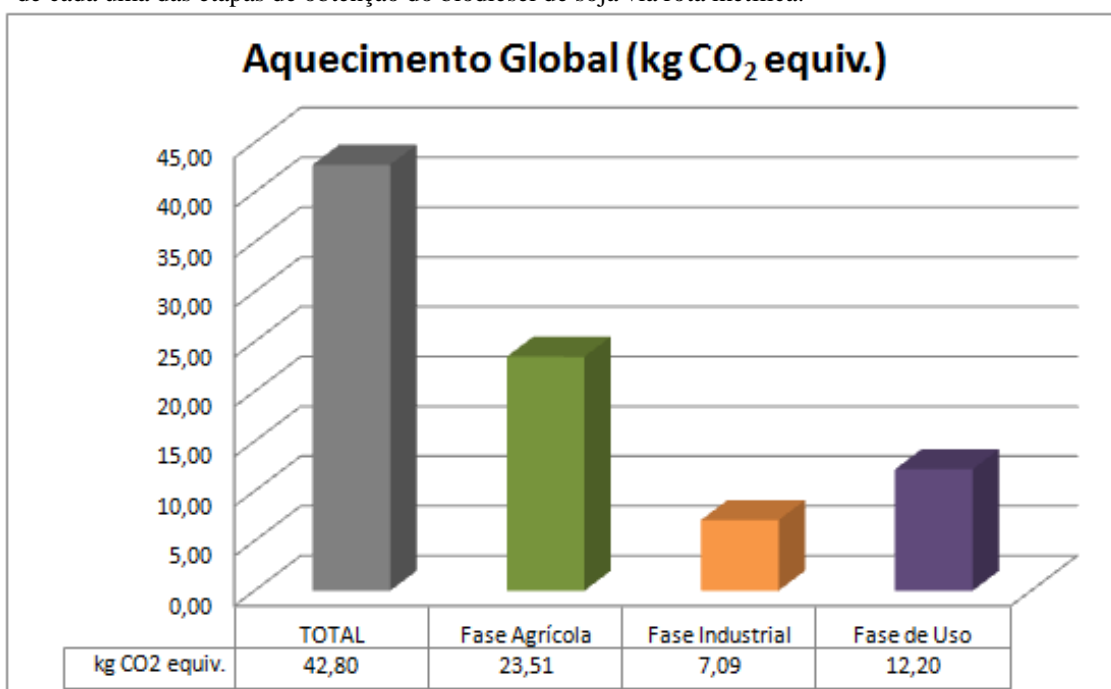
Fonte: Do autor

Figura 39: Caracterização dos impactos relacionados à eutrofização de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metélica.



Fonte: Do autor

Figura 40: Caracterização dos impactos relacionados ao aquecimento global de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metélica.

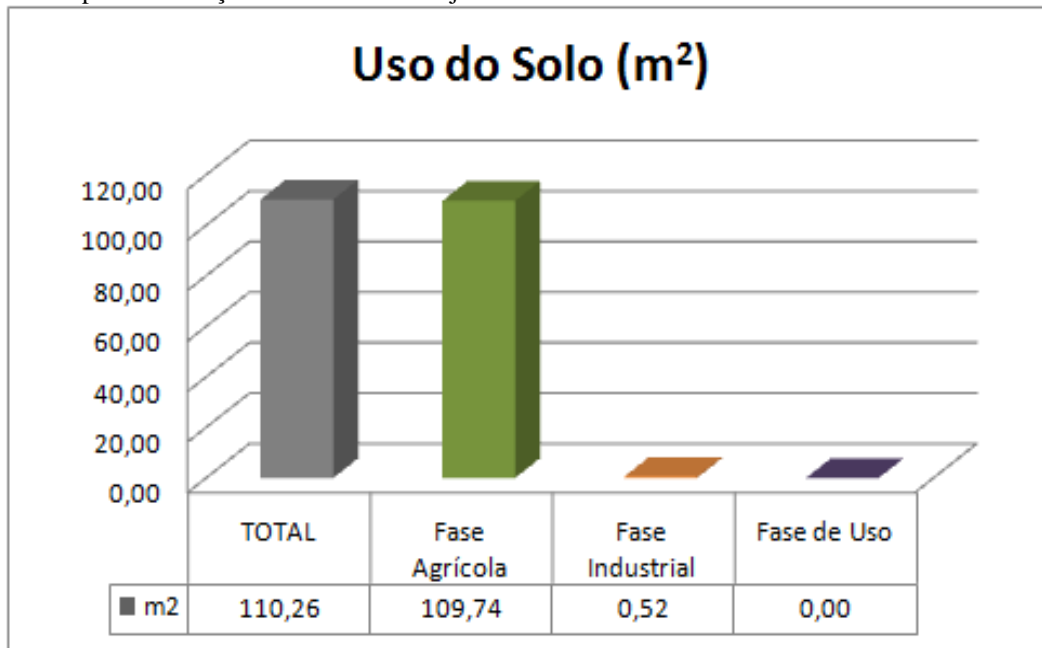


Fonte: Do autor

Esta mesma análise preliminar quando abordada em termos quantitativos, demonstra as repercussões para a geração de 1 GJ de biodiesel de soja via rota metélica no estado do RS. Este produto durante o seu ciclo de vida acaba se utilizando de cerca de 0,2 GJ equivalentes de recursos abióticos, cerca de 110 m² de área do solo e em torno de

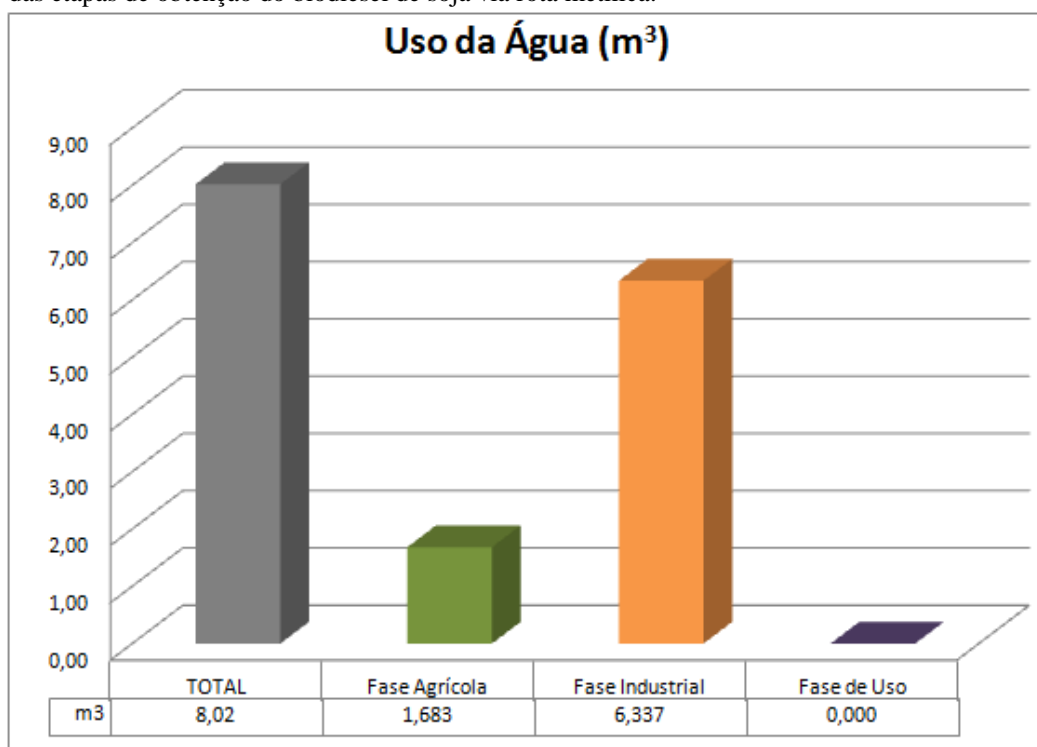
8 m³ de água que se transformam quase que totalmente em efluentes. Ademais, são emitidos por volta de 43 kg CO₂ equivalentes, 1,1 kg de PO₄ equivalentes e 0,6 kg SO₂ equivalentes. Tais emissões acabam acentuando os impactos de aquecimento global, eutrofização e acidificação sobre o meio ambiente.

Figura 41: Caracterização dos impactos sobre o uso do solo de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.



Fonte: Do autor

Figura 42: Caracterização dos impactos sobre o uso da água de forma quantitativa total e de cada uma das etapas de obtenção do biodiesel de soja via rota metálica.



Fonte: Do autor

De forma a validar os impactos obtidos e apresentados nas figuras 37 a 41, buscou-se junto a bibliografia o resultado destes mesmos impactos para o caso do biodiesel de soja produzido no Brasil. Assim, Rocha et al. (2014) comparam os impactos de duas ACV de biodiesel de soja utilizando o cenário brasileiro. As ACV utilizadas foram de Cavalett e Ortega (2010) apud Rocha et al. (2013) e Capaz (2009) apud Rocha et al.(2013). Vale ressaltar que, o comparativo realizado por Rocha et al. (2013) englobam somente as categorias de impacto: aquecimento global, acidificação, eutrofização. Além disso, este mesmo estudo realiza uma avaliação energética de ciclo de vida. Tal avaliação possui uma boa similaridade com a categoria de impacto recursos abióticos realizada neste trabalho, pois ambas avaliações trabalham com o mesmo fator de caracterização equivalente (MJequiv./GJ de biodiesel), o que, no ponto de vista do autor possibilita um referencial comparativo. Outro fato a ser destacado diz respeito ao escopo definido por Rocha et al. (2013) ao realizar o comparativo, pois estes autores trabalham com as etapas de: fase agrícola, fase industrial e etapa de transporte, enquanto o trabalho em questão contempla também a fase de uso (etapa de queima do biodiesel) e a etapa de MUT na fase agrícola.

De posse destas considerações, as tabelas 41 a 44, a seguir, apresentam os resultados de impacto para as categorias: aquecimento global, acidificação e eutrofização e recursos abióticos. Vale ressaltar que, para termos de comparabilidade, os valores apresentados nas tabelas 41 a 44 não consideram os impactos gerados pela MUT e pela fase de uso para o trabalho em questão. Tal premissa tem como intuito comparar resultados sob o mesmo escopo a fim de poder obter um comparativo das três AICV aqui apresentadas.

Tabela 41: AICV para a categoria aquecimento global de estudos para o biodiesel brasileiro.

Kg CO ₂ -eq / GJ biodiesel	Impactos obtidos neste trabalho	Capaz (2009) apud Rocha et al. (2013)	Cavalett e Ortega (2010) apud Rocha et al. (2013)
Fase Agrícola	9,41	5,01	9,05
Fase Industrial	7,09	2,23	12,45
Transporte	0,25	0,80	1,0
Total	16,75	8,04	22,5

Os resultados apresentados na tabela 41 acabam sendo intermediários aos outros dois resultados utilizados como base de comparação. Assim, pode-se verificar que os impactos obtidos neste trabalho encontram-se dentro da faixa admissível. Verifica-se

também que os impactos de aquecimento global demonstram uma proximidade maior com o trabalho de Cavalett e Ortega (2010) apud Rocha et al. (2013).

Com relação aos dados apresentados na tabela 42, o cenário se apresenta mais distinto, pois os impactos obtidos para a categoria acidificação apresentam-se abaixo dos valores obtidos pelas demais fontes aqui utilizadas. Chamam a atenção, especificamente os valores da fase agrícola que acabaram apresentando uma grandeza cerca de dez vezes menor que os impactos da fase agrícola dos outros dois estudos de ACV.

Tabela 42: AICV para a categoria acidificação de estudos para o biodiesel brasileiro.

Kg SO ₂ -eq / GJ biodiesel	Impactos obtidos neste trabalho	Capaz (2009) apud Rocha et al. (2013)	Cavalett e Ortega (2010) apud Rocha et al. (2013)
Fase Agrícola	0,015	0,13	0,146
Fase Industrial	0,071	0,03	0,139
Transporte	0,004	0,005	0,013
Total	0,09	0,165	0,298

A tabela 43 apresenta um caso similar, todavia neste caso os valores de impacto para a categoria eutrofização acabam destoando para valores muito superiores aos valores obtidos nos outros dois trabalhos de ACV. Mais uma vez tal diferença se apresenta na fase agrícola, onde os impactos demonstram uma grandeza cerca de 15 a 20 vezes maior que as fontes utilizadas para base de comparação.

Tabela 43: AICV para a categoria eutrofização de estudos para o biodiesel brasileiro.

Kg PO ₄ -eq / GJ biodiesel	Impactos obtidos neste trabalho	Capaz (2009) apud Rocha et al. (2013)	Cavalett e Ortega (2010) apud Rocha et al. (2013)
Fase Agrícola	0,945	0,06	0,049
Fase Industrial	0,014	0,003	0,028
Transporte	0,001	0,002	0,003
Total	0,960	0,065	0,080

O impacto recursos a bióticos (tabela 44) acaba seguindo o comportamento apresentado pelo impacto aquecimento global, ou seja, de proximidade dos seus valores com os valores das fontes de comparação utilizadas. Na verdade de todos os impactos aqui analisados os valores da tabela 44 acabaram apresentando a maior homogeneidade entre os impactos aqui analisados.

Já, com relação aos impactos sobre o uso da água e uso do solo, os mesmos têm sido pouco incluídos nos estudos de ACV devido à falta de uma metodologia estabelecida (Claudino e Talamini, 2013). Portanto, a validação dos impactos apresentados nas figuras 41 e 42 foram baseadas na simples comparação com um estudo similar que trate de biodiesel de soja em condições semelhantes a do Rio Grande do Sul.

Para o caso do impacto uso da água tomou-se como referência de comparação os resultados apresentados por Müller (2012). Com relação ao uso do solo, o resultado de impacto utilizado como base de comparação foi o trabalho apresentado por Panichelli (2009). Assim, a tabela 45 apresenta o comparativo dos resultados obtidos neste trabalho com os referenciais obtidos. Para fins de comparação todos os impactos foram convertidos para a unidade funcional utilizada neste trabalho, ou seja, 1 GJ de biodiesel que equivale a 24 kg de biodiesel ou 27,42 L deste biocombustível.

Tabela 44: AICV para a categoria recursos abióticos de estudos para o biodiesel brasileiro.

MJ-eq / GJ biodiesel	Impactos obtidos neste trabalho	Capaz (2009) apud Rocha et al. (2013)	Cavalett e Ortega (2010) apud Rocha et al. (2013)
Fase Agrícola	50	56	100
Fase Industrial	151	202	199
Transporte	4	11	10
Total	205	269	309

Tabela 45: AICV para as categorias uso do solo e uso da água de estudos para o biodiesel de soja.

Unidade Funcional = 1 GJ biodiesel	Impactos obtidos neste trabalho (Uso da Água - m ³)	Müller (2012) (Uso da Água - m ³)	Impactos obtidos neste trabalho (Uso do Solo - m ²)	Panichelli et al. (2009) (Uso do Solo - m ²)
Fase Agrícola	1,683	1,352	109,74	225,8
Fase Industrial	6,337	10,368	0,52	3,4
Total	8,02	11,72	110,26	229,2

Com relação a tabela 45, verifica-se que os impactos obtidos apresentam-se numa grandeza admissível quando comparados aos trabalhos de Müller (2012) e Panichelli et al. (2009). De fato, ao se avaliar o uso da água, verifica-se um leve distanciamento do valor obtido para a fase industrial. Já para o caso o uso do solo percebe-se que este impacto é influenciado de forma predominante pela fase agrícola. Além disso, estes resultados são totalmente dependentes da produtividade de uma determinada área. Portanto as variações aqui apresentadas também estão relacionadas a produtividade utilizada.

Todavia, tais resultados apresentados de forma generalizada merecem uma análise mais detalhada. Portanto, no objetivo de entender quais processos acabam tendo maior significância em cada uma das categorias de impacto, ampliou-se a análise buscando os 3(três) processos/fluxos mais significantes em cada uma das etapas de produção do biodiesel de soja. Os resultados desta análise ampliada estão apresentados nas figuras 43 a 54⁴.

⁴ Fonte: Do autor

As figuras 43 e 44 apresentam os impactos sobre a categoria recursos abióticos. Percebe-se que a etapa de transesterificação, com cerca de 50% das contribuições acaba se destacando, devido à utilização do metanol como insumo, pois este acaba sendo o impacto mais relevante com mais de 40% das contribuições. Outra contribuição que deve ser ressaltada diz respeito às fontes de energia escolhidas nos processos, pois no que se refere somente a etapa de produção do óleo de soja às fontes de energia utilizadas somam quase 20% dos impactos, onde, enquanto a energia provinda da energia elétrica demonstra uma eficiência de utilização de 0,12 MJ equivalentes de recursos abióticos para cada MJ gerado, a lenha para caldeira apresenta um índice de 0,19 MJ e o óleo também para caldeira apresenta 0,33 MJequiv/MJ gerado. Por fim, ao se dirigir a análise para a fase agrícola chama à atenção as contribuições do Diesel, pois quando somadas acabam apresentando uma contribuição superior a 10% no total dos impactos desta categoria. Ainda sobre a fase agrícola vale ressaltar que a etapa de semeadura acaba demonstrando a maior contribuição com quase 10% dos impactos também nesta categoria.

Figura 43: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre os recursos abióticos de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.

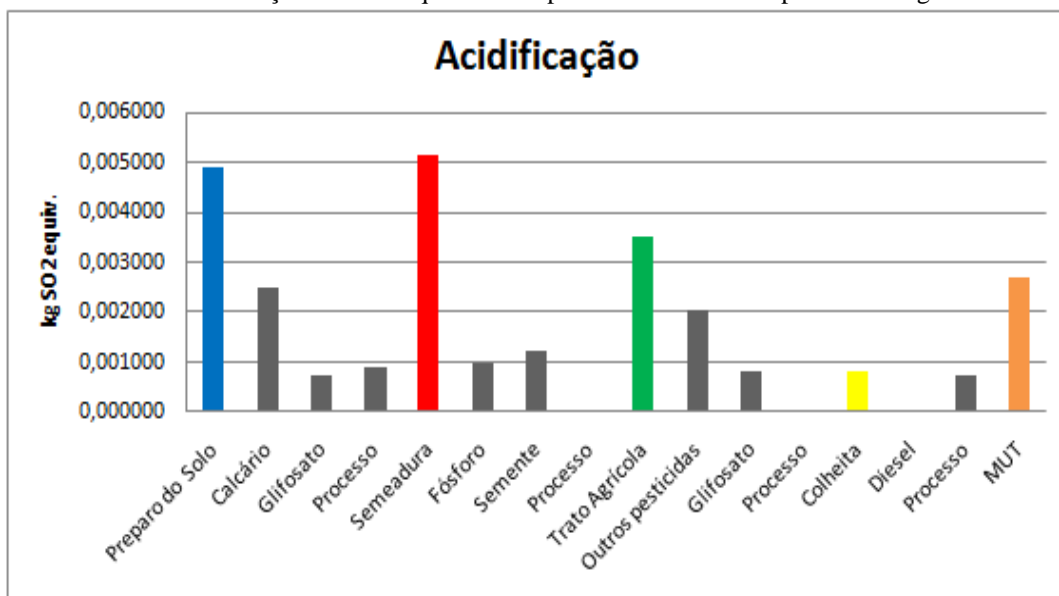


A categoria de impacto acidificação apresenta os resultados de sua análise nas figuras 45 e 46. Ao analisar estas figuras percebe-se que a etapa de queima do biodiesel (uso) acaba contribuindo com mais de 85% do total de impactos, onde a principal causa deve-se as emissões de óxidos de nitrogênio. Outros processos que apresentam contribuições com alguma significância são os processos de produção do óleo de soja e a utilização do metanol como insumo na etapa de transesterificação, suas contribuições para o impacto total estão na ordem de 4% e 3,5% respectivamente.

Figura 44: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre os recursos abióticos de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.



Figura 45: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à acidificação de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.



No que se refere aos resultados dos impactos da categoria eutrofização a breve discussão a seguir está embasada nas figuras 47 e 48. Com relação à eutrofização, o processo de sementeira durante a fase agrícola contribui com mais de 80% dos impactos e quando se soma os impactos da etapa de trato agrícola estes acabam contribuindo com mais de 85% de todos os impactos de eutrofização. Tal contribuição deve-se praticamente a utilização de fertilizantes fosforados, pois a contribuição dos componentes nitrogenados é ínfima quando comparada a do P_2O_5 . Outra contribuição que apresenta uma boa significância nos impactos trata-se da etapa de queima do biodiesel (fase de uso). Esta

etapa acaba contribuindo com quase 13% dos impactos totais devido as emissões de óxidos de nitrogênio que ocorrem quando da queima do biodiesel.

Figura 46: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à acidificação de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.

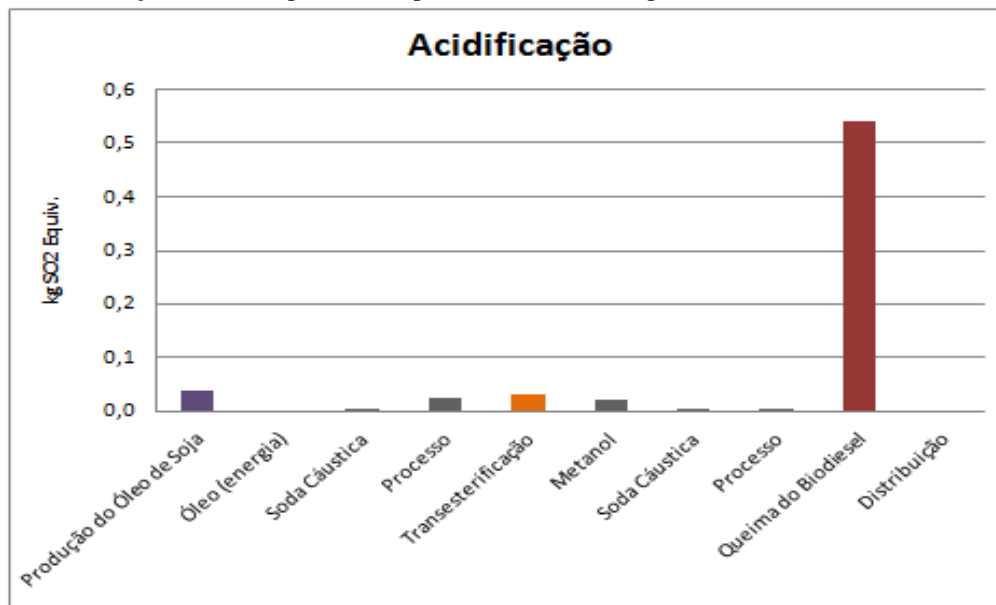
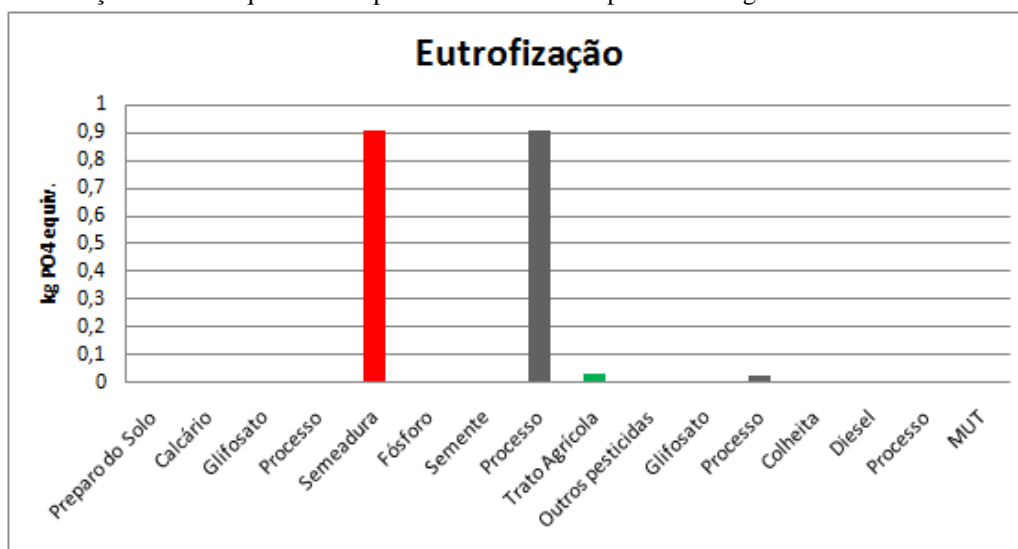


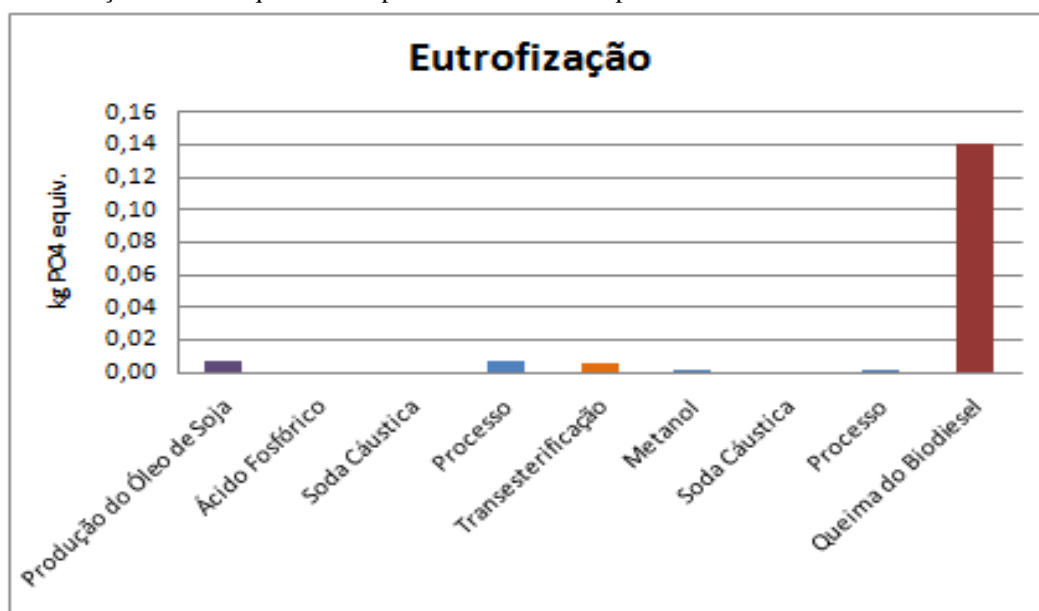
Figura 47: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à eutrofização de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.



A categoria de impacto aquecimento global demonstra uma diluição maior das contribuições quando comparada as categorias de acidificação e eutrofização (figuras 49 e 50). Apesar disso, dois processos acabam gerando uma contribuição mais significativa que os demais. O processo de Mudança do Uso da Terra (MUT) dentro da fase agrícola acaba sendo o processo mais significativo, pois somente ele acaba contribuindo com cerca de um terço do total de impactos relacionados ao aquecimento global, seguido pela etapa de queima do biodiesel (fase de uso) que contribui com quase 30% de todos os impactos. Com relação ao processo de MUT que ocorre durante a fase

agrícola verifica-se que as principais contribuições devem-se as emissões de dióxido de carbono e de óxido nitroso, sendo o principal responsável o dióxido de carbono. No que se refere a queima de biodiesel, apesar do impacto nesta etapa ser causado exclusivamente pelas emissões de dióxido de carbono, vale destacar que se trata da fração de CO₂ de origem fóssil que acaba respondendo por esta contribuição. Ao se avaliar somente a fase agrícola chama a atenção os processos de preparo do solo e de trato agrícola que somados correspondem a cerca de 13% das contribuições de impacto. Enquanto que os principais causadores no processo de preparo do solo são as emissões de CO₂ devido à aplicação de calcário para a correção do solo, no processo de trato agrícola tal contribuição tem como principal causa as emissões causados pelo diesel utilizado pelo trator. Com relação à fase industrial, as principais contribuições estão alocadas na utilização do metanol como insumo no processo de transesterificação (3,6% de contribuição) e no processo de preparação do óleo de soja (2,2%).

Figura 48: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados à eutrofização de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.



As figuras 51 e 52 apresentam os impactos resultantes relacionados a categoria uso do solo. Particularmente, com relação a esta categoria verifica-se que a contribuição está concentrada no processo de cultura da soja com um todo, que responde por quase 98% das contribuições. Ao se somar a esta, as contribuições do processo de obtenção da semente obtêm-se quase 100% das contribuições relacionadas a esta categoria de impacto. Porém, a fim de não deixar passar despercebida a figura 52, verifica-se que tanto na etapa de obtenção do óleo de soja como na etapa de

transesterificação, o processo que mais contribui para esta categoria de impacto trata-se do processo de energia elétrica.

Figura 49: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados ao aquecimento global de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.

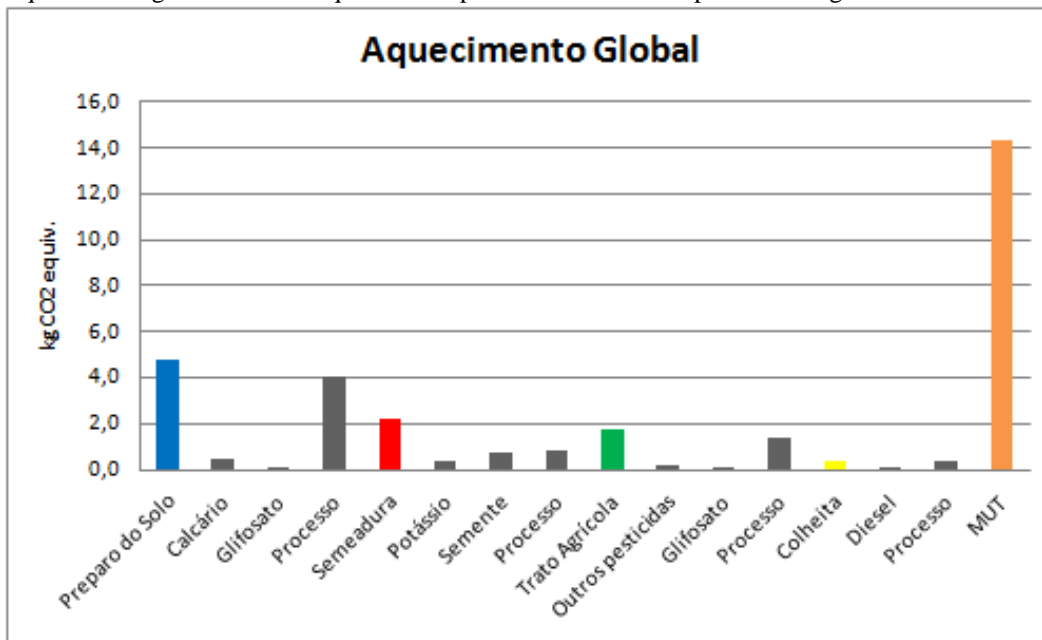
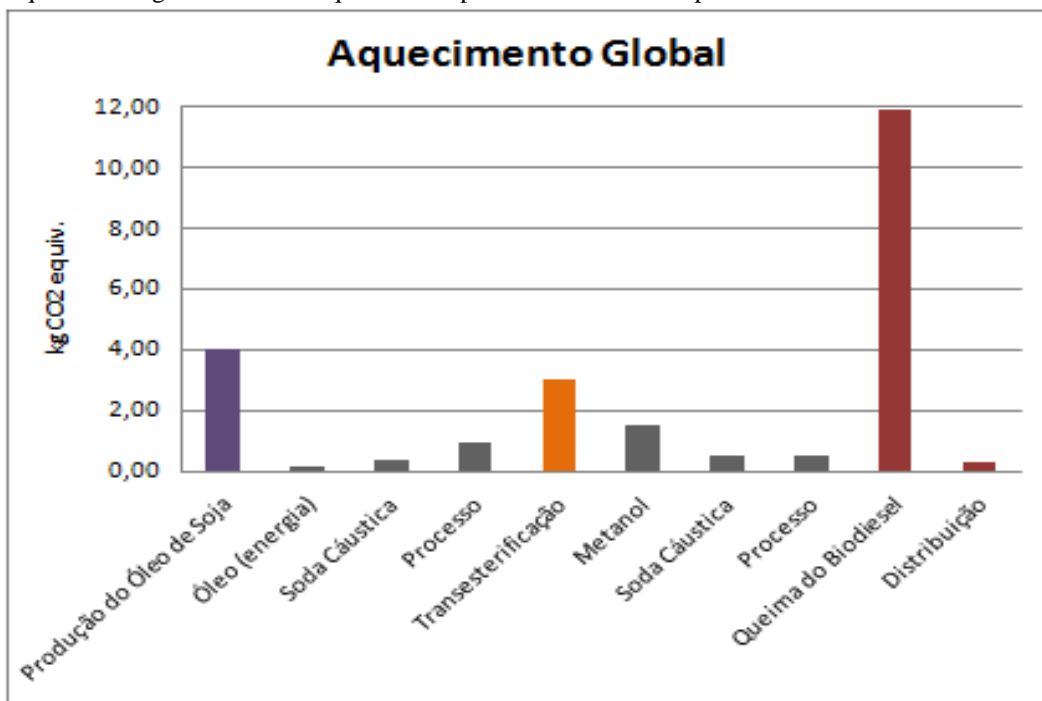


Figura 50: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes relacionados ao aquecimento global de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.



As duas últimas figuras citadas nesta análise apresentam os impactos relacionados ao uso da água (figuras 53 e 54). Para esta categoria de impacto as etapas de produção do óleo de soja e de transesterificação do biodiesel acabam apresentando as maiores influências, cerca de 40% de contribuição nos impactos para cada uma das

etapas. Verifica-se para esta categoria de impacto, que as maiores contribuições provêm da pegada hídrica proveniente dos insumos utilizados nos processos, onde se destacam o hidróxido de sódio, energia elétrica e o metanol, que se apresentam como os insumos com maior contribuição tanto na etapa de produção do óleo de soja como na etapa de transesterificação. O hidróxido de sódio, a energia elétrica e o metanol contribuem com 36,5%, 22,1% e 12,5%, respectivamente, totalizando mais de 70% do uso da água. Com relação aos resultados da fase agrícola (figura 53), destacam-se as contribuições provenientes da obtenção dos pesticidas que juntos somam um impacto por volta de 15% sobre o total ocorrente nesta categoria.

Figura 51: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso do solo de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.

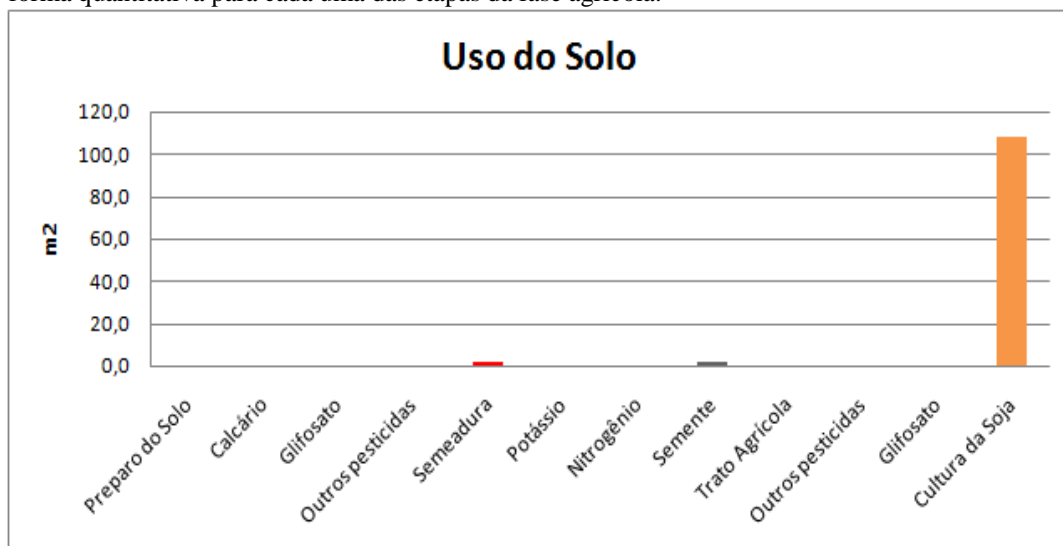


Figura 52: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso do solo de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.

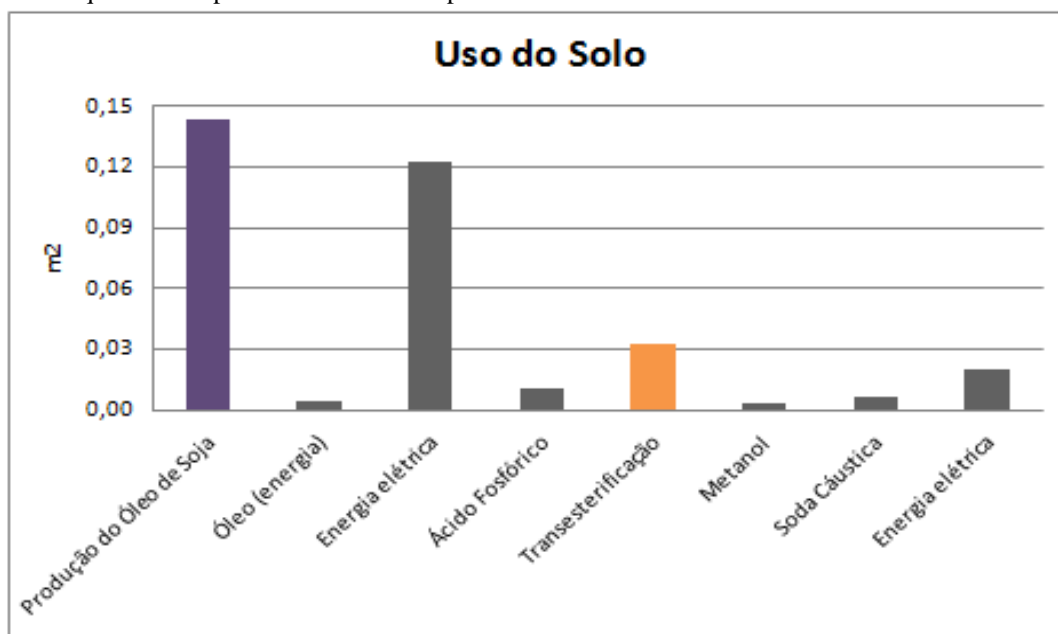


Figura 53: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso da água de forma quantitativa para cada uma das etapas da fase agrícola.

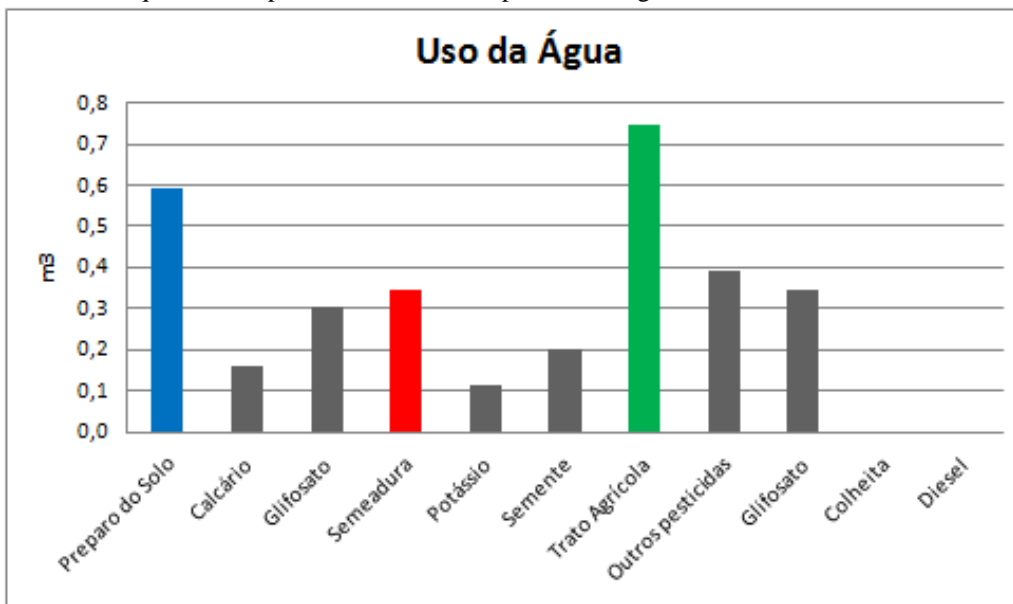
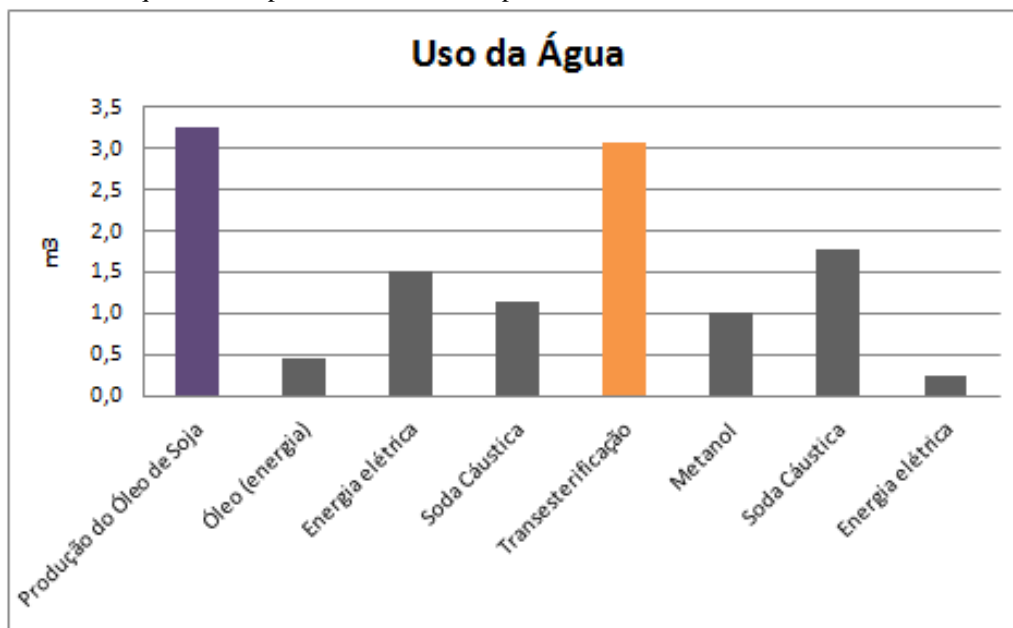


Figura 54: Caracterização dos impactos e dos processos e insumos mais significantes sobre o uso da água de forma quantitativa para cada uma das etapas das fases industrial e de uso.



5.12. IMPACTOS – DIMENSÃO ECONÔMICA

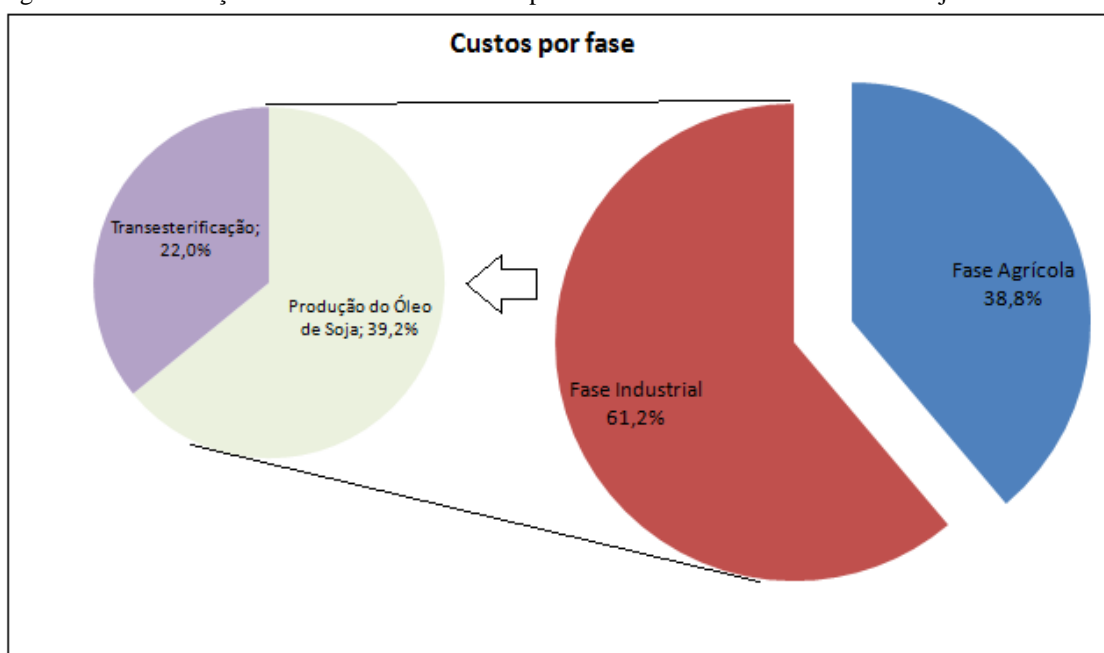
Com o intuito de se ter uma visão geral dos impactos dos custos no ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metílica são apresentadas as figuras 55, 56 e 57⁵. Estas figuras demonstram a caracterização dos custos por fase e por tipo de custo.

No que diz respeito a formação dos custos por fase de ciclo de vida, a figura 55 demonstra que a fase industrial é responsável por um pouco mais da metade dos impactos nos custos, enquanto a fase agrícola absorve um pouco menos de 40% dos

⁵ Fonte: Do autor

impactos do custo total do biodiesel de soja gaúcho via rota metflica. Ainda, ao se separar as etapas de produção do óleo de soja e de transesterificação, verifica-se que aquela é responsável por quase o dobro dos custos gerados na etapa de transesterificação. Portanto, de uma forma geral e resumida, as etapas de fase agrícola, produção do óleo de soja e de transesterificação do biodiesel respondem por mais ou menos 40%, 40% e 20%, dos impactos dos custos respectivamente. Tal constatação também pode ser percebida na figura 55. No entanto, no caso da figura 57, os valores estão apresentados em termos de custos por unidade funcional (1 GJ), ou seja, 24,00 kg ou 27,61 L de biodiesel. Assim, ao se tomar por base os valores dos impactos de custos por litro de biodiesel, verifica-se que o impacto total de custo é de R\$ 2,06/L, onde a fase agrícola impacta com R\$ 0,80/L, a produção do óleo de soja com R\$ 0,81/L e a etapa de transesterificação contribui com um impacto menor de R\$ 0,45/L (vide figura 57).

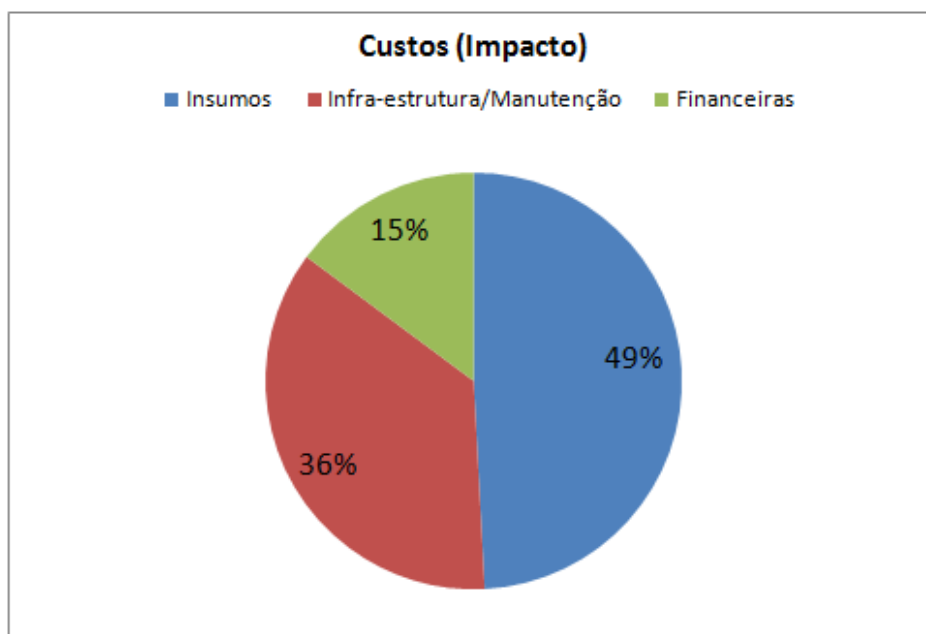
Figura 55: Contribuição dos custos nas fases e etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metflica



Numa outra abordagem, ou seja, quando se verifica de onde provêm estes custos, este trabalho resolveu separar os mesmos em: custos de insumos, custos de infraestrutura e manutenção e despesas financeiras. Optou-se por esta abordagem, pois no momento em que se finalizou a coleta de dados relativa aos custos envolvidos no ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metflica, percebeu-se que as fontes de dados coletadas, de uma forma geral, se agrupavam nestas três categorias. Ao se coletar dados de custos de insumos, por exemplo, as fontes de dados se repetiam com relação a este tipo de custo. Da mesma forma tal padrão ocorreu quando da busca de dados de infraestrutura e

manutenção, como também na coleta de dados de despesas financeiras. Portanto, a fim de facilitar o entendimento por parte do leitor, além de se buscar uma simplificação da formação de custos, através da minimização de cálculos que se utilizem de diversas fontes, este trabalho optou por separar os custos nestes três grandes grupos para termos de uma análise mais detalhada e viável. Assim, a figura 56 apresenta de uma forma geral que o biodiesel de soja gaúcho possui os custos dos insumos utilizados, contribuindo com 49% dos impactos de custos durante o ciclo de vida, seguido pelos impactos de custos em infraestrutura/manutenção (IE/M) que contribuem com 36%, restando então 15% da contribuição dos impactos de custos para as despesas financeiras.

Figura 56: Composição dos impactos dos custos do biodiesel de soja gaúcho via rota metálica

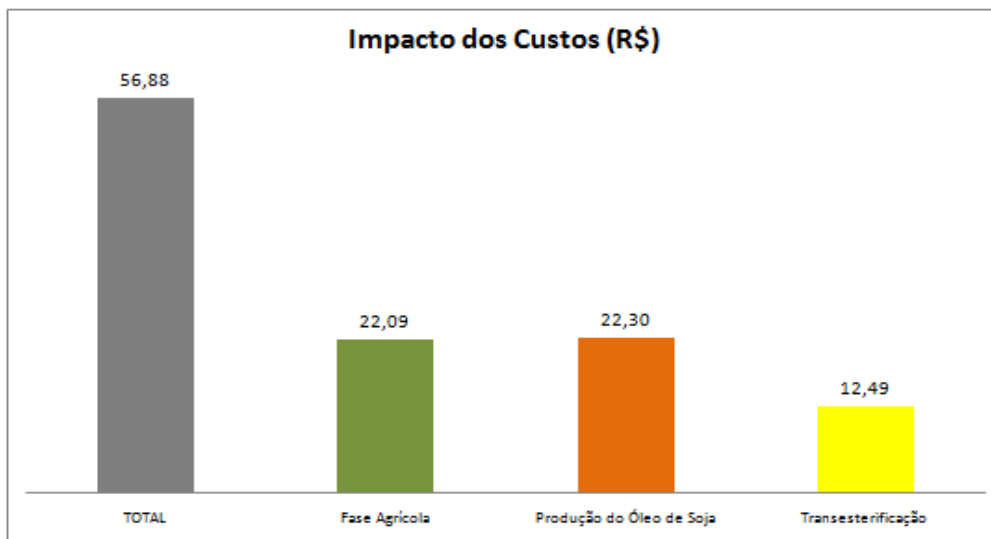


A seguir, as figuras 58 a 60 apresentam de forma mais criteriosa quais os principais custos que impactam na formação dos custos de insumos, custos de IE/M e despesas financeiras em cada uma das etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica.

Ao se analisar a figura 60 a 62⁶ verifica-se que todas as etapas do ciclo de vida apresentam um resultado semelhante ao apresentado na figura 58, ou seja, os custos de insumos, de IE/M e as despesas financeiras se comportam de forma homogênea durante todo o ciclo de vida. Desta maneira, a análise das figuras 60 a 62 buscará destacar quais insumos, custos de IE/M e despesas financeiras acabam causando o maior impacto em cada uma das etapas do ciclo de vida.

⁶Fonte: Do autor

Figura 57: Participação quantitativa dos custos nas fases e etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metilica



A respeito dos custos que impactam na fase agrícola (figura 58), os insumos: fertilizantes, pesticidas e sementes acabam apresentando os maiores impactos, exatamente nesta ordem. Vale destacar que estes três insumos somados acabam sendo responsáveis por quase 40% de todos os impactos de custos que ocorrem nesta fase. Situação um pouco distinta ocorre nos custos de IE/M, neste caso, o impacto da terra própria/arrendamento acaba predominando, contribuindo com um pouco mais de R\$ 4,00 para cada R\$ 7,18 de impacto gerado pelos custos de IE/M. Os custos de Contribuição Social Rural e de manutenção também se destacam. Todavia estes impactam com menos de R\$ 1,00 cada um deles sobre os custos de IE/M. Por fim, com relação às despesas financeiras da fase agrícola os maiores impactos são da remuneração do capital fixo, da depreciação dos implementos e da depreciação de benfeitorias e instalações. Todos estes custos impactam com um pouco mais de R\$ 0,60 cada um.

Já, com relação aos impactos de custos para a etapa de produção do óleo de soja (figura 59), destaca-se entre os insumos o impacto da energia elétrica nos custos. Além disso, ao somar os impactos dos custos provenientes da caldeira, percebe-se que a energia impacta com mais de um terço de todos os custos nesta etapa do ciclo de vida. Sobre os custos de IE/M, o aluguel acaba se apresentando como o maior impacto, apresentado quase metade dos impactos com relação a IE/M. Os impactos dos custos de tratamento da goma/sabão e as despesas de armazenagem também acabam contribuindo com impacto dos custos, todavia, estes dois últimos custos somados não apresentam metade do impacto de custo gerado pelos aluguéis. Por fim, as despesas financeiras apresentam os impactos de forma decrescente onde se destaca o impacto de custos

causado pela remuneração do capital fixo, seguido pelos juros do financiamento e depreciação dos equipamentos, respectivamente.

Figura 58: Participação quantitativa da formação dos impactos dos custos durante a fase agrícola.

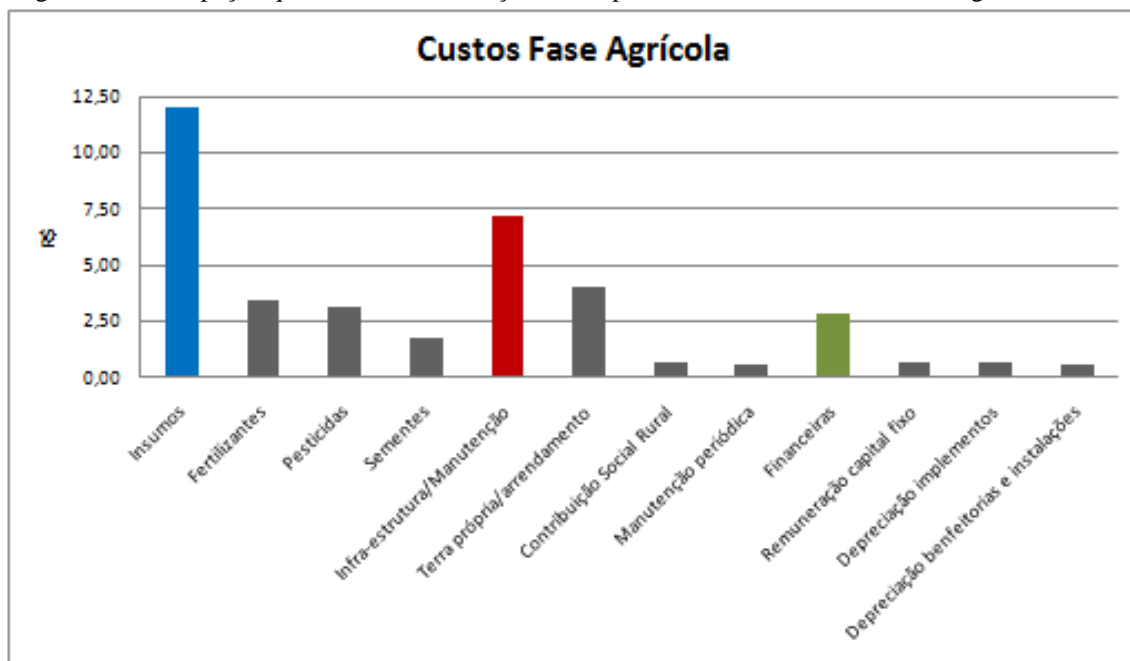
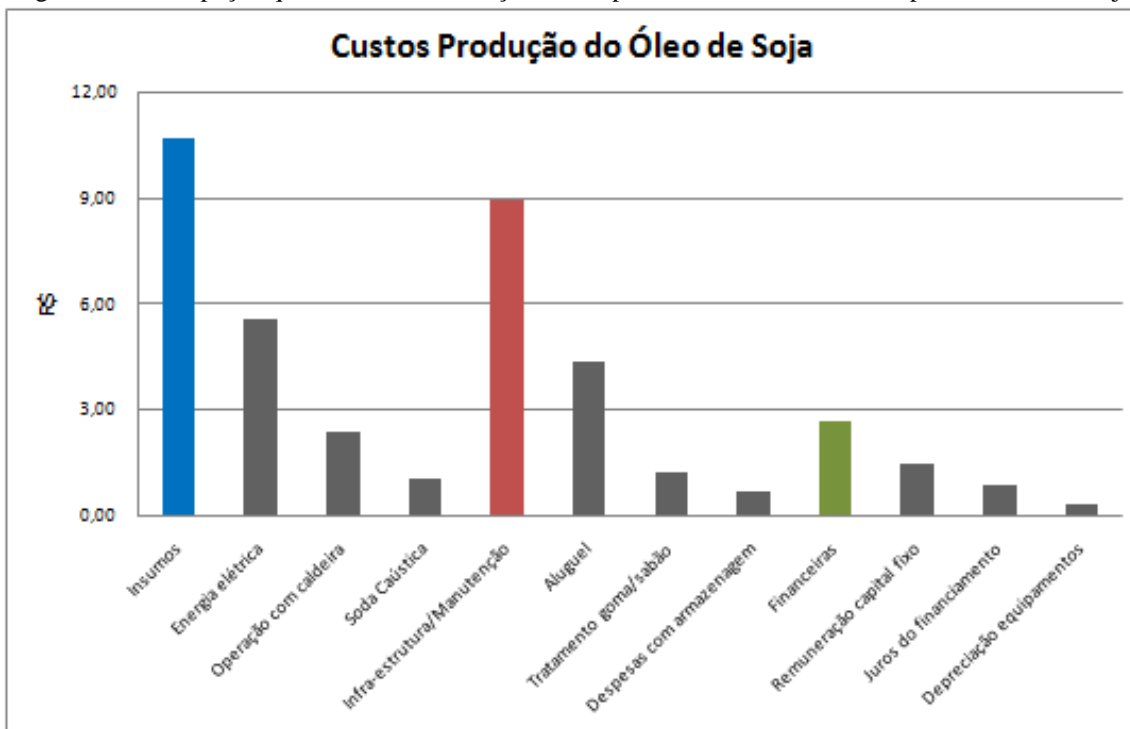


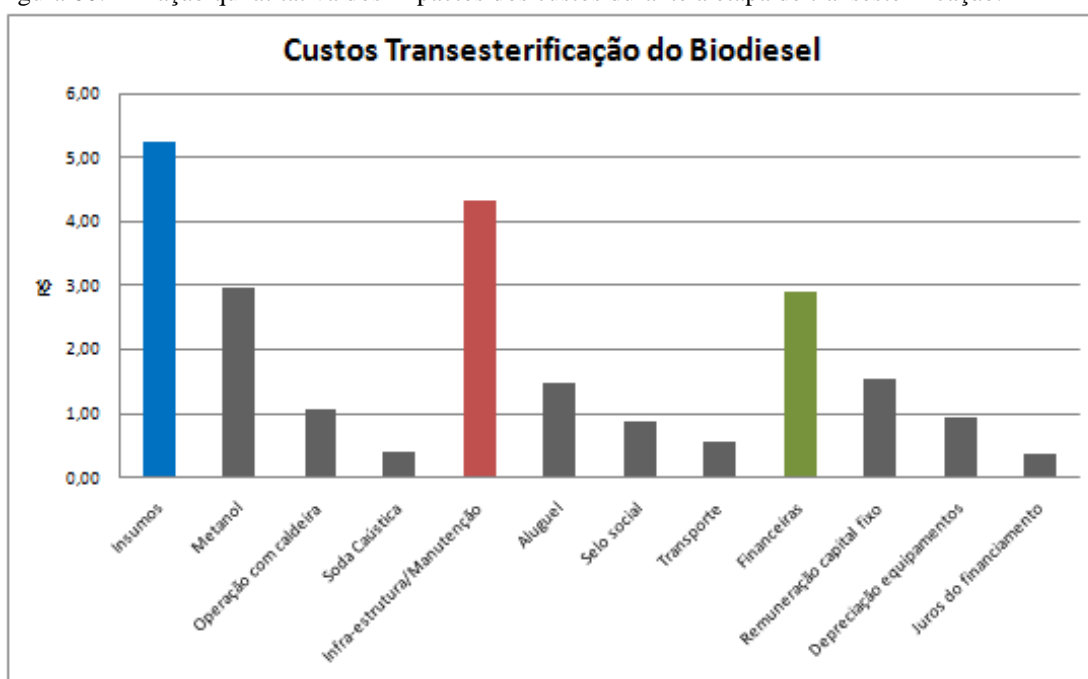
Figura 59: Participação quantitativa da formação dos impactos dos custos durante a prod. do óleo de soja.



Sobre os impactos de custos na etapa de transesterificação do biodiesel (figura 60), a obtenção do metanol acaba impactando em mais da metade dos custos de insumos e em quase um quarto dos custos totais desta etapa. Vale ressaltar também os impactos gerados pelos custos de energia proveniente da caldeira que acabam

contribuindo com mais de 20% dos custos de insumos. E, assim como ocorreu na etapa de produção do óleo de soja o hidróxido de sódio acaba sendo um dos principais impactos de custos nos insumos. Conforme apresentado na etapa de produção do óleo de soja, mais uma vez o aluguel acaba sendo o principal impacto nos custos de IE/M, contribuindo com mais de um terço dos impactos que ocorrem neste tipo de custo. Além do aluguel, conforme se pode ver na figura 60, os custos de Selo Social e de transporte também apresentam impacto destacado nos custos de IE/M. Ao analisar os impactos das despesas financeiras, verifica-se novamente que a remuneração sobre o capital fixo, a depreciação de equipamentos e os juros do financiamento acabam sendo os principais contribuintes nos impactos de custos.

Figura 60: Formação quantitativa dos impactos dos custos durante a etapa de transesterificação.



Todavia, vale aqui realizar uma pequena discussão a respeito dos custos existentes nas despesas financeiras. Primeiramente com relação a remuneração do capital fixo, chama a atenção que enquanto na etapa industrial este impacto alcança valores em torno de R\$ 1,50, esta mesma despesa não chega aos R\$ 0,70 na fase agrícola. Outro fato que deve ser ressaltado diz respeito a inversão da importância de contribuição dos impactos resultantes da depreciação de equipamentos e juros do financiamento entre as fases de produção do óleo de soja e de transesterificação do biodiesel. Tal comportamento acaba inferindo na conclusão de que isso acaba ocorrendo devido as plantas de produção de óleo de soja serem mais antigas o que minimiza os custos de depreciação e que estas novas plantas de transesterificação de biodiesel acabaram

surgindo devido um provável subsídio nos juros de financiamento dos valores que auxiliaram a construção destas usinas.

5.13. IMPACTOS – DIMENSÃO SOCIAL

Conforme já foi explicado no item 4.4 deste trabalho, os impactos sociais serão apresentados de forma semi-quantitativa baseado em três diferentes níveis de evidências e representados numa escala de cores. Dessa maneira, a figura 61 apresenta o impacto social de forma agregada, para as fases agrícola, industrial e para a etapa de transporte. Pode-se perceber que, a parte interessada trabalhadores acaba apresentando impactos sociais semelhantes durante todo o ciclo de vida de vida do biodiesel de soja. O mesmo acaba não ocorrendo para a parte interessada atores da cadeia de valor. Estada demonstra uma pequena distinção nos seus impactos sociais, onde a fase industrial já mostra uma aproximação maior na contribuição da questão social, assim como a fase agrícola que também apresenta impactos sociais positivos, enquanto a etapa de transporte ainda precisa se desenvolver, pois a mesma acaba demonstrando um impacto final mais crítico. No caso das partes interessadas comunidade local e sociedade verifica-se somente um impacto social final crítico para a fase agrícola, o que não ocorre para a fase industrial e etapa de transporte. Desta forma, ao se agregar estes impactos, o resultado final acaba sendo um leve impacto social positivo para fase industrial e um leve impacto social crítico para a etapa de transporte, fazendo com que a fase agrícola apresente um resultado social final intermediário.

Figura 61: Impactos sociais de cada uma das etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja relacionados a determinadas partes interessadas.

Etapas	Partes Interessadas			Índice Social
	Trabalhadores	Comunidade Local e Sociedade	Atores da Cadeia de Valor	
FASE AGRÍCOLA	Amarelo	Rosa	Verde	Amarelo
FASE INDUSTRIAL	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde
TRANSPORTE	Amarelo	Amarelo	Rosa	Rosa

Fonte: Do autor

Com o intuito de entender melhor o que ocorre nas fases agrícola e industrial e na etapa de transporte, realizou-se uma análise mais profunda de cada uma destas etapas. No que tange a fase agrícola, como os dados foram coletados a partir de representações e/ou organizações em cada um dos municípios, os mesmos foram então analisados por município, conforme é apresentado na figura 62.

Figura 62: Impactos sociais das cidades integrantes da fase agrícola relacionados a determinadas partes interessadas.

Partes Interessadas Cidades	Trabalhadores	Comunidade Local e Sociedade	Atores da Cadeia de Valor	Índice Social
Boa Vista do Cadeado	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde
Cachoeira do Sul	Verde	Rosa	Amarelo	Verde
Capão do Cipó	Rosa	Rosa	Amarelo	Rosa
Chapada	Verde	Vermelho	Verde	Verde
Cruz Alta	Verde	Amarelo	Verde	Verde
Dois Irmãos das Missões	Amarelo	Rosa	Verde	Verde
Espumoso	Verde	Rosa	Rosa	Amarelo
Girúá	Rosa	Verde	Verde	Verde
Ibirubá	Rosa	Rosa	Verde	Rosa
Ijuí	Verde	Verde	Amarelo	Verde
Jóia	Rosa	Rosa	Sem resposta	Rosa
Júlio de Castilhos	Amarelo	Rosa	Verde	Amarelo
Lagoa Vermelha	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Rosa
Marau	Verde	Amarelo	Verde	Verde
Muitos Capões	Rosa	Amarelo	Amarelo	Rosa
Palmeira das Missões	Verde	Verde	Verde	Verde
Passo Fundo	Rosa	Amarelo	Verde	Amarelo
Rondinha	Rosa	Amarelo	Vermelho	Rosa
Santa Bárbara do Sul	Rosa	Verde	Sem resposta	Verde
Santo Augusto	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde
São Luiz Gonzaga	Verde	Rosa	Verde	Verde
São Miguel das Missões	Rosa	Rosa	Amarelo	Rosa
Tupanciretã	Verde	Amarelo	Verde	Verde

Fonte: Do autor

Neste caso, verifica-se o impacto social final da fase agrícola em cada um dos municípios que contribuíram para a construção do inventário. A figura 62 demonstra o impacto social no que se refere às partes interessadas contempladas no estudo (trabalhadores, comunidade local/sociedade e atores da cadeia de valor) assim como o impacto social agregado destas partes interessadas resultando no impacto social final de cada municipalidade. Desta maneira, pode-se de uma forma geral, verificar que os resultados apresentados em tons de verde demonstram um impacto social entendido como positivo, pois o resultado final demonstra que as municipalidades estão realizando atividades que auxiliam no ganho social relacionado a uma ou mais de uma parte interessada. De forma oposta, quando os resultados acabam gerando um impacto representado em tons de vermelho, os mesmos podem ser entendidos como críticos, pois o resultado final demonstra que as municipalidades estão se omitindo na realização de ações que auxiliem no ganho social relacionado a uma ou mais de uma parte interessada. Portanto, a tabela 46 facilita este entendimento apresentando os casos mais positivos e os mais críticos, tanto no que se refere a cada uma das partes interessadas como o resultado final agregado. Foi realizada, também, a localização geográfica destes municípios no mapa do RS e representaram-se os mesmos conforme o índice social obtido e apresentado na figura 62 (vide anexo 2).

Tabela 46: Impactos sociais mais positivos e mais críticos da fase agrícola

Partes Interessadas	Trabalhadores	Comunidade Local e Sociedade	Atores da Cadeia de Valor	Índice Social Agregado
Mais positivos	São Luiz Gonzaga	Giruá	Cruz Alta	Palmeira das Missões
	Chapada	Santa Bárbara do Sul	Dois Irmãos das Missões	Giruá
	Santo Augusto	Palmeira das Missões	Júlio de Castilhos	São Luiz Gonzaga
Mais Críticos	Giruá	Júlio de Castilhos	Santa Bárbara do Sul	Jóia
	São Miguel das Missões	Chapada	Jóia	Rondinha
	Passo Fundo	Lagoa Vermelha	Rondinha	Lagoa Vermelha

Fonte: Do autor

Com relação aos impactos apresentados na Tabela 46, chama a atenção o caso do município de Giruá. Pode-se verificar que este município apresenta impactos destacados tanto entre os mais críticos (parte interessada: trabalhadores), como também entre os mais positivos (parte interessada: comunidade local/sociedade). Ainda, pode se perceber que ao se agregar os impactos sociais, este município destacou-se ao apresentar um índice social como um dos mais positivos. Tal caso serve como exemplo de análise da importância da transparência e abertura de dados. Diz-se isso, pois a simples apresentação do índice social agregado faz o tomador de decisão acreditar que o município de Giruá não possui fatores críticos, o que não é verdade. Portanto, uma análise mais detalhada da figura 62, acaba demonstrando também que os municípios de Chapada, Dois Irmãos das Missões e São Luiz Gonzaga apesar de apresentarem, também, um índice social agregado positivo, estes municípios também apresentam impactos críticos em pelo menos uma das partes interessadas contempladas neste trabalho. Na mesma linha de pensamento, o município de Ibirubá apresentou um índice social agregado crítico, apesar de uma das partes interessadas resultar num impacto positivo.


Somado a isso, ao se analisar as evidências contempladas para cada parte interessada no que se refere à fase agrícola, percebe-se também situações críticas e positivas. Ao se relacionar os resultados da figura 62 com os dados de inventário coletados (figuras 21 a 29, páginas 110 a 114) verificam-se duas causas de destaque positivo e três causas mais críticas, todas elas relacionadas às partes interessadas trabalhadores e atores da cadeia de valor. As duas evidências baseadas nos dados coletados que demonstraram impacto social muito positivo referem-se: a verificação de uma grande percepção por parte dos agricultores na importância da associação coletiva (figura 21, página 110) e a existência predominante de um repasse de capacitação (figura 25, página 112). Todavia, evidências como a não existência de reuniões por mais da

metade dos municípios para discussões de assuntos de interesse (figura 22, página 111), o baixo nível de escolaridade (figura 24, página 112) e o tempo dedicado ao treinamento (figura 27, página 113) acabaram se apresentando como as maiores contribuições de impactos sociais críticos na fase agrícola do biodiesel de soja.

Já, para o caso da fase industrial e etapa de transporte os dados foram obtidos por empresa. Assim sendo, a figura 63 apresenta o impacto social de cada uma das partes interessadas contempladas e o impacto final agregado. Da mesma forma que havia sido explicado para o caso da fase agrícola, os tons de verde representam os impactos sociais considerados positivos e os tons de vermelho apresentam os impactos sociais considerados críticos. E, mais uma vez com o objetivo de auxiliar o entendimento da figura 63, são apresentados os casos mais positivos e os casos mais críticos na tabela 38. Somado a isso, foi realizada a localização geográfica destas empresas no mapa do RS (vide anexo 2) e representaram-se os índices sociais apresentados na figura 63, nos municípios que sediam estas empresas (tabela 4, página 64). Vale destacar que para o caso de Ijuí, como o município sedia duas empresas, optou-se por representar este com o índice social da média das mesmas.

Figura 63: Impactos sociais das empresas integrantes da fase industrial e da etapa de transporte relacionados a determinadas partes interessadas.

Empresas	Partes Interessadas				Índice Social
	Trabalhadores	Comunidade Local e Sociedade	Atores da Cadeia de Valor		
BIANCHINI	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	
BOCCHI	Amarelo	Vermelho	Amarelo	Vermelho	
BSBIOS	Verde	Amarelo	Verde	Verde	
CAMERA	Verde	Verde	Verde	Verde	
FUGA COUROS	Vermelho	Verde	Verde	Verde	
GRANOL	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Vermelho	
OLEOPLAN	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Vermelho	
OLFAR	Verde	Amarelo	Verde	Verde	
TRÊS TENTOS	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	
Logística de Grãos	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho	
Logística de Granéis Líquidos	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	



Fonte: Do autor

Fato que chama a atenção na figura 63, sendo depois apresentado na tabela 47, diz respeito a não ocorrência de impactos negativos para a parte interessada atores da cadeia de valor no que se refere à fase industrial. Tal fato se explica pela adesão de todas as empresas ao Selo Social, ação esta que impacta socialmente de forma positiva nos demais atores, principalmente na fase agrícola e que provavelmente teve como consequência os impactos positivos, já apresentados, na questão da capacitação destes. Verifica-se também uma maior homogeneidade nos impactos das partes interessadas

comunidade local e sociedade. Tal fato demonstra a existência de uma preocupação com estes atores por parte das empresas, sendo, todavia, algo ainda um pouco tímido.

Tabela 47: Impactos sociais mais positivos e mais críticos da fase industrial

Partes Interessadas	Trabalhadores	Comunidade Local e Sociedade	Atores da Cadeia de Valor	Índice Social Agregado
Mais positivos	BS BIOS	Camera	BS BIOS	BS BIOS
	Camera	Fuga Couros	Camera	Camera
	Olfar		Fuga Couros	Olfar
			Olfar	
Mais Críticos	Fuga Couros	Bocchi	NA	Bocchi
	Granol			Granol
	Oleoplan			Oleoplan

Fonte: Do autor

Por fim, com respeito a etapa de transporte, percebe-se que esta etapa ainda apresenta uma carência na busca de ações de cunho social. Tal fato faz com que a etapa de transporte quando comparada as fases agrícola e industrial acabe apresentando os impactos sociais menos satisfatórios com grandes oportunidades na busca de um ganho social. Vale destacar que esta etapa apesar de apresentar os resultados finais menos satisfatórios, seus dados de inventário demonstraram que esta etapa em nenhum momento demonstra uma falta de comprometimento das empresas de transporte com os requisitos base estipulados na metodologia para termos de obtenção dos impactos sociais.

6. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Conforme já foi descrito na metodologia, a discussão e interpretação dos resultados serão divididas em duas etapas. Primeiramente será realizada uma discussão e interpretação individualizada dos resultados e impactos gerados para cada uma das dimensões. Após, esta interpretação será complementada com uma discussão e interpretação destes resultados e impactos de forma conjunta cujo objetivo é o de verificar as relações e possíveis sinergias que possam existir entre as variáveis analisadas para cada uma das dimensões.

6.1. INTERPRETAÇÃO DA ACV AMBIENTAL

Seguindo o descrito no item 4.5 da metodologia, a etapa de interpretação será dividida nas etapas de análise de consistência e completudeza, análise de contribuição e análise de sensibilidade e incerteza.

6.1.1. Análise de Consistência e Completudeza.

Tal análise foi baseada na classificação sugerida na tabela 9 (página 90). Desta forma, ao se verificar cada um dos dados levantados que acabaram gerando um determinado fluxo mássico ou energético do inventário, realizou-se então a pontuação dos mesmos. Esta pontuação final, também conhecida como matriz pedigree acabou então determinando a consistência e completudeza dos dados utilizados para o cálculo dos impactos. Portanto, esta análise de consistência está apresentada nas tabelas 13 a 16 (páginas 106 a 108), tabelas 18 a 21 (páginas 114 a 117) e tabela 32 (página 128), mais precisamente na coluna “pedigree” onde são pontuados os quesitos de confiabilidade, completudeza e correlações temporal, geográfica e tecnológica.

De uma forma geral verifica-se que os dados coletados para a fase agrícola apresentam uma consistência e completudeza superior aos dados da fase industrial, sendo que os dados da etapa de uso acabam apresentando as piores pontuações para a questão da consistência e completudeza dos dados. Vale destacar que todos os dados coletados independentemente da fase ou etapa apresentaram pontuações semelhantes para a confiabilidade dos dados. Todavia, como os dados da fase agrícola basearam-se em coleta de dados via questionário junto aos agricultores na área de estudo, tal fato repercutiu numa excelente pontuação para a questão da completudeza e correlações temporal e geográfica. Além disso, como os dados da etapa de uso foram obtidos junto a diversas fontes e baseados em cálculos de coeficientes, esta forma de obtenção acabou resultando

em pontuações fracas para a questão de correlação temporal e tecnológica. Por fim, no que se refere fase industrial, como os dados provenieram em sua grande maioria de processos que as empresas encaminham na busca do licenciamento ambiental, tal fato corroborou para um bom nível de consistência e completeza dos seus dados, principalmente com relação a confiabilidade e correlação geográfica. Um resumo desta análise é apresentado na tabela 48.

Tabela 48: Níveis de consistência e confiabilidade dos dados para as etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS

Indicadores de qualidade dos dados	Confiabilidade	Completeza	Correlação Temporal	Correlação Geográfica	Correlação Tecnológica
Fase Agrícola	Muito bom	Excelente	Excelente	Excelente	Bom
Fase Industrial	Muito bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Bom
Etapa de Uso e Transporte	Muito bom	Bom	Razoável	Bom	Razoável

Fonte: Do autor

6.1.2. Análise de Contribuição

As três fases/etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metflica apresentam contribuições diferenciadas. Tal como demonstrado nas figuras 36 a 42 (páginas, 137a 140), e já anteriormente comentado, observa-se que a fase agrícola apresenta suas maiores contribuições nas categorias de impacto: eutrofização, aquecimento global e uso do solo. A fase industrial possui contribuições de impacto predominantes nas categorias recursos abióticos e uso da água. Por fim, a etapa de transporte e uso contribui de forma predominante na categoria de impacto: acidificação.

Vale destacar que uma análise mais detalhada sobre as contribuições de impacto por processos já foi realizada no item 5.11 deste trabalho, sendo que os principais resultados desta análise estão apresentados nas figuras 43 a 54 (páginas 144 a 150) com os respectivos comentários a respeito de cada uma destas contribuições.

Porém, para fins de uma futura análise de sensibilidade buscando avaliar de que forma os resultados são afetados por incerteza de dados, métodos de alocação ou forma de cálculo dos resultados, realizou-se uma identificação das contribuições mais relevantes ao nível de processos para o ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho. Desta maneira, a tabela 49 apresenta as categorias de impacto e os processos que apresentam as maiores contribuições levando em conta todo o ciclo de vida do biodiesel de soja.

Tabela 49: Identificação das contribuições importantes(>10%) para o ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metilica no RS.

Categoria de Impacto	Processo	Contribuição
Uso do Solo	Plantio da Soja	97,8%
Acidificação	Queima do Biodiesel	85,8%
Eutrofização	Semeadura	82,7%
Recursos Abióticos	Metanol	42,8%
Uso da Água	Hidróxido de Sódio	36,5%
Aquecimento Global	Mudança de Uso da Terra	33,5%
Aquecimento Global	Queima do Biodiesel	27,9%
Uso da Água	Energia Elétrica	22,1%
Uso da Água	Metanol	12,5%

Fonte: Do autor

6.1.3. Análise de Sensibilidade

Os cálculos da análise de sensibilidade foram conduzidos de modo a determinar a influência dos processos que apresentaram uma contribuição superior a 10% sobre os impactos totais relacionados a cada categoria de impacto. Assim, conforme já demonstrado na tabela 49, verifica-se que 9 (nove) processos acabam se destacando. A área ocupada para o plantio da soja, a etapa de queima do biodiesel e o processo de semeadura configuraram-se como processos de impactos predominantes respectivamente nas categorias de impacto: uso do solo, acidificação e eutrofização. Os demais processos: produção e transporte do metanol, mudança de uso da terra durante a fase agrícola, produção e transporte do hidróxido de sódio e geração e transmissão da energia elétrica durante a fase industrial apesar de apresentarem uma contribuição relevante nas categorias de impacto: recursos abióticos, uso da água e aquecimento global, não contribuem de forma predominante como aqueles anteriormente citados.

Vale destacar que dois processos: etapa de queima do biodiesel e produção e transporte do metanol demonstraram contribuições de impacto relevantes em mais de um processo. Tal constatação demonstra uma importância ainda maior destes processos nos impactos ambientais no ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho.

Em relação ao impacto uso do solo, propôs-se, aqui, realizar uma variação de 25% do valor utilizado no estudo, pois verificou-se durante a amostragem da coleta de dados que a produtividade pode atingir valores de 2300 até 3500 kg/ha conforme já comentado no item 5.1.1 deste trabalho. Portanto, a variação tem a proposta de utilizar um cenário que se aproxime do melhor e do pior caso (2970 ± 743 kg/ha). Observa-se na tabela 50, que o resultado apresenta uma variação significativa, ou seja, as maiores e

menores produtividades acabam minimizando ou maximizando o impacto do uso do solo em até 24% do impacto total.

Tabela 50: Variação do impacto de uso do solo pela variação da área ocupada durante o plantio da soja.

Cenário	Valor (ha)	Impacto (m²)	Variação (%) sobre o total (110,26 m²)
Área Ocupada – plantio da soja(-25%)	2,5256.10 ⁻⁴	80,85	-24,45%
Área Ocupada – plantio da soja	3,3674.10 ⁻⁴	107,80	-
Área Ocupada – plantio da soja (+25%)	4,2093.10 ⁻⁴	134,75	+24,45%

Fonte: Do autor

Para o impacto acidificação, verificou-se que a maior contribuição deve-se as emissões de NO_x durante a etapa de uso do combustível. Nesse caso foi proposta uma variação de 40% do valor utilizado no estudo. Esta variação baseou-se nos valores mínimo e máximo quando comparados a média (tabela 29). Estes valores tiveram como fonte: Wang et al. (2000), Kozerski (2006) e Maziero et al. (2006). Neste caso, verifica-se na tabela 51 que enquanto os valores sugeridos por Maziero et al. (2006), que acabaram apresentando o valor máximo, aumentam o impacto de acidificação em cerca de um terço, o oposto ocorre quando se utiliza os valores sugeridos por Wang et al. (2000) que acabaram apresentando o valor mínimo da amostragem.

Tabela 51: Variação do impacto de acidificação pela variação da emissão de NO_x durante a queima de biodiesel.

Cenário	Valor (kg)	Impacto (kg SO₂ equiv.)	Variação (%) sobre o total (0,63 kg SO₂ equiv.)
Emissão de NO _x durante a queima do biodiesel (-40%)	0,651	0,405	-34,4%
Emissão de NO _x durante a queima do biodiesel	1,085	0,632	-
Emissão de NO _x durante a queima do biodiesel (+40%)	1,519	0,841	+34,4%

Fonte: Do autor

Na categoria de impacto eutrofização foi proposta uma variação nos componentes do fertilizante que apresentam as maiores contribuições na etapa de semeadura. Desta forma, sugere-se uma variação de 100% no nitrogênio e de 50% do fósforo no fertilizante utilizado (tabela 52). No caso do nitrogênio esta variação baseou-se na viabilidade de fixação deste componente no solo pela cultura da soja o que possibilitaria a utilização de um fertilizante que não contenha nitrogênio. Para o caso do fósforo esta variação esta vinculada aos valores mínimos apresentados na amostragem de dados (tabela 14, páginas 106), pois se verificou a utilização de fertilizantes por parte dos agricultores com metade da quantidade de fósforo considerada neste trabalho. Assim, se

forem seguidas as premissas da não necessidade de utilização de nitrogênio e de metade da quantidade de fósforo nos fertilizantes utilizados para o plantio de soja, o impacto total de eutrofização reduziria em 42,3%. Da mesma forma, o impacto total de eutrofização seria acrescido neste mesmo valor caso se aumentasse as quantidades de fósforo e nitrogênio nas escalas aqui propostas.

Tabela 52: Variação do impacto de eutrofização pela variação da emissão de nitrogênio e fósforo durante a etapa de semeadura da fase agrícola.

Cenário	Valor (kg)	Impacto (kg PO₄ equiv.)	Variação (%) sobre o total (1,10 kg PO₄ equiv.)
Emissão de nitrogênio e fósforo na etapa de semeadura (-100% de nitrogênio e -50% de fósforo)	0,00 de nitrogênio e $1,025 \cdot 10^{-2}$ de fósforo	0,444	-42,3%
Emissão de nitrogênio e fósforo na etapa de semeadura	$1,85 \cdot 10^{-3}$ de nitrogênio e $2,05 \cdot 10^{-2}$ de fósforo	0,909	-
Emissão de nitrogênio e fósforo na etapa de semeadura (+100% de nitrogênio e +50% de fósforo)	$3,7 \cdot 10^{-3}$ de nitrogênio e $3,075 \cdot 10^{-2}$ de fósforo	1,374	+42,3%

Fonte: Do autor

No que se refere à influência do metanol na categoria de impacto recursos abióticos, propôs-se também neste caso uma variação de 50% (tabela 53). Tal proposta foi feita com base na estequiometria e eficiência da reação. Diz-se isso, pois Apostolakou et al. (2009), Suarez (2009a) e Fontoura (2010) colocam que para poder se obter um bom rendimento da reação de transesterificação deve-se trabalhar com um excesso de 3 a 7 moles de metanol para um mol de óleo. Como no trabalho em questão realizou-se o balanço mássico com um excesso de 3 moles de metanol, a proposta então sugere a utilização de 6 ± 3 moles de metanol. Desta maneira, percebe-se que a utilização do metanol sem excesso, repercute na diminuição de um pouco mais de 20% dos impactos totais gerados na categoria recursos abióticos, enquanto a utilização de 6 moles em excesso acabam maximizando o impacto total neste mesmos 21,4% dos impactos totais. Vale destacar que nesta proposição não está sendo levado em consideração as consequências desta variação com relação à eficiência da reação e, por consequência, na quantidade final de biodiesel de soja obtido.

Tabela 53: Variação do impacto de recursos abióticos pela variação do metanol na fase industrial.

Cenário	Valor (kg)	Impacto (MJ equiv.)	Variação (%) sobre o total (205,0 MJ)
Metanol (-50%)	1,297	43,80 MJ	-21,4%
Metanol	2,593	87,80 MJ	-
Metanol (+50%)	3,890	131,80 MJ	+21,4%

Fonte: Do autor

Na categoria de impacto aquecimento global foi proposta uma variação de 100% para as emissões de GEE devido a MUT (tabela 54) e de 40% para as emissões de GEE para a etapa de uso do biodiesel. Para o caso da MUT, partiu-se da premissa de um cenário sem ocorrência da mesma variando até o limite da MUT considerada neste trabalho poder dobrar. Já para a etapa de uso do biodiesel, a proposição utilizou como base a comparação do valor mínimo e médio dos dados utilizados para calcular o valor apresentado no inventário (tabela 32, página 128).

Tabela 54: Variação do impacto de aquecimento global pela variação das emissões dos GEE gerados pela MUT na fase agrícola.

Cenário	Valor (kg)	Impacto (kg CO₂ equiv.)	Variação (%) sobre o total (42,80 kg CO₂ equiv.)
Emissão de GEE devido a MUT (-100%)	0,0 de CO ₂ e de N ₂ O	11,51	-28,0%
Emissão de GEE devido a MUT	0,347 de CO ₂ e 9,2.10 ⁻⁵ de N ₂ O	23,51	-
Emissão de GEE devido a MUT (+100%)	0,694 de CO ₂ e 1,84.10 ⁻⁴ de N ₂ O	35,51	+28,0%

Fonte: Do autor

Verifica-se pelas tabelas 54 e 55, que enquanto a variação das emissões de GEE devido a MUT na fase agrícola pode influenciar em 28% dos impactos totais da categoria aquecimento global, a variação das emissões dos GEE na etapa de uso do biodiesel influencia em 11,2% dos impactos totais nesta mesma categoria de impacto. Desta forma, ao se considerar a soma das duas variações, o resultado final alcança quase que 40% dos impactos totais na categoria aquecimento global.

Tabela 55: Variação do impacto de aquecimento global pela variação das emissões dos GEE gerados pela fase de uso.

Cenário	Valor (kg)	Impacto (kg CO₂ equiv.)	Variação (%) sobre o total (42,80 kg CO₂ equiv.)
Emissão de GEE devido a queima de biodiesel (-40%)	7,12 CO ₂ fóssil e 57,93 de CO ₂ biogênico	7,12	-11,2%
Emissão de GEE devido a queima de biodiesel	11,92 de CO ₂ fóssil e 96,55 de CO ₂ biogênico	11,92	-
Emissão de GEE devido a queima de biodiesel (+40%)	16,72 de CO ₂ fóssil e 135,17 de CO ₂ biogênico	16,72	+11,2%

Fonte: Do autor

Por fim, a categoria de impacto uso da água apresenta três processos com contribuições relevantes. Para a proposição de 50% de variação feita para o metanol (tabela 58), a mesma seguiu o mesmo raciocínio já comentado para a variação deste processo na categoria de impacto: recursos abióticos. No que se refere aos processos de obtenção dos insumos: hidróxido de sódio e energia elétrica (tabelas 56 e 57) a variação

de 25% e 50%, respectivamente, baseou-se, mais uma vez, nos valores mínimos e máximos quando comparados à média (tabelas 19 a 22, páginas 117 a 119).

Tabela 56: Variação do impacto de uso da água pela variação do hidróxido de sódio na fase industrial.

Cenário	Valor (kg)	Impacto (m³)	Variação (%) sobre o total (8,02 m³)
Hidróxido de Sódio (-25%)	0,9641	2,197	+9,1%
Hidróxido de Sódio	1,2854	2,930	-
Hidróxido de Sódio (+25%)	1,6067	3,663	-9,1%

Fonte: Do autor

Tabela 57: Variação do impacto de uso da água pela variação da energia elétrica na fase industrial.

Cenário	Valor (MJ)	Impacto (m³)	Variação (%) sobre o total (8,02 m³)
Energia Elétrica (-50%)	34,9497	0,8825	-11,0%
Energia Elétrica	69,8994	1,765	-
Energia Elétrica(+50%)	104,8491	2,6475	+11,0%

Fonte: Do autor

Tabela 58: Variação do impacto de uso da água pela variação do metanol na fase industrial.

Cenário	Valor (kg)	Impacto (m³)	Variação (%) sobre o total (8,02 m³)
Metanol (-50%)	1,297	0,50	-6,2%
Metanol	2,593	1,00	-
Metanol (+50%)	3,890	1,50	+6,2%

Fonte: Do autor

Assim, tais variações nos processos resultam em variações em cerca de 9%, 11% e 6% respectivamente para os processos de obtenção dos insumos: hidróxido de sódio, energia elétrica e metanol. Vale destacar que quando somadas as variações dos processos destes três insumos, a contribuição apresenta uma variação superior a 25% dos impactos totais do uso da água.

6.1.4. Análise de Incerteza

Utilizou-se o próprio software de ACV para realizar a simulação de incerteza dos dados (Monte Carlo). Vale destacar que enquanto os impactos: recursos abióticos, acidificação, eutrofização e aquecimento global foram simulados utilizando a metodologia CML-IA, os impactos uso do solo e uso da água foram simulados pela metodologia ReCiPe Midpoint. Esta opção ocorreu, devido a não disponibilidade nos softwares de ACV utilizados neste departamento da Universidade de uma metodologia que possuísse um método que englobasse as 6 (seis) categorias de impacto aqui definidas. Os resultados da análise estão apresentados na tabela 50 e na Figura 66.

Observando-se os dados da tabela 59e, principalmente, a figura 64, percebe-se pelas barras de erro que representam o intervalo de incerteza, que as maiores variações foram das categorias de impacto uso do solo e uso da água, sendo que as categorias

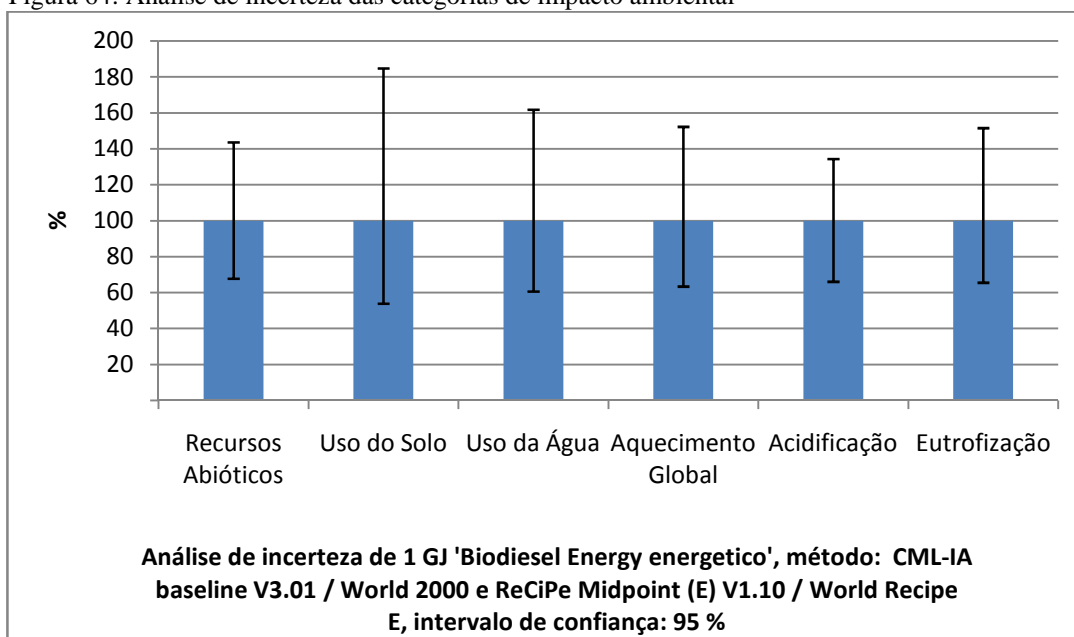
acidificação e recursos abióticos demonstram as menores incertezas. De uma forma geral os dados resultantes dos impactos ambientais demonstraram um grau de incerteza baixo e dentro das variações encontradas em outros trabalhos (Murphy e Guo, 2012; Bieda, 2014) o que valida em parte a escolha por estas categorias ambientais no estudo em questão, principalmente com relação às categorias de impacto: acidificação, recursos abióticos, eutrofização e aquecimento global.

Tabela 59: Estatísticas e distribuições realizadas na simulação da incerteza dos dados.

Séries realizadas	10.000
Parte dos valores que contém dados de incerteza	74,6%
Total de distribuições	439022
Indefinidas	111467
Sessão normal	326560
Normal	947
Uniforme	48

Fonte: Simapro 8.0

Figura 64: Análise de incerteza das categorias de impacto ambiental



Fonte: Simapro 8.0

6.2. INTERPRETAÇÃO DO CCV

O CCV, diferentemente da ACV ambiental não está contemplado nas normas ISO 14040 e 14044 de 2006. Todavia, para termos de homogeneização do processo e como o inventário e os impactos do CCV puderam ser alocados para a unidade funcional, este estudo buscou contemplar na interpretação da CCV as etapas de análise de consistência e completudeza, análise de contribuição e análise de sensibilidade e incerteza.

6.2.1. Análise de Consistência e Completeza.

Assim como foi realizada para a ACV ambiental, esta análise também foi baseada na classificação de indicadores da qualidade dos dados. Portanto, a verificação dos custos que compõem o ciclo de vida do biodiesel obedeceu a pontuação sugerida na tabela 9. Esta pontuação final, também conhecida como matriz pedigree acabou então determinando a consistência e completeza dos dados utilizados para o cálculo dos impactos dos custos do ciclo de vida. Portanto, esta análise de consistência está apresentada nas tabelas 17 (página 109), 24 (página 122) e 25 (página 123), mais precisamente na coluna “pedigree” onde são pontuados os quesitos de confiabilidade, completeza e correlações temporal, geográfica e tecnológica.

Tabela 60: Níveis de consistência e confiabilidade dos dados para as etapas dos custos do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS

Indicadores de qualidade dos dados	Confiabilidade	Completeza	Correlação Temporal	Correlação Geográfica	Correlação Tecnológica
Fase Agrícola	Muito bom	Muito bom	Excelente	Excelente	Excelente
Produção do Óleo de Soja	Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Bom
Etapas de Transesterificação do Biodiesel	Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Bom

Fonte: Do autor

Da mesma forma que ocorreu na ACV ambiental, a análise de consistência realizada para o CCV também demonstra que os dados coletados para a fase agrícola apresentam uma consistência e completeza superior aos dados da fase industrial. Isto se explica pela disponibilidade de dados da fase agrícola junto ao CONAB e Ministérios da Agricultura e Desenvolvimento Agrário. O mesmo, não ocorre para a fase industrial, onde a disponibilização de dados pelas empresas torna-se um tanto quanto difícil e a viabilidade de um levantamento de custos acaba se dando via bibliografia da área, indicadores e dados macroeconômicos e setoriais disponibilizados pela Secretária do Comércio Exterior, anuários da Indústria Química e fundações e institutos econômicos. Durante a busca por valores obteve-se diversos dados atualizados, ou seja, referentes aos últimos 3 anos com relação a insumos, infra-estrutura e manutenção da indústria química no Brasil. Porém, tal sucesso não ocorreu quando da busca pela obtenção de fontes específicas da indústria do biodiesel, principalmente do biodiesel de soja. Tal fato

reproduziu-se na não manutenção do nível de qualidade dos dados coletados para a fase agrícola. Um resumo desta análise é apresentado na tabela 60.

6.2.2. Análise de Contribuição

No item 5.12 deste trabalho, pode-se verificar uma análise sobre as contribuições de impacto dos custos tanto por fase (figuras 55, página 151 e figura 57, página 153 e suas respectivas discussões), como por componentes (figura 56, página 152 e seus respectivos comentários). Somado a isso, neste mesmo item do trabalho, as figuras 58 a 60 (páginas 154 e 155) descrevem os processos que apresentam as principais contribuições em cada elemento (insumos, infra-estrutura/manutenção e despesas financeiras) em cada uma das fases estipuladas (fase agrícola, produção do óleo de soja e transesterificação do biodiesel).

Assim, buscando então dados que auxiliem numa futura análise de sensibilidade, realizou-se uma identificação das contribuições mais relevantes ao nível de processos para os custos do ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho. Desta maneira, a tabela 61 apresenta os principais custos levando em conta todo o ciclo de vida.

Tabela 61: Identificação das contribuições importantes (>5%) para os custos ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metflica no RS.

Categoria de Custo	Processo	Contribuição
IE/M – Fase Industrial	Aluguel	10,3%
Insumos – Fase Industrial	Energia Elétrica	10,2%
IE/M – Fase Agrícola	Terra própria/arrendamento	7,1%
Insumos – Fase Industrial	Operação com caldeira	6,1%
Insumos – Fase Agrícola	Fertilizantes	6,1%
Insumos – Fase Agrícola	Pesticidas	5,5%
Insumos – Fase Industrial	Metanol	5,2%

Fonte: Do autor

6.2.3. Análise de Sensibilidade

Para os impactos gerados no CCV, os cálculos de sensibilidade seguiram uma abordagem um pouco diferente da determinada pelas normas ISO 14040 e 14044 e utilizada pela ACV-ambiental. Neste caso, apesar dos custos terem sido separados em três categorias: insumos, infraestrutura/manutenção e despesas financeiras, todos eles acabam compondo o mesmo impacto de custo para o ciclo de vida do biodiesel de soja, ou seja, são complementares. Desta maneira, buscou-se determinar os processos que apresentaram contribuição superior a 5% sobre os impactos totais de custo, pois neste caso em particular nenhum processo acaba predominando sobre os demais (ocorre uma diluição das contribuições devido ao caráter de complementaridade dos custos). Somado a isso, com o intuito de enriquecer um pouco mais esta análise de sensibilidade

realizaram-se substituições de insumos e retirada de componentes atualmente utilizados no custo do ciclo de vida a fim de verificar como o custo total do ciclo de vida acaba variando.

A tabela 62 apresenta uma simulação da variação de custos trabalhando com 2 (dois) dos principais componentes de custos do ciclo de vida do biodiesel de soja: energia elétrica e operação com caldeira, ambos custos ocorrentes durante a fase industrial. Nesta situação apresentada, verifica-se que ambos os insumos tratam-se de fontes de energia utilizadas na fase industrial o que possibilita a substituição de um processo pelo outro para termos de verificação da variação de custos. Assim, nota-se que a utilização da caldeira como única fonte energética acaba reduzindo os custos totais em 7,8%, enquanto que a dependência total pela energia elétrica onera os custos totais em 20,3%.

Tabela 62: Variação do impacto de custo pela variação do tipo de fonte de energia utilizada na fase industrial.

Cenário	Valor (MJ)	Custo (R\$)	Variação (%) sobre R\$ 56,88
Operação com caldeira (100%)	250,903	4,74	-7,8%
Energia Elétrica	69,8994	5,78	-
Operação com caldeira	181,0036	3,42	-
Energia Elétrica (100%)	250,903	20,75	+20,3%

Fonte: Do autor

Para o caso dos processos apresentados na tabela 63 tomou-se uma linha de raciocínio um pouco diferente, pois itens como aluguel e arrendamento tratam-se de custos fixos não fazendo qualquer sentido realizar uma variação destes componentes de custos. Então, para esta situação sugeriu-se a retirada de um ou outro componente ou de ambos. Portanto, verifica-se que a não existência destes custos resulta numa variação negativa entre 7,1% até 17,4% dos custos totais, mostrando a relevância destes componentes de custos no CCV do biodiesel de soja gaúcho.

Tabela 63: Variação do impacto de custo de arrendamento/terra própria (fase agrícola) e de aluguéis (fase industrial).

Cenário	Valor (site ou propriedade)	Custo (R\$)	Variação (%) sobre R\$ 56,88
Aluguel e Terra própria/ Arrendamento (-100%)	0 e 0	0,00 e 0,00	-17,4%
Aluguel (-100%)	0 e 1	0,00 e 4,05	-10,3%
Terra própria/ Arrendamento (-100%)	1 e 0	5,85 e 0,00	-7,1%
Aluguel	1	5,85	-
Terra própria/Arrendamento	1	4,05	-

Fonte: Do autor

Entre os insumos que mais impactam nos custos da fase agrícola destacam-se a utilização de fertilizantes e pesticidas (tabela 64). Para o caso destes insumos a variação

baseou-se na variação da produtividade já comentada no item 6.1.3 deste trabalho. Tomou esta premissa como base da variação, pois as quantidades de aplicação destes insumos são sempre calculadas por hectare. Portanto, um aumento ou diminuição da produtividade repercute numa variação das quantidades de fertilizante e pesticida por quantidade de soja colhida, fazendo com que os fluxos mássicos destes insumos apresentem uma variação considerável em relação a unidade funcional neste estudo. Desta maneira, verifica-se que a variação de pesticidas e fertilizantes resulta numa diminuição ou aumento de 2,9% dos custos totais no CCV. Vale destacar que se for considerado somente a fase agrícola, esta variação de custos seria superior a 7% dos custos relacionados a esta fase. Portanto, pode-se perceber a importância que a produtividade apresenta para o fluxo de caixa do agricultor.

Tabela 64: Variação do impacto de custo pela variação de fertilizantes e pesticidas devido a mudança de produtividade.

Cenário	Valor (kg)	Custo (R\$)	Variação (%) sobre R\$ 56,88
Fertilizantes e Pesticidas (-25%)	4,359 e 0,1317	4,95	-2,9%
Fertilizantes	5,812	3,48	-
Pesticidas	0,1757	3,12	-
Fertilizantes e Pesticidas (+25%)	7,265 e 0,2197	8,25	+2,9%

Fonte: Do autor

Por fim, realizou não só uma variação do metanol como também a substituição deste pelo etanol, a fim de verificar o impacto final nos CCV total (tabela 65). Assim, enquanto a variação de 50% do metanol repercute numa variação de 2,6% dos custos totais, ao realizar a simples substituição do metanol pelo etanol resulta numa variação a maior de 5,3% dos custos totais no ciclo de vida do biodiesel de soja. Vale ressaltar que a troca de etanol para metanol tratou-se somente de uma simples substituição sem a verificação de qualquer variação nas quantidades do etanol.

Tabela 65: Variação do impacto de custo pela variação de metanol e pela substituição por etanol.

Cenário	Valor (kg)	Custo (R\$)	Variação (%) sobre R\$ 56,88
Metanol (-50%)	1,297	1,49	-2,6%
Metanol	2,593	2,97	-
Metanol (+50%)	3,890	4,46	+2,6%
Etanol*	3,727	5,98	+5,3%

Fonte: Do autor

* CEPEA/USP (cepea.usp.br/English/ethanol)

6.2.4. Análise de Incerteza

Para a análise de incerteza dos impactos da CCV utilizou-se outro software (Crystal Ball). Neste caso, a abordagem acabou sendo um pouco diferente da realizada para os impactos da ACV ambiental. Foram utilizadas as seguintes premissas:

- Considerou-se somente os 3 principais contribuintes de impacto em cada uma das etapas.

- A análise foi realizada sem correlação dos elementos e volatilidade implícita de 10% dos valores.

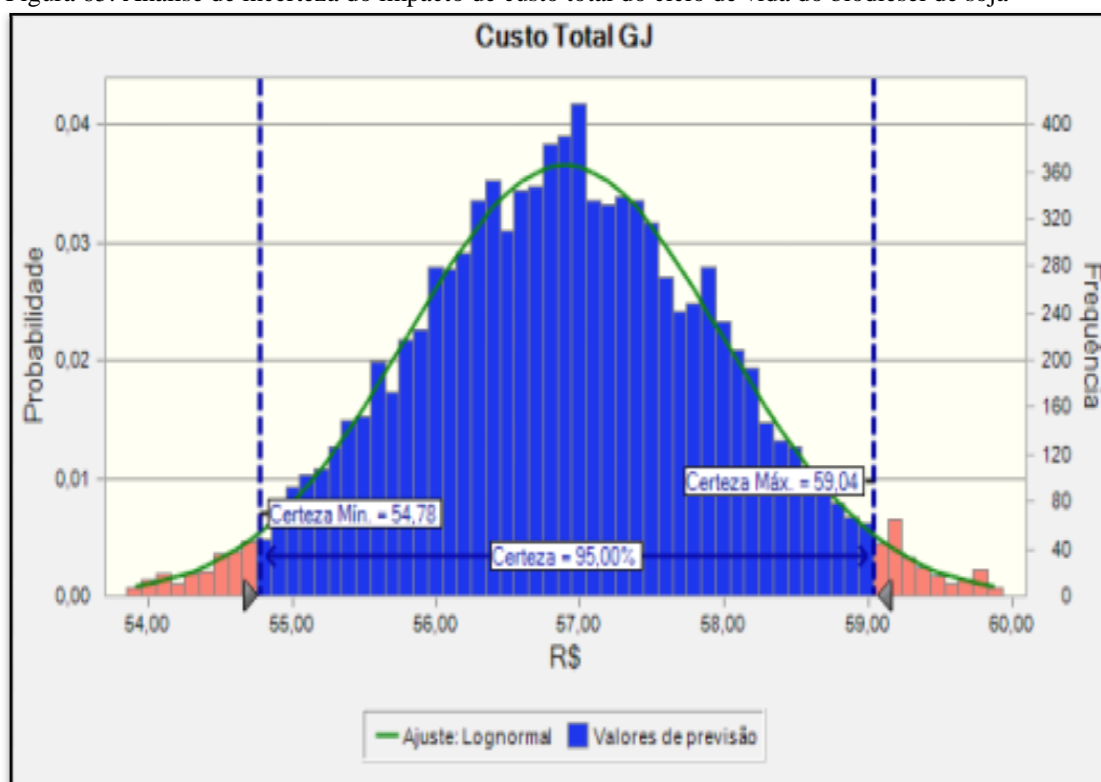
- Distribuição normal.

- Número de avaliações executadas: 10.000.

- Nível de confiança: 95%.

Com base nestas premissas chegou-se ao resultado apresentado na figura 67. Neste caso verifica-se que para o valor de R\$ 56,88 de custo para a unidade funcional definida (1 GJ de biodiesel), os valores apresentam um intervalo inteiro entre R\$ 52,24 e R\$ 61,30 e um intervalo de certeza de R\$ 54,78 a R\$ 59,04, ou seja, uma variação de incerteza em cerca de $\pm 8\%$.

Figura 65: Análise de incerteza do impacto de custo total do ciclo de vida do biodiesel de soja



Fonte: Crystal Ball

6.3. INTERPRETAÇÃO DA ACV-S

Este ACV devido a sua peculiaridade com relação aos dados utilizados no inventário (baseado em dados quali e semi-quantitativos) acabou resultando em impactos semiquantitativos. Por isso, esta ACV foi interpretada com uma abordagem distinta da sugerida pelas normas ISO 14040 e 14044. Foi realizada uma análise de consistência e

completeza dos dados baseado em uma matriz de teste multiusuário que toma como referência a matriz apresentada na tabela 9, porém modificada especificamente para a avaliação de dados sociais (Haaster et al. 2013). Vale destacar que estes autores consideram esta análise de consistência e completeza, também, como uma análise de incerteza da qualidade dos dados.

Já, com relação às análises de contribuição e sensibilidade, as mesmas, neste caso particular, serão substituídas por uma interpretação comparativa dos impactos obtidos neste trabalho com os dados socioeconômicos coletados para os municípios que englobam as fases agrícola e industrial contemplados neste trabalho (tabelas 33 a 35, páginas 124a 6. Desta forma, tal interpretação comparativa busca mostrar a contribuição e influência social das etapas constituintes do ciclo de vida do biodiesel para os setoressocioeconômico destes municípios.

6.3.1. Análise de Consistência, Completeza e Incerteza

Esta análise foi baseada na matriz pedigree para dados sociais específicos por setor e na média de escores obtidos no grupamento destas pontuações conforme sugerido por Haaster et al. (2013). O resultado dos escores e a respectiva média obtida para cada uma das etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja é apresentado na tabela 57.

Tabela 66: Matriz pedigree e média dos escores conforme apresentado por Haaster et al. (2013) para as etapas do ciclo de vida social do biodiesel de soja no RS

Escore de qualidade dos dados	Confiabilidade	Completeza	Correlação Temporal	Correlação Geográfica	Média dos Escores
Fase Agrícola	1	2	2	1	1,5
Fase Industrial	1	1	1	1	1
Etapa de Uso e Transporte	1	3	1	1	1,5

Fonte: Do autor e Haaster et al. (2013)

Devido à necessidade de se buscar evidências e coletar diversos dados via questionários repassados a partes interessadas, verifica-se o alto nível na qualidade dos dados do inventário social. Todavia, diferentemente do que foi apresentado para a ACV ambiental e para o CCV, o ACV-S mostra que os dados coletados para a fase industrial apresentam uma consistência e completeza superior aos dados da fase agrícola. Já os dados coletados para a fase de transporte e uso acabam se equiparando aos dados da fase agrícola.

Dois fatores acabaram pesando para a leve queda de qualidade de alguns dados. O primeiro se refere a questão do questionário que foi repassado aos agricultores,

pois este repercutiu numa demora na coleta e avaliação dos dados e na não obtenção de 100% das respostas. Outro fator refere-se a coleta de dados junto as empresas de transporte e logística, pois, neste caso, obteve-se dados de somente duas empresas deste ramo. Os resultados desta análise e a incerteza dos dados conforme Haaster et al. (2013) estão apresentados na tabela 58.

Tabela 67: Níveis de consistência, confiabilidade dos dados para as etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS

Indicadores de qualidade dos dados	Confiabilidade	Completeza	Correlação Temporal	Correlação Geográfica	Incerteza
Fase Agrícola	Excelente	Muito bom	Muito bom	Excelente	Muito Baixa
Fase Industrial	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Muito Baixa
Etapas de Uso e Transporte	Excelente	Bom	Excelente	Excelente	Muito Baixa

Fonte: Do autor

6.3.2. Interpretação Comparativa Visando Verificação, Contribuição e Sensibilidade

Este item visa avaliar com inferências, de que forma cada município ou empresa acabam contribuindo no impacto social total do ciclo de vida do biodiesel de soja no Rio Grande do Sul. Tal avaliação será realizada de forma comparativa e tomando como base não só os impactos sociais obtidos neste trabalho como também os dados apresentados nas tabelas 37 a 39 (páginas 131 a 133). Devido ao caráter subjetivo dos impactos sociais obtidos, esta análise visa somente alocar os impactos sociais com relação ao cenário socioeconômico de cada município, buscando avaliar se os impactos sociais se apresentam mais positivos ou mais críticos que os dados de IDH, IDESE, Coeficiente de Gini e renda *per capita*. Além disso, foi verificada para cada fase: agrícola, industrial e de uso e transporte, a estrutura do valor adicionado bruto por setor da economia para cada município. Buscou-se demonstrar quais apresentam participações majoritárias e minoritárias, no respectivo setor, por exemplo: valor adicionado bruto do setor primário dos municípios da fase agrícola. Os dados a serem avaliados e comparados estão apresentados na figura 66 e tabelas 68 e 69.

Com relação à figura 66, a mesma tem como intenção realizar um comparativo dos impactos sociais (Índice Social) obtidos para as três fases determinadas para o ciclo de vida do biodiesel de soja com um índice sócio econômico. Este índice socioeconômico foi obtido da média dos dados de IDH, IDESE, Coeficiente de Gini e

renda *per capita* apresentados nas tabelas 37 a 39 (páginas 131a 133). Vale destacar que, no caso das fases industriais e de uso e transporte, os impactos sociais obtidos para cada empresa foram comparados com o índice socioeconômico da cidade onde estas estão sediadas. Uma vez de posse destes valores, os mesmos foram alocados lado a lado a fim de verificar se o impacto social obtido neste trabalho se apresentava superior (impacto social positivo) ou inferior (impacto social crítico) ao respectivo índice socioeconômico. Desta maneira estes dados foram ordenados de forma classificatória, colocando-se no topo os municípios ou empresas que apresentaram um impacto mais positivo que respectivo índice socioeconômico e na parte de baixo desta figura foram colocados os municípios ou empresas que apresentaram um impacto social mais crítico que o respectivo índice socioeconômico.

Tal comparação possibilita inferir que as partes interessadas da fase agrícola dos municípios de Dois Irmãos das Missões até São Luiz Gonzaga (cima para baixo) contribuem com impactos sociais positivos. Já, com relação os municípios de Capão do Cipó até Lagoa Vermelha (cima para baixo) verifica-se o contrário, ou seja, pode-se inferir que as partes interessadas da fase agrícola destes municípios contribuem com impactos sociais mais críticos que os resultados encontrados para o índice socioeconômico dos respectivos municípios. A mesma comparação pode ser feita para as etapas industrial e de transporte. Neste caso, pode-se inferir que as empresas Fuga Couros, Camera, Olfar e BSBIOS demonstram impactos sociais positivos para os municípios de Camargo, Ijuí, Erechim e Passo Fundo, respectivamente. Para as empresas Bocchi, Bianchini, Três Tentos, Granol, Oleoplan, assim como as duas empresas de logística (granéis líquidos e de grãos) pode-se inferir que estas contribuem com impactos sociais mais críticos que os resultados encontrados para o índice socioeconômico nos municípios de Muitos Capões, Canoas, Ijuí, Cachoeira do Sul, Veranópolis, Canoas e Ijuí, respectivamente.

Outro levantamento que foi realizado trata-se da análise da estrutura do valor adicionado. Neste caso, tomando como base os dados da tabela 38 (página 132) verificou-se para a fase agrícola que 4 municípios possuem sua economia majoritariamente baseada no setor primário, ou seja, superior a 50% (tabela 68). Para o caso dos municípios que possuem sua economia com participação minoritária neste setor da economia, verificou-se também que outros 4 municípios possuem menos de 10% da sua economia baseada no setor agropecuário (tabela 68).

Tabela 68: Participações majoritárias e minoritárias do setor agropecuário no valor adicional bruto dos municípios integrantes da fase agrícola.

Cidade	Participação (%)
Muitos Capões	73,54
Boa Vista do Cadeado	56,37
Dois Irmãos das Missões	52,04
Capão do Cipó	51,33
Marau	9,13
Cruz Alta	5,96
Ijuí	5,65
Passo Fundo	1,80

Fonte: IBGE (2013a)

Figura 66: Comparativo dos impactos sociais (Índice Social) com o índice socioeconômico das cidades que tiveram dados coletados para o inventário social

Cidades/Empresas	Índice Social	Índice Sócio-Econômico
FASE AGRÍCOLA		
Dois Irmãos das Missões		
Boa Vista do Cadeado		
Girúá		
Palmeira das Missões		
Santa Bárbara do Sul		
São Luiz Gonzaga		
Marau		
Tupanciretã		
Chapada		
Capão do Cipó		
Cruz Alta		
Muitos Capões		
Santo Augusto		
Júlio de Castilhos		
Cachoeira do Sul		
São Miguel das Missões		
Espumoso		
Ijuí		
Jóia		
Passo Fundo		
Ibirubá		
Rondinha		
Lagoa Vermelha		
FASE INDUSTRIAL		
FUGA COUROS		
CAMERA		
OLFAR		
BSBIOS		
BOCCHI		
BIANCHINI		
TRÊS TENTOS		
GRANOL		
OLEOPLAN		
TRANSPORTE		
Logística de Granéis Líquidos		
Logística de Grãos		

Fonte: Do autor

Com relação às fases industrial e de transporte, o resultado desta avaliação encontra-se na tabela 69. Nestas etapas, a estrutura do valor adicionado demonstra que somente uma empresa, Oleoplan encontra-se localizada em um município (Veranópolis) baseado majoritariamente no setor secundário. Já, no que se refere a participação minoritária, verifica-se que 2 (duas) empresas: Fuga Couros e Bocchi, localizam-se em municípios com uma participação inferior a 10% do valor adicionado bruto relacionado ao setor secundário, Camargo e Muitos Capões, respectivamente. Por fim, nesta mesma tabela 69, verifica-se que as duas empresas de logística localizam-se em municípios que apresentam uma estrutura de valor adicionado predominantemente voltada ao setor terciário.

Tabela 69: Participações majoritárias e minoritárias dos setores industrial e de serviços no valor adicional bruto dos municípios das fases industrial e de transporte

Cidade	Setor Indústria (%)	Setor Serviços (%)
Veranópolis	52,12	-
Camargo	8,33	-
Muitos Capões	3,12	-
Ijuí	-	80,57
Canoas	-	62,26

Fonte: IBGE (2013a)

Os resultados apresentados nas tabelas 68 e 69 têm o objetivo de sugerir que estes municípios apresentam-se com uma maior ou menor sensibilidade de impacto social caso os atores avaliados neste trabalho (cooperativas de agricultores e empresas) apresentem uma variação nas ações e evidências levantadas para a determinação dos impactos sociais. Isso acaba demonstrando uma potencial maior sensibilidade de influência e importância que estas cooperativas e empresas acabam tendo para os impactos sociais nos municípios citados nas tabelas 68 e 69.

6.4. INTERPRETAÇÃO DA ASCV

Uma vez realizada a interpretação de cada uma das ACV que compõem a ASCV, a próxima etapa trata-se de interpretar os resultados destas ACV de forma conjunta. O objetivo desta interpretação é verificar potenciais pontos críticos, relações e sinergias que resultaram da interpretação conjunta do ACV ambiental, CCV e ACV-S resultando então numa proposta de Avaliação de Sustentabilidade do Ciclo de Vida do biodiesel de soja gaúcho via rota metálica.

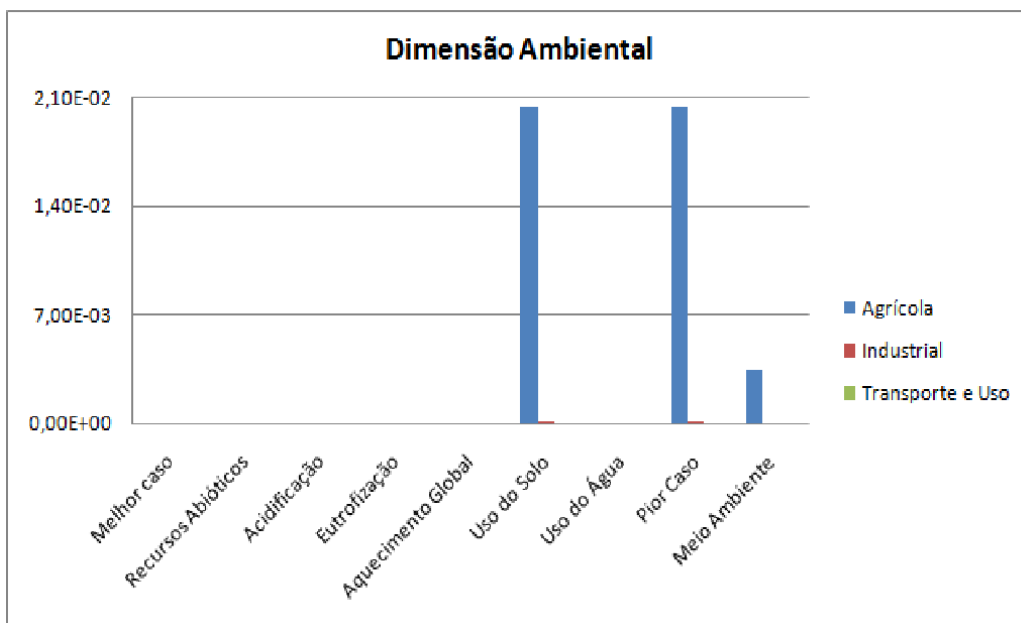
Este trabalho buscou realizar esta interpretação através de duas abordagens diferentes. A primeira abordagem trata-se da aplicação do Painel da Sustentabilidade ou

Dashboard of Sustainability (DoS) que tem como principal objetivo a verificação dos principais pontos críticos existentes na ASCV do biodiesel de soja gaúcho e as potenciais sinergias que existem entre eles. Após, uma segunda abordagem será realizada utilizando uma análise estatística buscando verificar dados de qualidade sobre a natureza da relação entre os resultados observados na ACV ambiental, CCV e ACV-S, descrevendo suas estruturas e características.

6.4.1. Determinação dos Referenciais para Termos de Comparabilidade dos Impactos da ACV Ambiental, CCV E ACV-S.

Conforme já havia sido discutido neste trabalho, a sustentabilidade nada mais é que a verificação de forma conjunta de três variáveis cujos resultados são apresentados em forma de escala onde, os mesmos muitas vezes, acabam não sendo comparáveis. O mesmo ocorre para os impactos obtidos na ACV ambiental, no CCV e na ACV-S. Desta maneira, a fim de viabilizar, ou melhor dizendo, aproximar os impactos de cada ACV para uma escala comparável, primeiramente, realizou-se uma normalização dos impactos ambientais, permitindo assim que estes possam ser comparados uns com os outros (Jolliet et al., 2003).

Figura 67: Normalização dos impactos ambientais do biodiesel de soja no RS utilizando as metodologias CML-IA e ReCiPe Midpoint.

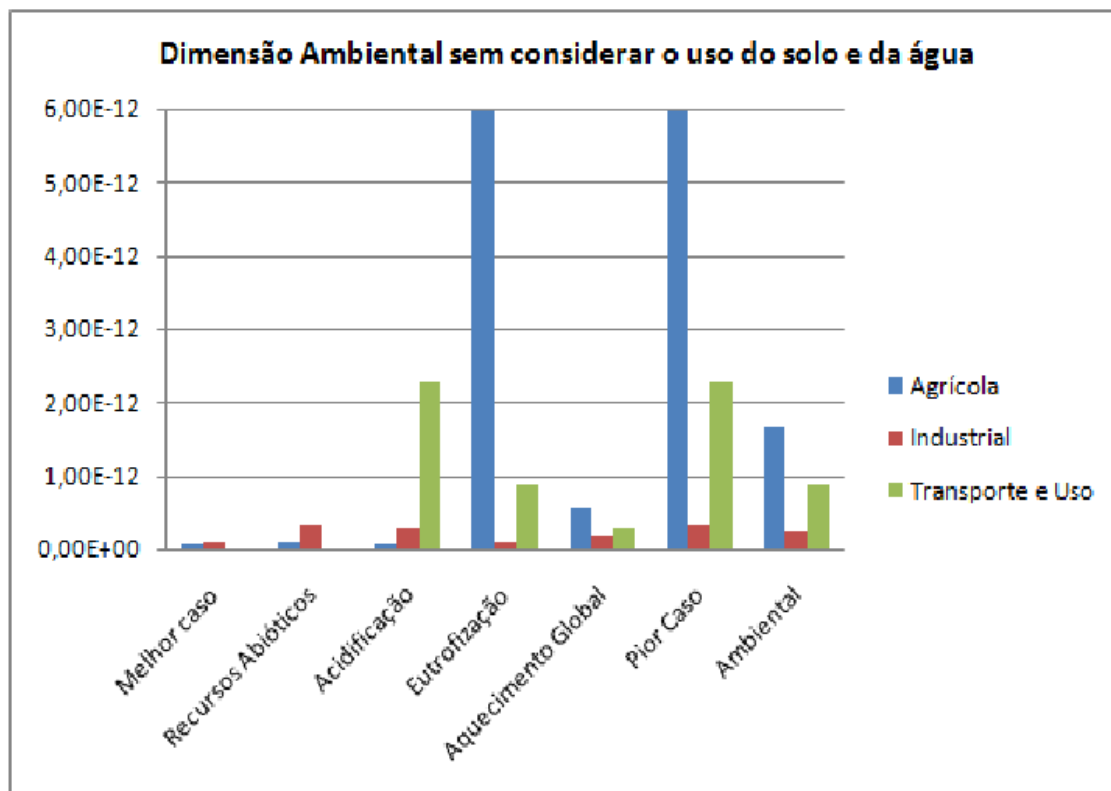


Fonte: Simapro 8.0

O resultado desta normalização encontra-se apresentado nas figuras 67 e 68. Vale destacar que assim como foi realizado para a análise de incerteza, a normalização também utilizou para os impactos: recursos abióticos, acidificação, eutrofização e aquecimento global a metodologia CML-IA. E, para os impactos uso do solo e uso da

água a normalização foi realizada utilizando a metodologia ReCiPe Midpoint. Esta opção, mais uma vez, ocorreu, devido a não disponibilidade nos softwares de ACV GaBi e Simapro utilizados neste departamento da Universidade de uma metodologia que possuísse o método de normalização que englobasse os seis impactos aqui definidos.

Figura 68: Normalização dos impactos ambientais do biodiesel de soja no RS utilizando a metodologia CML-IA e desconsiderando os impactos: uso do solo e uso da água.



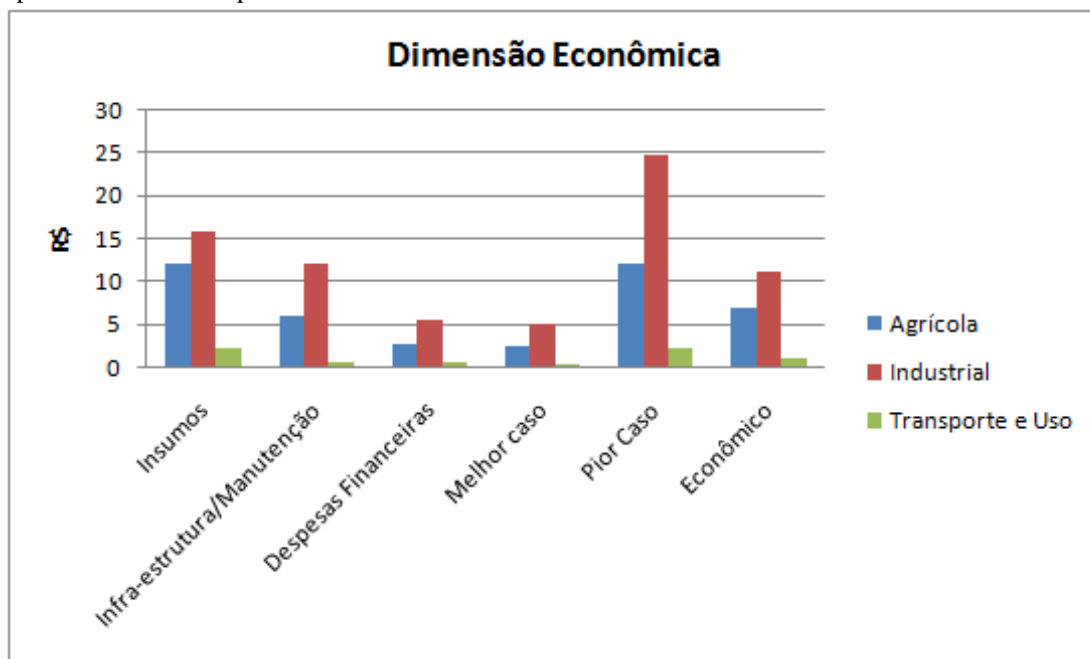
Fonte: Simapro 8.0

De acordo com a figura 67, percebe-se que o resultado da normalização do impacto uso do solo acaba se destacando dos resultados das demais normalizações. De uma mesma maneira, tal fato ocorreu de forma oposta para a normalização do impacto uso da água que acabou apresentando resultado praticamente nulo. Como estes dois impactos foram normalizados utilizando a metodologia do ReCiPe Midpoint, optou-se por realizar uma segunda normalização retirando-se estes dois impactos, permitindo assim uma normalização somente com a metodologia CML-IA. Esta opção ocorreu, pois como numa próxima etapa será realizada a interpolação destes resultados, a existência de um valor discrepante como o apresentado pela normalização do uso do solo acaba influenciando no resultado de interpolação de todos os demais impactos. Esta segunda normalização está apresentada na figura 68. Portanto, com base nesta segunda normalização tomou-se como referência para o melhor e pior caso, respectivamente o melhor e pior caso para cada fase ou etapa. Ressalta-se que neste caso, para o uso do solo

e para o uso da água mantiveram-se as normalizações obtidas e já demonstradas na figura 69 (página 181).

Com relação aos impactos econômicos, o único ajuste que se tornou necessário foi realizar uma comparação dos impactos dos custos utilizados neste trabalho com os custos de produção da cadeia produtiva de produtos substitutos. Baseado então em Barros et al. (2006), Barros et al. (2009), ABIOVE (2014), CEPEA (2014) e ANP (2013b), verificou-se que no caso do RS, além do biodiesel de óleo de soja e do próprio diesel de fonte fóssil, o mercado comporta somente o biodiesel de óleo de girassol com dados disponíveis na bibliografia. Somado a isso, realizou-se também a simulação de custos considerando o etanol ao invés do metanol na estrutura de custos do biodiesel (vide tabela 12, página 99). Portanto, baseado nos valores apresentados na tabela 12 e nas premissas sugeridas, obteve-se então as referências para o melhor e o pior caso para cada fase ou etapa. O resultado obtido para cada fase ou etapa e os respectivos referenciais estão apresentados na figura 69.

Figura 69: Impactos de cada fase ou etapa do biodiesel de soja e as respectivas referências baseadas em produtos substitutos para o caso do RS.



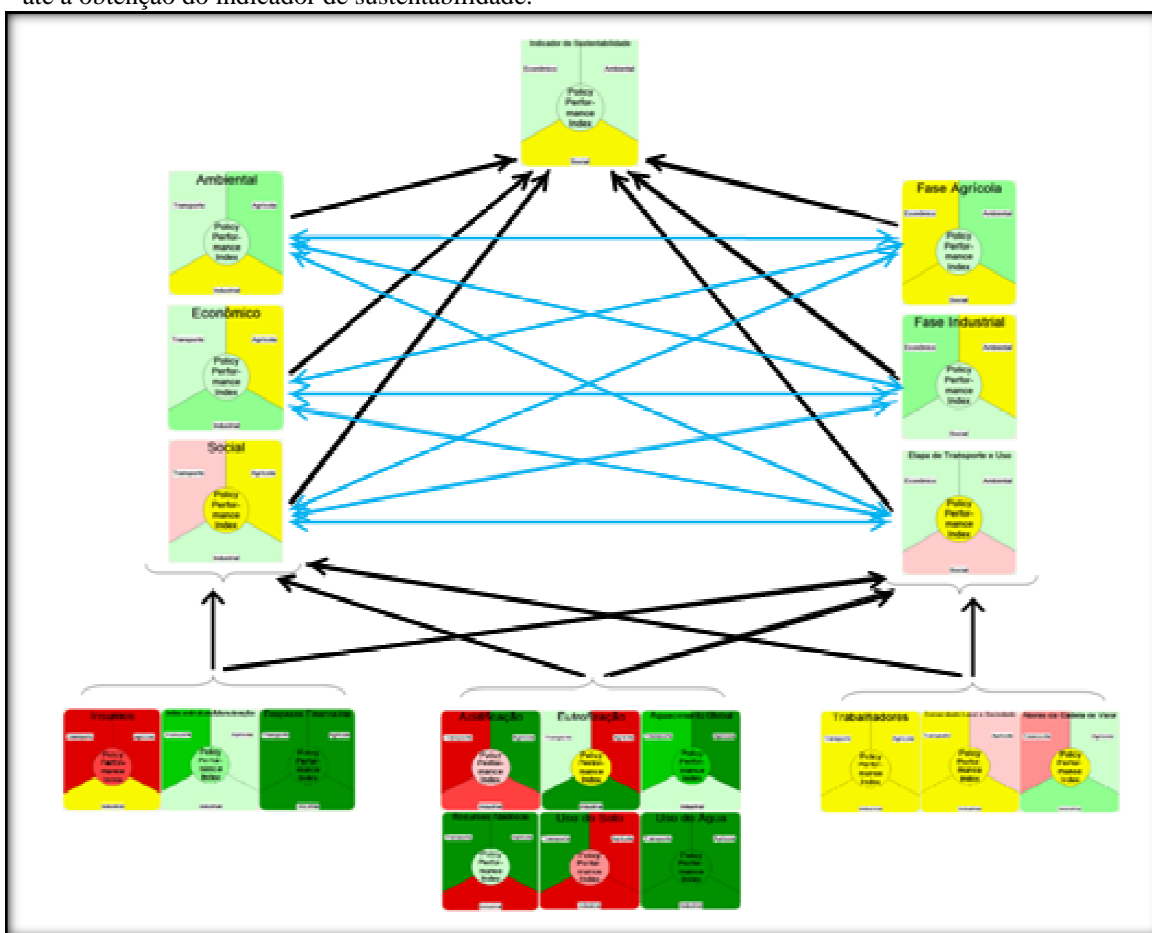
Fonte: Do autor

As adequações realizadas e demonstradas nas figuras 67, 68 e 69 tiveram o intuito de tornar os impactos obtidos na ACV ambiental e na CCV, valores de escala comparáveis com os valores obtidos para a ACV-S. Desta maneira, uma vez realizada esta aproximação de comparabilidade, pode-se, a partir desse momento, aplicar a metodologia do Indicador de Sustentabilidade (DoS) com o intuito de se realizar uma leitura integradora dos resultados individuais.

6.4.2. Interpretação Integrada Utilizando o Painel de Sustentabilidade ou Dashboard of Sustainability (DoS)

De forma a facilitar o entendimento da interpretação dos resultados, a avaliação dos impactos de cada ACV (ambiental, econômica e social) foi realizada através do agrupamento das categorias de impacto, tanto por etapa como por dimensão. A partir deste agrupamento pode-se obter um indicador final de sustentabilidade baseado nos indicadores ambiental, econômico e social, novamente agrupados. O esquema de construção destes indicadores está apresentado de forma geral na figura 70. Todavia devido à dificuldade de visualização destes indicadores nesta figura, os mesmos serão apresentados de forma individualizada nas figuras 71 até 75⁷.

Figura 70: Esquema de agrupamento dos impactos da ACV ambiental, CCV e ACV-S por fases ou etapas até a obtenção do indicador de sustentabilidade.



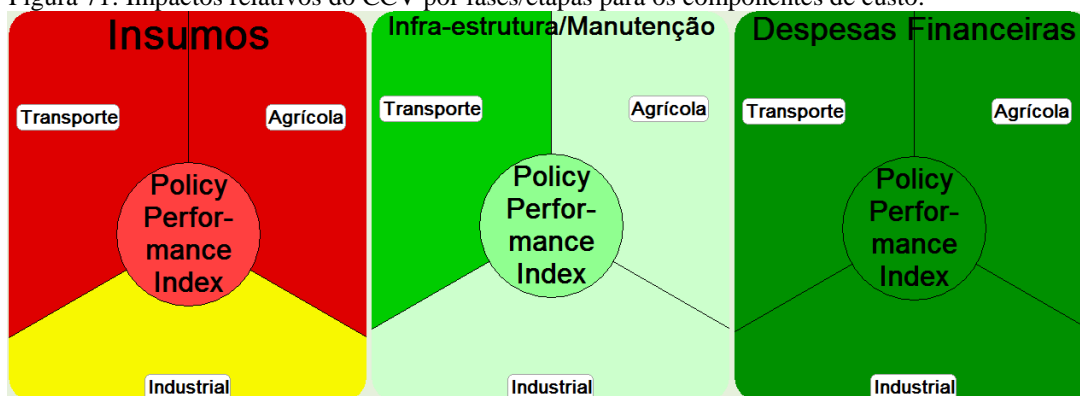
Fonte: Do autor

A figura 71 apresenta os impactos relativos do CCV por fase ou etapa em relação aos três componentes de custos (econômicos) apresentados na figura 70 (indicadores localizados na parte esquerda inferior). Percebe-se que os principais

⁷Fonte: Do autor

impactos relativos de custos ocorrem no componente insumos. Desta maneira, pode-se colocar que os pontos críticos do CCV encontram-se nos custos com insumos para as fases agrícola e de transporte/uso, enquanto os pontos críticos positivos estão apresentados para as despesas financeiras independentemente de fase ou etapa. Vale ressaltar, que esta interpretação tem como único intuito levantar as etapas críticas e positivas relacionadas aos impactos de custos sem buscar realizar qualquer avaliação de valor do tipo de custo, nem mesmo verificar potenciais de retorno ou diferenças entre custos, despesas ou investimentos.

Figura 71: Impactos relativos do CCV por fases/etapas para os componentes de custo.



A figura 72 segue a mesma linha de raciocínio realizada para a figura 71, todavia esta busca avaliar as 6 (seis) categorias de impacto ambiental, apresentados na figura 70 (indicadores localizados na parte central inferior). Desta maneira, verifica-se que os pontos críticos para os impactos ambientais relativos encontram-se: na fase agrícola para as categorias de impacto eutrofização e uso do solo, na fase industrial para as categorias de impacto recursos abióticos e uso do solo e na etapa de uso e transporte para a categoria de impacto acidificação. No entanto, pode-se notar impactos positivos para a fase agrícola nas categorias de impacto acidificação, aquecimento global, recursos abióticos e uso da água; para a fase industrial nas categorias de impacto eutrofização e uso da água e para a etapa de uso e transporte nas categorias de impacto recursos abióticos, uso do solo e uso da água.

Seguindo esta mesma linha, a figura 73 demonstra um comparativo dos impactos relativos para a ACV-S com relação às partes interessadas, apresentados na figura 70 (indicadores localizados na parte direita inferior). Neste caso, os pontos críticos encontram-se na parte interessada: atores da cadeia de valor, sendo que os impactos críticos se apresentam na etapa de uso e transporte. Os impactos positivos estão destacados na fase industrial.

Figura 72: Impactos relativos do ACV ambiental por fases/etapas para as categorias de impacto

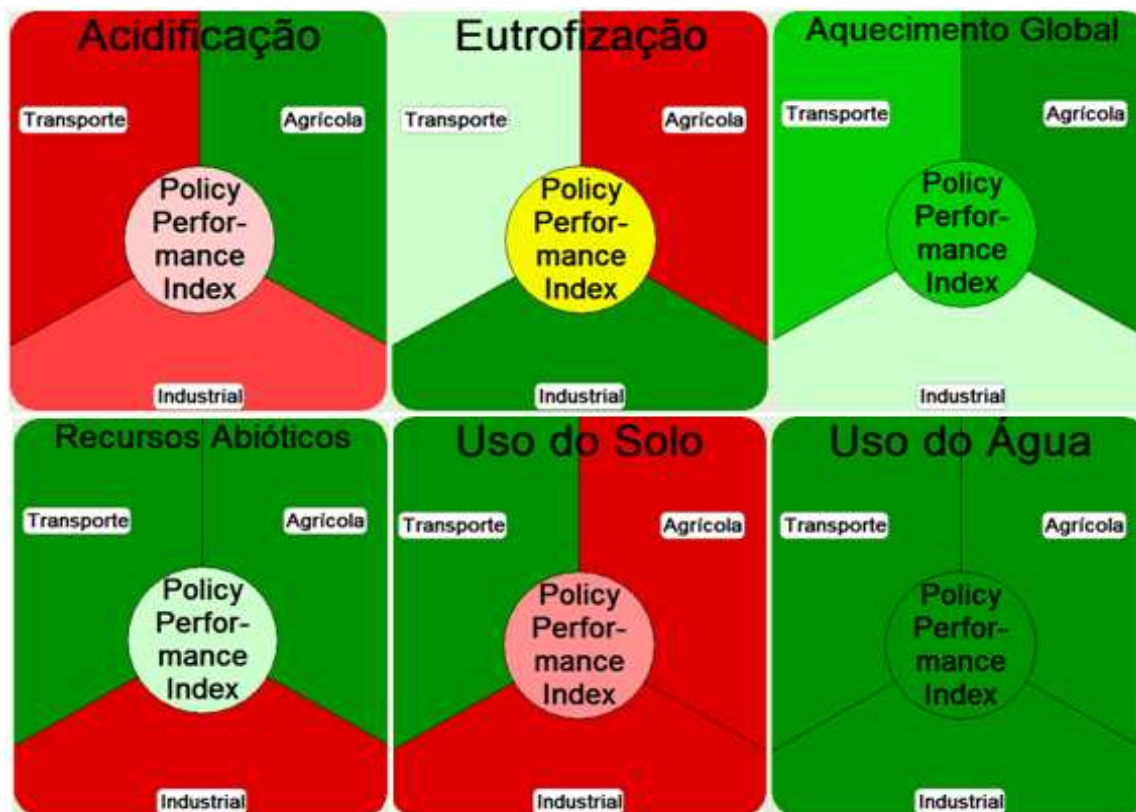
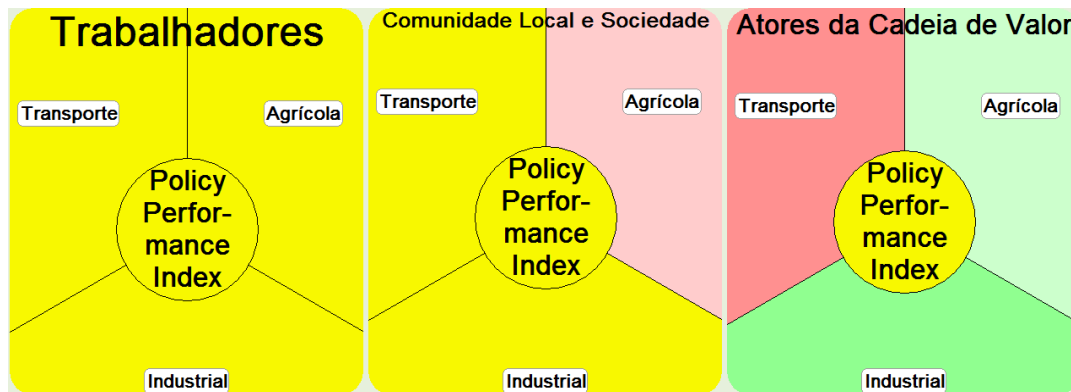


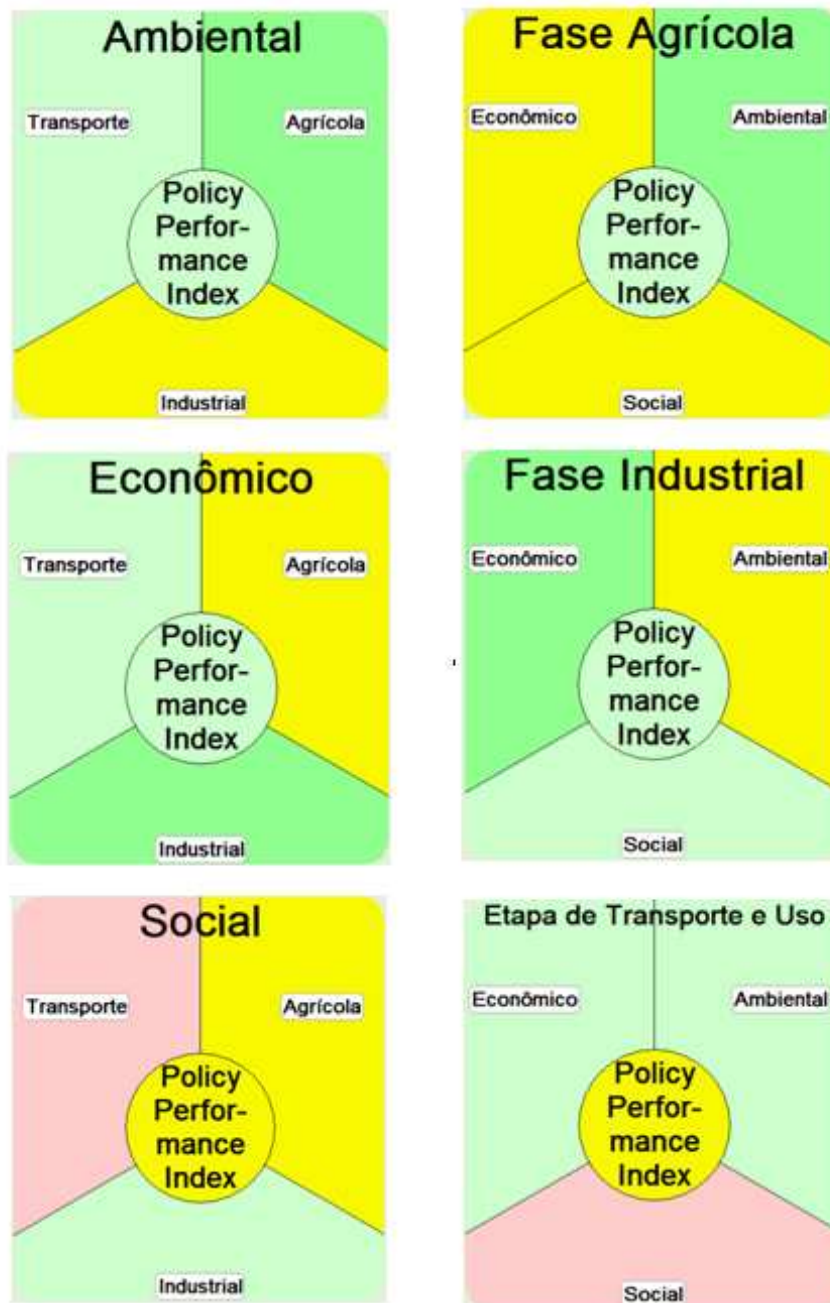
Figura 73: Impactos relativos do ACV-S por fases/etapas para as partes interessadas



Seguindo o esquema apresentado na figura 70 (indicadores localizados na parte intermediária), a próxima etapa trata-se do agrupamento dos impactos relativos apresentados nas figuras 71, 72 e 73. O resultado deste agrupamento está demonstrado na figura 76. Esta figura apresenta os impactos relativos agrupados de duas maneiras diferentes. Na coluna da esquerda os impactos estão demonstrados por dimensões (indicadores localizados na parte intermediária esquerda da figura 70), onde o indicador final apresenta o agrupamento dos impactos relativos de cada fase ou etapa. Já, a coluna da direita apresenta os mesmos resultados, todavia eles são demonstrados por fases ou

etapas (indicadores localizados na parte intermediária direita da figura 70), onde o indicador final apresenta o agrupamento das dimensões ambiental, social e econômica.

Figura 74: Resultado do agrupamento dos impactos relativos da ACV ambiental, CCV e ACV-S apresentado tanto por dimensão como por fases ou etapas.

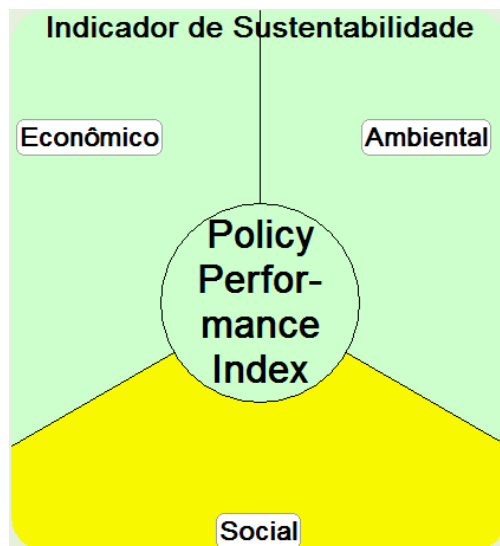


Neste nível de agregação dos dados, pode-se então iniciar uma interpretação da sustentabilidade do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica. Primeiramente, percebe-se que o ponto crítico encontra-se na ACV-S especificamente na etapa de uso e transporte. Seguindo a linha de análise oposta, ou seja, no levantamento dos pontos críticos positivos, verifica-se que os mesmos ocorrem com mais ênfase na fase agrícola para a ACV ambiental e na fase industrial para o CCV.

Além disso, ao se avaliar as dimensões de uma forma geral (coluna da esquerda), percebe-se que os resultados agregados dos impactos ambientais e econômicos relativos são mais amenos que os resultados agregados dos impactos sociais relativos para o ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho. Ainda, com relação a estes resultados agregados, os impactos econômicos relativos acabam apresentando uma tendência positiva, infimamente maior que os impactos ambientais relativos. Mudando a abordagem e verificando os resultados agregados, tomando como base as fases ou etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja no RS (coluna da direita), fica claro pela figura 74 que a etapa mais crítica acaba sendo a etapa de transporte e uso. Neste caso, as fases agrícola e industrial acabam apresentando resultados mais positivos.

O último nível da figura 70 apresenta a agregação dos resultados dos impactos relativos obtidos e apresentados na figura 75 (indicador localizado na parte superior da figura 70). Esta figura demonstra os resultados agregados num indicador final, denominado como indicador de sustentabilidade. Com exceção do resultado dos impactos relativos agregados da ACV-S, todos os demais apresentaram um nível positivo.

Figura 75: Indicador de Sustentabilidade resultante do agrupamento final dos impactos relativos da ACV ambiental, CCV e ACV-S.



Uma vez avaliado e demonstrado todos os níveis de agregação dos dados, desde a verificação das principais contribuições para cada categoria de impacto, componente de custo e parte interessada até a obtenção do indicador de sustentabilidade, baseado na agregação dos resultados dos impactos relativos, a próxima etapa passa a ser uma avaliação integrada de todos estes níveis de resultados. Desta forma, buscou-se resgatar os resultados encontrados e interpretações realizadas. Uma vez resgatados, procurou-se relacioná-los de uma forma que se partisse do levantamento dos

pontos críticos de cada dimensão. Em seguida, avaliou-se cada fase ou etapa, buscando verificar os processos e atividades que mais influenciam na busca de uma melhoria na sustentabilidade do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metálica no RS. Esta avaliação integrada de sustentabilidade está apresentada nas tabelas 70, 71 e 72.

A tabela 70 tem como objetivo apresentar o resultado final da agregação dos impactos relativos em cada dimensão para cada uma das fases ou etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja. Desta maneira, os pontos críticos positivos foram representados por setas apontadas para cima, enquanto os pontos críticos negativos foram representados por setas apontadas para baixo. Além disso, o tamanho da seta procurou demonstrar a relevância deste ponto crítico. Caso ocorra numa determinada fase ou etapa a não ocorrência de um ponto crítico para uma determinada dimensão, então tal resultado foi demonstrado com o sinal de igual (=).

Tabela 70: Levantamento dos hotspots por dimensão e fase/etapa no ciclo de vida do biodiesel de soja

Dimensões	AMBIENTAL	ECONÔMICO	SOCIAL
Fase Agrícola	↑	=	=
Fase Industrial	=	↑	↑
Etapa de Uso e Transporte	↑	↑	↓

Fonte: Do autor

Uma vez que foi possível identificar os pontos críticos dos impactos relativos agregados, a próxima etapa trata-se da avaliação dos impactos que compõem este resultado agregado. Assim, a tabela 71 apresenta, também, os impactos relativos para cada dimensão em cada uma das fases ou etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja. Todavia, esta tabela apresenta de forma individual quais categorias de impacto, componentes de custo e partes interessadas compõem os impactos relativos agregados e como estes impactos individualizados influenciam o resultado final agregado. Da mesma maneira como foi explicado para a tabela 70, utilizou-se uma simbologia de setas e de sinais de igualdade afim demonstrar a existência ou não de uma influência e se esta é negativa ou positiva.

Com o objetivo de auxiliar na tomada de decisão com relação as informações disponibilizadas nas tabelas 70 e 71, construiu-se uma terceira tabela 72 que tem como objetivo demonstrar as atividades e/ou processos em cada fase ou etapa que mais influenciam nos impactos em cada uma das dimensões.

Tabela 71: Situação com relação a um referencial determinado para fins de avaliação integrada

Influência	Categorias de Impacto	Componentes de Custo	Partes Interessadas	↑ = ↓
Fase Agrícola	Acidificação Aquecimento Global Recursos Abióticos Uso da Água	Despesas Financeiras Infraestrutura/Manutenção	Atores da cadeia de valor	↑
			Trabalhadores	=
	Eutrofização Uso do Solo	Insumos	Comunidade Local/Sociedade	↓
Fase Industrial	Eutrofização Uso da Água Aquecimento Global	Despesas Financeiras Infraestrutura /Manutenção	Atores da cadeia de valor	↑
		Insumos	Trabalhadores Comunidade Local/Sociedade.	=
	Acidificação Recursos Abióticos Uso do Solo			↓
Etapa de Uso e Transporte	Recursos Abióticos Uso do Solo Uso da Água Aquecimento Global Eutrofização	Despesas Financeiras Infraestrutura /Manutenção		↑
			Trabalhadores Comunidade Local/Sociedade.	=
	Acidificação	Insumos	Atores da cadeia de valor	↓

Fonte: Do autor

Desta maneira, o tomador de decisão poderá avaliar que atividades ou processos do ciclo de vida do biodiesel de soja via rota metflica acabam tendo maior influência nos impactos da ACV ambiental, CCV e ACV-S. Vale ressaltar que, apesar de algumas atividades ou processos apresentados na tabela 72 possuírem um considerável grau de influência nos impactos do ciclo de vida do biodiesel, não é demais lembrar novamente que a alteração ou substituição destas atividades ou processos poderão apresentar distintos resultados nas três dimensões. Um bom exemplo a ser citado, diz respeito a substituição do metanol por etanol. Conforme se verifica pela tabela 72 e discussões já realizadas nos itens 3.3.2, 4.3.1.d, 6.1.2 e 6.2.2 deste trabalho, tal substituição acabará repercutindo diretamente nos impactos ambientais e econômicos durante a fase industrial. Apesar de ocorrer uma diminuição dos impactos ambientais na categoria recursos abióticos, o resultado na dimensão econômica será um aumento dos custos no componente: insumos.

Tabela 72: Atividades e/ou processos de maior influência por dimensão e fase/etapa

Dimensões	AMBIENTAL	ECONÔMICO	SOCIAL
Fase Agrícola	Produtividade Fertilizantes (fosfor.) Pesticidas	Arrendamento/Terra Prop. Fertilizantes Pesticidas	Escolaridade Assuntos de interesse (reun.) Formas de capacitação
Fase Industrial	Operação c/ caldeira Energia Elétrica Metanol	Energia elétrica Aluguel Metanol	Políticas Responsab. Social Débitos Trabalhistas Validação de Processos
Etapa de Uso e Transporte	Queima do biodiesel	Frete	Envolvimento fornecedores Políticas Responsab. Social

Fonte: Do autor

Baseado nas informações apresentadas na tabela 72 realizou-se também uma análise de sensibilidade conjunta para os processos: fertilizantes/pesticidas, metanol e fontes de energia (energia elétrica e operação com caldeira). Desta maneira, tomaram-se como referência as premissas utilizadas na análise de sensibilidade destes processos quando da avaliação de sensibilidade pontual, itens 6.1.3 e 6.2.3 deste trabalho. Portanto, baseado nas sugestões de variação já realizadas, verificou-se a sensibilidade destas variações de forma conjunta tanto nos impactos ambientais como nos impactos de custos. O resultado desta avaliação de sensibilidade conjunta está na tabela 73 a seguir.

Tabela 73: Análise de sensibilidade conjunta dos processos de maior influência nas dimensões ambiental e econômica.

Cenário	Varição (>5%) nos impactos ambientais	Varição (>2%) nos impactos de custos
Fluxos Pesticidas e Fertilizantes (±25%)	±21,3% na categoria eutrofização	±2,9% nos custos totais
Fluxo Metanol (±50%)	±21,4% na categoria recursos abióticos e ±6,2% na categoria uso da água	±2,6% nos custos totais
Fluxos Energia Elétrica e Operação com Caldeira (±50%)	±9,3% na categoria recursos abióticos e ±13,9% na categoria uso da água	±7,9% nos custos totais

Fonte: Do autor

Portanto, muitos dos processos e/ou atividades do ciclo de vida do biodiesel acabam influenciando nos impactos de mais de uma das ACV. Baseado nisso, realizou-se um levantamento das potenciais sinergias existentes entre as categorias de impacto da ACV ambiental, dos componentes de custo do CCV e das partes interessadas da ACV-S, quando da realização da agregação dos seus impactos relativos. O objetivo foi obter um indicador de sustentabilidade. Este levantamento das potenciais sinergias teve como intuito auxiliar no entendimento das influências e relações que cada atividade possui com as categorias de impacto, componentes de custo e partes interessadas das suas respectivas ACV. Tal levantamento foi realizado considerando os resultados obtidos para os impactos relativos durante as fases ou etapas do ciclo de vida do biodiesel de soja com uma posterior avaliação das relações que cada um dos componentes de impacto de uma determinada dimensão possui com as outras duas dimensões e com o indicador de sustentabilidade.

O resultado deste levantamento apresentou 81 relações, onde se separaram 14 potenciais sinergias, conforme está apresentado na tabela 74. Ainda, destas 14 potenciais sinergias apresentadas, realizou-se um corte tomando como premissa o valor igual ou maior a 950 para a potencial sinergia encontrada. O resultado final foi a escolha de 5 potenciais sinergias.

Tabela 74: Potenciais sinergias existentes entre atividades e/ou processos da ASCV do biodiesel de soja no RS.

Variável	X	Variável	Sinergia (0-1000)
Recursos Abióticos	X	Despesas Financeiras	989
Infraestrutura/Manutenção	X	Recursos Abióticos	988
Econômico	X	Recursos Abióticos	981
Sustentabilidade	X	Trabalhadores	958
Sustentabilidade	X	Comunidade Local	958
Ambiental	X	Comunidade Local	931
Insumos	X	Recursos Abióticos	922
Atores da Cadeia de Valor	X	Acidificação	899
Social	X	Ambiental	884
Trabalhadores	X	Insumos	829
Comunidade Local	X	Insumos	811
Aquecimento Global	X	Comunidade Local	771
Eutrofização	X	Comunidade Local	744
Uso do Solo	X	Comunidade Local	715

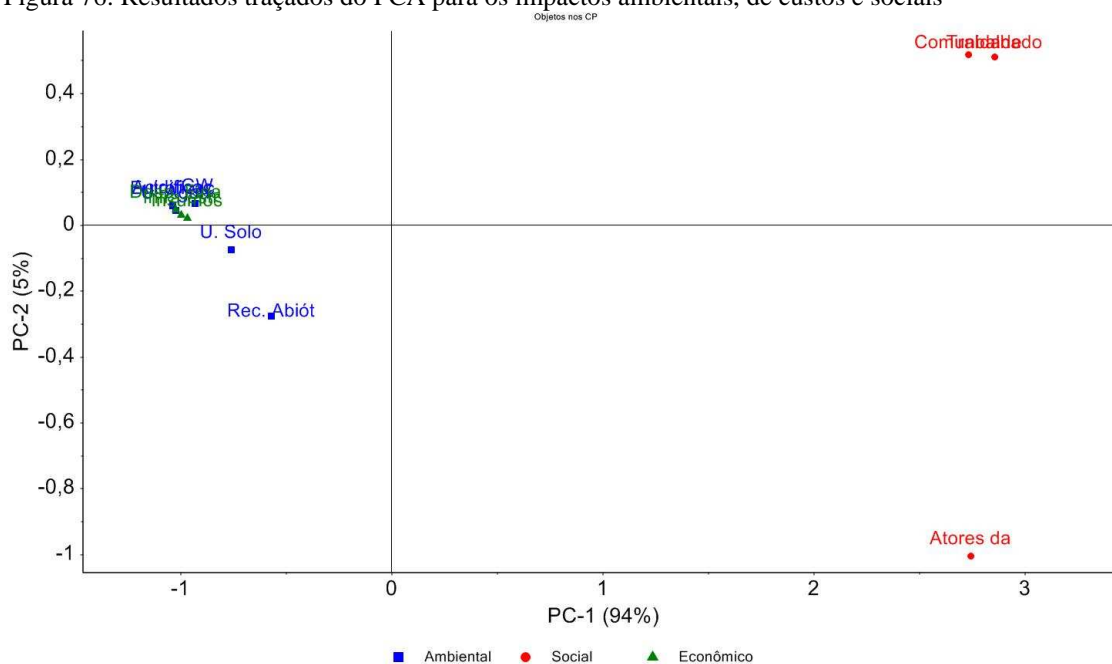
Com relação as 5 (cinco) potenciais sinergias identificadas, ao se observar elas de forma conjunta é possível realizar duas considerações: forte relação da categoria de impacto recursos abióticos com os componentes de custo e variável econômica; e forte relação do indicador de sustentabilidade com as partes interessadas da ACV-S, principalmente com relação a trabalhadores e comunidade local/sociedade. Desta forma, verifica-se que qualquer variação que ocorra nas principais contribuições para a categoria de impacto recursos abióticos acabará repercutindo também em variações nos componentes de custo e na CCV, conforme já foi exemplificado para o caso da substituição do metanol pelo etanol. Além disso, percebe-se que o Indicador de Sustentabilidade do biodiesel de soja gaúcho obtido neste trabalho apresenta uma dependência maior com relação aos impactos resultantes nas partes interessadas trabalhadores e comunidade local/sociedade da ACV-S.

6.4.3. Análise Estatística Multivariada Integrada dos Impactos de ACV Ambiental, CCV e ACV-S

Conforme já foi descrito na metodologia, esta análise se resumirá a uma análise de componentes principais (PCA) e uma análise de cluster (CA). Para estas duas análises foram utilizados os impactos ambientais, de custos e sociais. Eles foram comparados por suas variações dentre as fases agrícola, industrial e etapa de uso e transporte. O objetivo desta análise é demonstrar as relações existentes entre os impactos das diferentes dimensões e buscar explicar esses grupos em função dos dados recolhidos em cada fase. As análises foram realizadas no software Unscrambler 9.3 onde se utilizou o algoritmo NIPALS e o método de validação *Cross Validation*.

O primeiro PCA resultou em dois componentes, o primeiro explicando 94% da variação dos dados, e o segundo 4%. Na figura 76, o primeiro componente é representado pelo eixo das abscissas e o segundo pelo eixo das ordenadas. Portanto, as distâncias horizontais entre os pontos no diagrama, são vinte e três vezes mais relevantes para a variação dos dados que as distâncias verticais. Os impactos relativos às partes interessadas comunidade local/sociedade e trabalhadores são bem distintos dos impactos ambientais e de custos que se encontram no lado oposto do diagrama, mas não são tão distintos ao outro impacto social da parte interessada atores da cadeia de valor.

Figura 76: Resultados traçados do PCA para os impactos ambientais, de custos e sociais



Fonte: Do autor

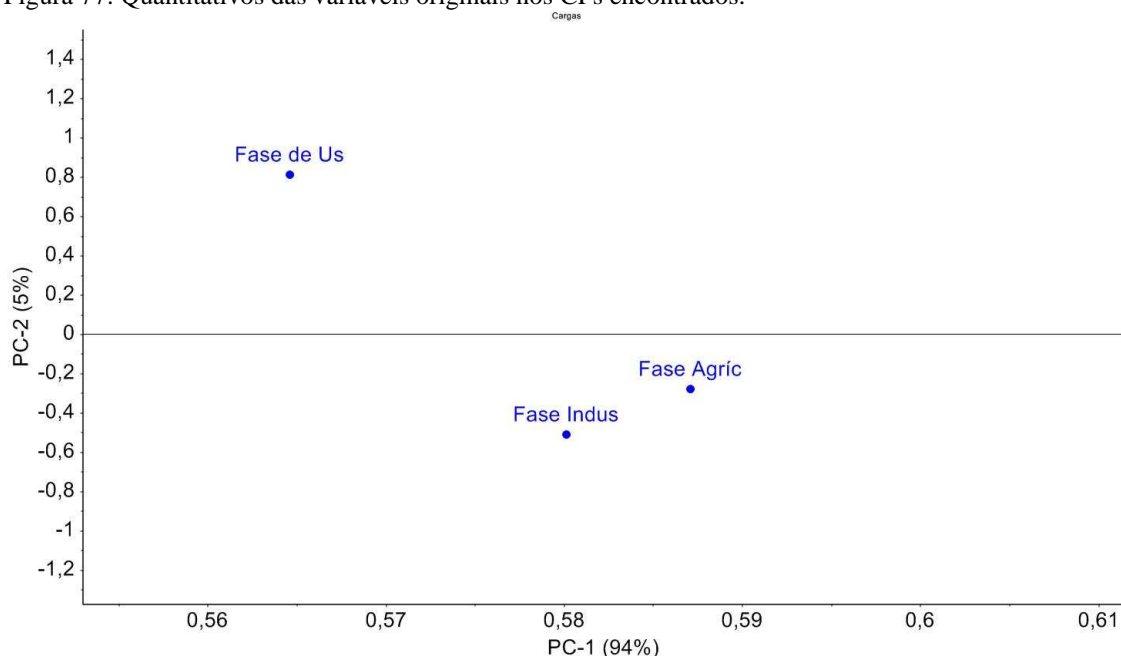
Para um melhor entendimento do comportamento dos dados analisados na figura 76 definiu-se os dados ambientais na cor azul, os econômicos na cor verde e os sociais na cor vermelha. Analisando então os dados por dimensão verificou-se uma forte relação encontrada entre os impactos ambientais e os econômicos. Também é possível visualizar que os dados dos impactos sociais apresentam grande distinção quanto aos demais. Os impactos do uso do solo e de recursos abióticos demonstram certa distinção aos outros impactos, que se encontram mais concentrada.

Já, a figura 77 avalia a contribuição da variação dos valores dos impactos nas diferentes fases. Esta análise foi calculada a partir dos resultados dos quantitativos. Este resultado ficou da seguinte forma: etapa de uso e transporte com 32,5 %, fase agrícola 33,8 % e fase industrial 33,6 %. Vale ressaltar que a etapa de uso e transporte apresenta a menor contribuição, pois algumas categorias de impacto ambiental não apresentam qualquer impacto nessa etapa, como, por exemplo, o uso do solo. Por este motivo, também, que ocorre a pequena distinção das categorias de impacto uso do solo e recursos abióticos para com os outros impactos ambientais e econômicos.

Para uma confirmação das informações de similaridades entre os objetos e uma melhor visualização dos grupos foi realizada uma análise de *cluster*. Desta maneira foi admitido quatro grupos, mostrados na figura 78 (dendograma da análise de *cluster*) organizados por diferentes cores. Na distância zero cada objeto forma um *cluster* no qual somente ele é integrante. Quanto menor a distância para formar um *cluster* (que é onde

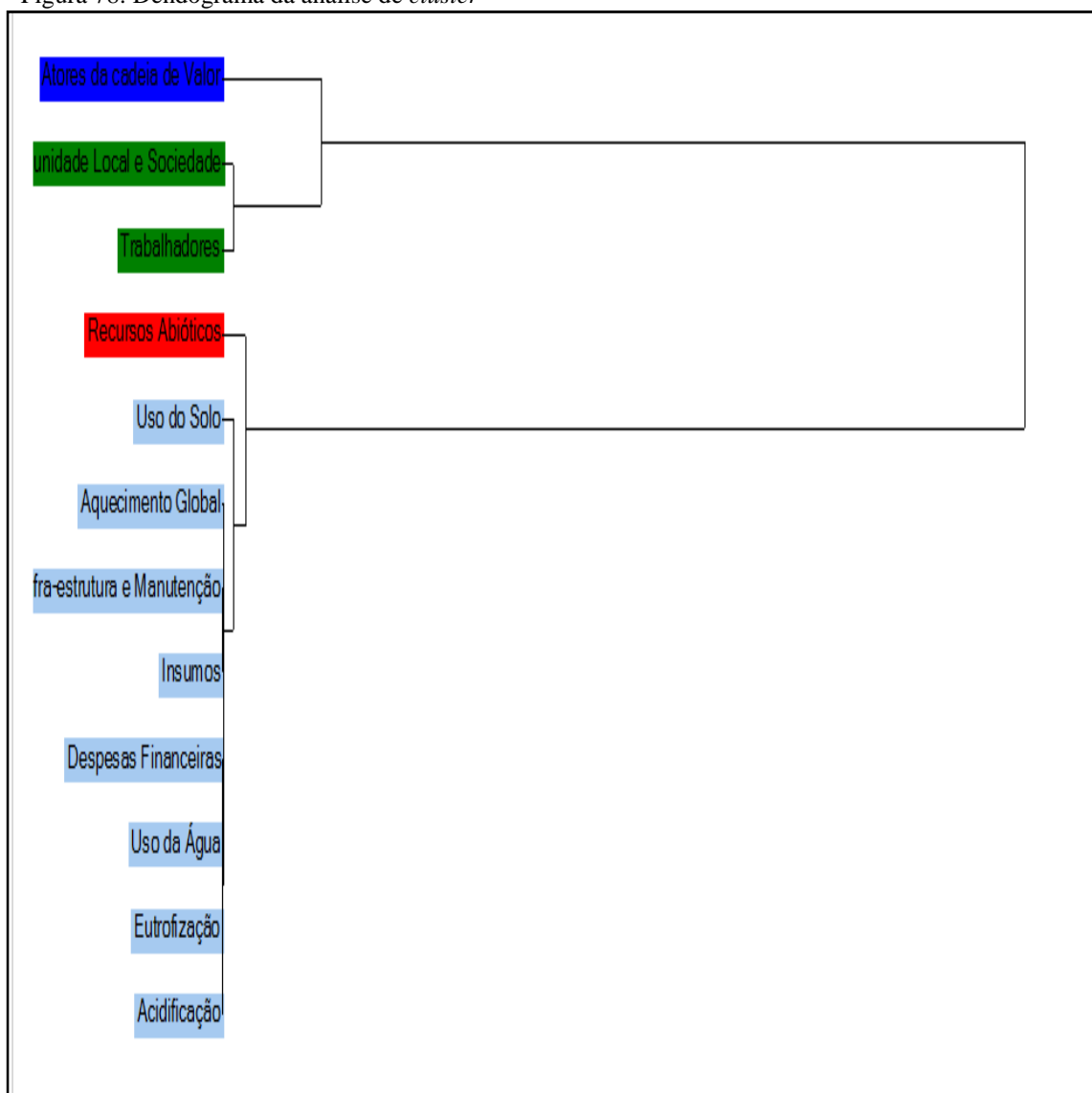
dois ou mais objetos, ou *clusters* já formados se juntam) mais similares são os objetos que formam aquele *cluster*. O dendograma mostra a enorme distinção dos impactos ambientais e de custos para com os sociais. E, dentro dos sociais há uma grande distinção entre o impacto da parte interessada atores da cadeia de valor com as outras duas partes interessadas contempladas neste trabalho, caracterizando-o como objeto mais discrepante no processo como um todo. O caso das categorias de impacto aquecimento global, uso da água, eutrofização e acidificação, e os impactos de custos infraestrutura/manutenção, insumos e despesas financeiras já são uma demonstração da formação de um grupo bem similar. Essa similaridade representa que as variações que ocorrem de uma fase para outra estão ligadas a um processo comum e a natureza dos impactos no grupo citado.

Figura 77: Quantitativos das variáveis originais nos CPs encontrados.



Fonte: Do autor

A partir das análises anteriores verificou-se uma forte relação entre os impactos ambientais e de custos. Desta maneira, um novo PCA foi realizado sem os impactos sociais a fim de investigar melhor as potenciais associações entre a dimensão ambiental e econômica. Os resultados desta análise são apresentados nas figuras 79, 80 e 81. A figura 79 mostra a participação das variáveis na construção dos componentes principais, sendo que o primeiro componente principal explica 68% da variação dos dados e o segundo componente principal explica 32% da variação. Como resultado dos cálculos dos quantitativos, a fase industrial apresentou 50% de contribuição para a variação total dos dados, a fase agrícola 49% e a etapa de transporte e uso somente 1%.

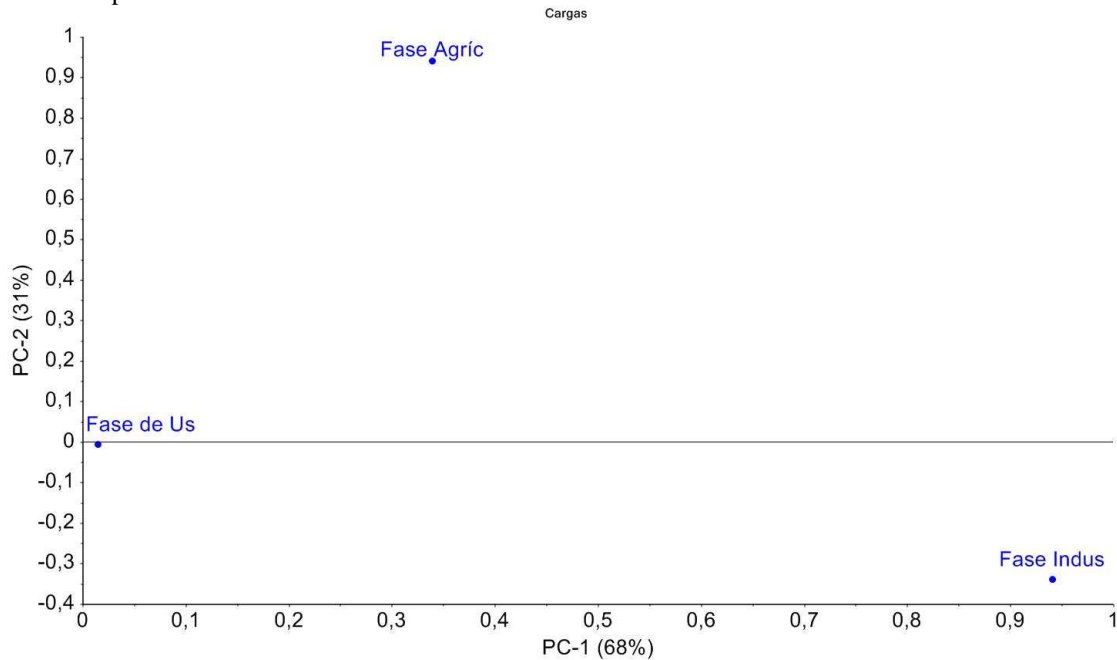
Figura 78: Dendograma da análise de *cluster*

Fonte: Do autor

A figura 80 mostra a categoria de impacto do uso do solo mais distinta que as demais e com um grande escore no eixo das ordenadas. Além disso, verifica-se que quase toda a contribuição para a formação do segundo componente principal é devido a fase agrícola (vide figura 80). Reunindo estas informações é possível concluir que a categoria de impacto do uso do solo tem grande participação na fase agrícola, contribuindo quase inteiramente, e que a sua distinção apresentada na figura 80 é devido à falta de participação nas outras fases, fato este já comentado por diversas vezes neste trabalho. Esta mesma análise também ratifica que a categoria de impacto recursos abióticos apresenta grande participação na fase industrial e muito pouco nas outras duas. Com relação aos demais impactos, estes acabam formando um grupo, quase todos posicionados no quadrante negativo das origens, com exceção da categoria de impacto aquecimento global. Esse posicionamento negativo no espaço composto pelos

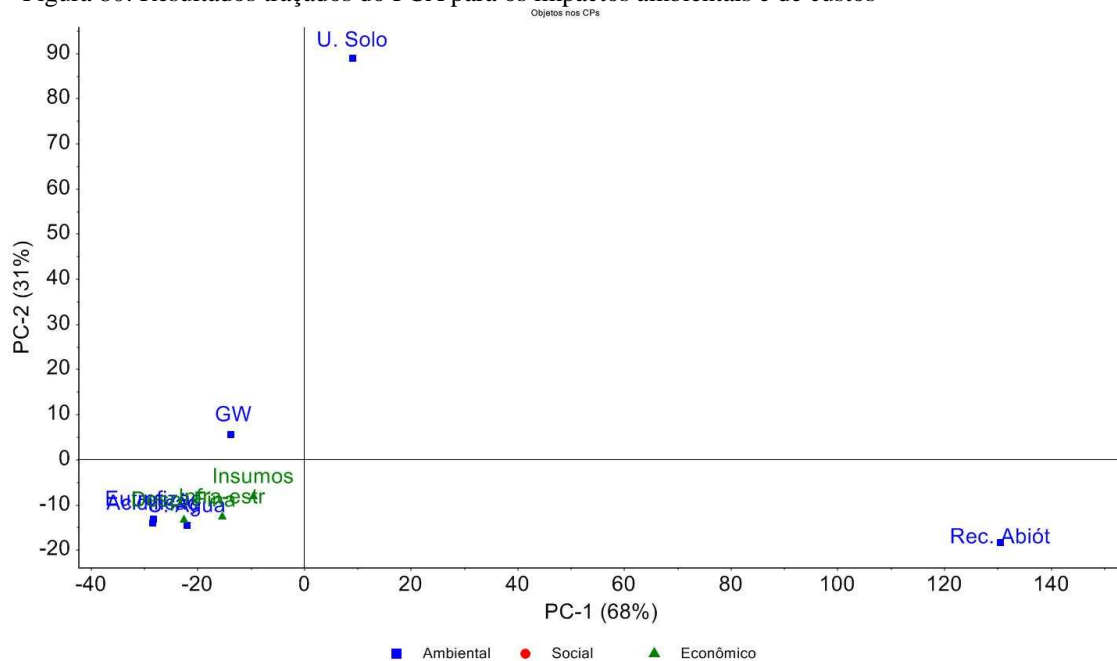
componentes principais significa que esses impactos tiveram valores menores que a média total dos impactos.

Figura 79: Resultados traçados do PCA com relação as fases agrícola, industrial e etapa de uso e transporte sem considerar a dimensão social.



Fonte: Do autor

Figura 80: Resultados traçados do PCA para os impactos ambientais e de custos



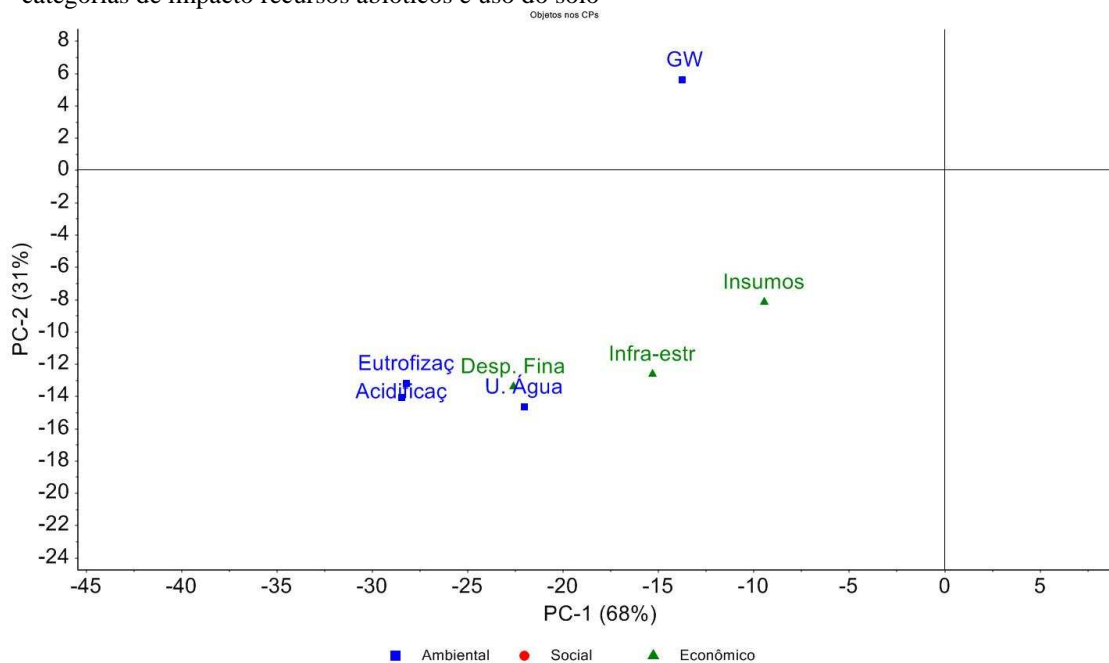
Fonte: Do autor

Uma aproximação na área desse grupo de impactos foi necessária para finalmente investigar a relação entre o ambiental e o econômico (Figura 80), retirando desta forma os resultados das categorias de impacto uso do solo e recursos abióticos. Todos os impactos estão correlacionados quando se parte da fase industrial como ponto

de vista. Todavia, quando se avalia através da fase agrícola, todos impactos com exceção da categoria aquecimento global, verifica-se que estes estão correlacionados também. Na figura 81, por exemplo, pode-se notar a forte correlação que existe entre as categorias de impacto acidificação e eutrofização. Também se verifica uma excelente correlação entre o custo de impacto despesas financeiras com o uso da água. Nestes casos torna-se necessário avaliar se estas correlações tratam-se de uma coincidência matemática, ou se realmente estes impactos influenciam um ao outro.

Portanto, de uma forma geral verifica-se que os impactos sociais não apresentam uma boa correlação com os impactos econômicos e ambientais, que, no caso desta análise, de uma forma geral, demonstram uma similaridade maior entre estes dois últimos. Além disso, quando se direciona a análise somente para as dimensões econômica e ambiental, a fim de entender melhor a relação existente entre suas variáveis, pode-se verificar algumas particularidades. Neste caso, percebe-se uma menor similaridade das categorias de impacto uso do solo e recursos abióticos. De uma forma oposta, percebe-se também que as categorias de impacto eutrofização e acidificação acabam apresentando uma correlação bem estreita, fato que também ocorre para os impactos despesas financeiras e uso da água numa grandeza um pouco menor.

Figura 81: Resultados traçados do PCA para os impactos ambientais e de custos não considerando as categorias de impacto recursos abióticos e uso do solo



Fonte: Do autor

7. CONCLUSÕES

O trabalho em questão chegou as seguintes conclusões:

- O ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho via rota metflica envolve 6592 processos.
- O biodiesel de soja gaúcho já possui seus processos econômicos e ambientais trilhando o caminho da sustentabilidade, demonstrando então uma necessidade maior no desenvolvimento da dimensão social.
- A etapa de uso e transporte apresentou algumas carências, principalmente com relação à dimensão social.
- Estrutura de Responsabilidade Social mais madura na fase industrial.
- Vocação da fase industrial na dimensão econômica.
- Vocação ambiental na fase agrícola.
- Impactos mais críticos: acidificação (ACV), custo dos insumos (CCV) e parte interessada comunidade local/sociedade (ACV-S).
- Biodiesel produzido majoritariamente via rota metflica e com óleo de soja.
- Não se verificou avanço de soja sobre áreas de florestas nos últimos 20 anos.
- Necessidade de uma diversidade maior de matérias primas para a produção do óleo., fao este já ocorrendo com a gordura animal.
- A produção de 5500 L de biodiesel equivalem a 1 (um) emprego na fase industrial e 72 empregos na fase agrícola.

Somado a isso, ao se analisar cada uma das fases ou etapas, alguns pontos acabaram se destacando, tornando necessários alguns comentários.

- Altos custos dos insumos agrícolas e dificuldade de rastreabilidade dos mesmos devido a ocorrência de descaminho e contrabando destes insumos.
- Avanço da soja sobre a cultura do arroz, utilizando um sistema denominado “microcamalhão”.
- Carência de métodos de determinação do coeficiente de partição das emissões dos agrotóxicos para os compartimentos: ar, água e solo.
- Verificou-se a existência de uma dependência da fase industrial do biodiesel por insumos importados.
- Verificou-se a grande influência e uma dualidade dos insumos energéticos para os resultados das dimensões ambiental e econômica.

- Importância da produtividade da soja na sustentabilidade do ciclo de vida do biodiesel
- Importância da viabilização financeira do etanol para a sustentabilidade do ciclo de vida do biodiesel
- Maior retorno de capital fixo e menor impacto de custos dos juros de financiamento na fase industrial quando comparada a fase agrícola.
- Devido a forma de organização do inventário da ACV-S verificou-se uma diferenciação nos resultados, o que resultou numa baixa correlação da ACV-S com relação as demais ACV.
- Apesar do inventário social apresentar um bom nível de qualidade do seus dados, verificou-se uma carência na significância e tamanho da amostragem utilizada no trabalho.
- Verificado um distanciamento da correlação dos dados da etapa de uso e transporte com relação às fases agrícola e industrial.
- A normalização dos impactos de uso do solo e da água acabaram apresentando resultados fora da média dos referenciais utilizados na metodologia ReCiPe *Midpoint*.
- A política de implementação do Selo Social demonstrou ser de contribuição na sustentabilidade do biodiesel se soja.
- Necessidade de respostas no desenvolvimento do nível educacional e de capacitação dos agricultores em relação a fase agrícola.
- A fase industrial demonstrou uma estrutura voltada para a Responsabilidade Social um pouco mais madura.
- Verificação de um padrão de comportamento dos impactos sociais agregados quando considerada a localização geográfica (vide Anexo 2).
- Maior grau de alavancagem e influência na fase agrícola nos municípios de Boa Vista do Cadeado, Capã do Cipó, Dois Irmãos das Missões e Muitos Capões, quando se leva em conta o valor adicional bruto das atividades agrícolas nos municípios.
- Maior grau de alavancagem, na fase industrial para as usinas sediadas em Camargo e Muitos Capões, quando se leva em conta o valor adicional bruto das atividades industriais nos municípios.

- Os municípios de Cachoeira do Sul, Ijuí, Muitos Capões e Passo Fundo integram tanto a fase agrícola como a fase industrial demonstrando a importância destes no ciclo de vida do biodiesel de soja gaúcho.
- O biodiesel de soja no RS apresenta um bom nível de sustentabilidade, verificando também carências e oportunidades na busca da melhoria da sustentabilidade deste biocombustível tanto para os atores integrantes como para o próprio RS.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O objetivo inicial deste trabalho foi de responder diversas perguntas e dúvidas que existem acerca da implementação do biodiesel de soja no RS, utilizando a avaliação do ciclo de vida sob o olhar da sustentabilidade. Pode-se afirmar que muitas perguntas foram respondidas, todavia como consequência outras surgiram. Porém, vale destacar a complexidade que existe na avaliação de forma agregada das dimensões ambiental, econômica e social, principalmente quando se trata de usar o método de avaliação do ciclo de vida. Neste caso o autor entende que tanto o tamanho do trabalho como o nível de complexidade chegou num patamar limítrofe. Assim sendo, este capítulo visa sugerir uma continuidade deste caminho levantando potenciais hipóteses e verificações que acabaram extrapolando o escopo deste trabalho, mas que auxiliariam grandemente numa melhor avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida do biodiesel não só no RS, mas num pensar maior em termos de país.

Desta maneira são listados a seguir potenciais sugestões a serem averiguadas.

São elas:

- Verificação da influência e repercussões da variação da produtividade da soja na sustentabilidade do biodiesel.
- Verificação dos potenciais impactos (ambientais, econômicos e sociais) de se substituir o metanol pelo etanol, a preços viáveis.
- Verificação das possíveis abordagens para o tratamento das categorias de impactos ambientais relacionadas a toxicidade e para a subcategoria saúde e segurança da ACV-S sugerindo alternativas para a não ocorrência da dupla contagem.
- Verificação da influência do crescimento da produção do biodiesel relacionando suas consequências com a potencial possibilidade de desmatamento da floresta amazônica.
- Realização de um ASCV ou ACV-S comparando o diesel de origem fóssil com o biodiesel.
- Realização de uma ASCV ou ACV-S comparativa utilizando os cenários do biodiesel baseado na grande e pequena propriedade.
- Realização de estudos sobre o coeficiente de partição dos agrotóxicos nos compartimentos: solo, ar e água; como também no grão e na casca.
- Definição de parâmetros e métodos para a definição de uma metodologia de cálculo de gases de efeito estufa para a cultura de semeadura “camalhão”.

- Realização de estudos de ACV-S contemplando todas as partes interessadas e principais subcategorias para o biodiesel no Brasil.

- Realização de estudos buscando uma melhoria dos inventários e dados de biocombustíveis com relação às emissões atmosféricas.

- Realização de uma análise comparativa dos impactos ambientais, econômicos e sociais das matrizes energéticas: energia elétrica e caldeira (independente da fonte de calor) verificando os ganhos e perdas de suas utilizações.

- Realização de estudos que desenvolvam a abordagem de análise do cenário no todo buscando facilitar a utilização mais amigável e com técnicas de baixo custo para promover mais a ASCV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Relatório: Análise Mensal do Mercado de Biodiesel: edição nº 18, julho de 2014. Disponível em <http://www.abiove.org.br>. Acessado em agosto de 2014.
- (2) ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. Anuário Indústria Química Brasileira, 226p., 2012.
- (3) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas 14040. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida -Princípios e estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro,Brasil, 2009 (válida a partir de 21.06.2009).
- (4) ABNT 14044. NBR ISO 14044. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil, 2009 (válida a partir 21.06.2009).
- (5) ABNT 26000. NBR ISO 26000: Diretrizes sobre Responsabilidade Social. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil, 2010 (válida a partir 01.10.2010)
- (6) Aguirre-Villegas H.A., Milani F.X., Kraatz S. And Reinemann D.J. Life Cycle Impact Assessment and Allocation Methods Development for Cheese and Whey Processing. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Vol. 55(2): 613-627. 2011.
- (7) Amezaga, J. M.; Maltitz, G. V.; Boyes, S. Assessing the Sustainability of Bioenergy Projects in Developing Countries: a framework for policy evaluation. Newcastle. 2010.
- (8) Anex, Robert. Life Cycle Impact Assessment – Life Cycle Assessment Course. 21 janeiro – 23 maio. University of Wisconsin -USA. Notas de Aula. 2012.
- (9) ANP - Agência Nacional do Petróleo. Boletim Mensal do Biodiesel: Biodiesel. Acessado em 23 de agosto de 2013a. <http://www.anp.gov.br>.
- (10) ANP. Sistema de Levantamento de Preços – Síntese dos preços praticados: Diesel. Acessado em 23 de agosto de 2013b. <http://www.anp.gov.br/preco/>.
- (11) Amezaga, J. M.; Maltitz, G. V.; Boyes, S. Assessing the Sustainability of Bioenergy Projects in Developing Countries: a framework for policy evaluation. Newcastle. 2010.
- (12) Apostolakou, A.A; Kookos, I.K.; Marazioti, C. & Angelopoulos, K.C. Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils. Fuel Processing Technology: 90, pages 1023-1031, 2009.
- (13) Aquino, Aline S. Análise de Rotas Alternativas para Seqüestro Químico de CO₂: Produção de Metanol, Gás de Síntese e Acido Acético. Projeto de Final de Curso: PROGRAMA EQ-ANP Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria do Petróleo e Gás Natural. Rio de Janeiro. Escola de Química; UFRJ. 2008.
- (14) Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013. Municípios e faixa de desenvolvimento humano. Disponível em <http://www.atlasbrasil.org.br /2013/>. Acesso em 28 de agosto de 2013.
- (15) Bare et al. TRACI - The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. Journal of Industrial Ecology. Volume 6, number 3-4. Pages 49-78, 2003.
- (16) Barros, G.S.C.; Silva, A.P.; Ponchio, L.A.; Alves, L.R.A.; Osaki, M.; Cenamo, M. Custos de produção de biodiesel no Brasil. Revista Política Agrícola. Ano XV. No.3, Jul/Ago/Set de 2006.

- (17) Barros, Geraldo S.C.; Alves, Lucílio R.A. & Osaki, Mauro. Análise dos Custos Econômicos do Programa do Biodiesel no Brasil. Apresentação Oral-Comercialização, Mercado e Preços. SOBER 47o Congresso: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 26 a 30 de julho. 2009.
- (18) Begovich, C.L.; Kane, V.E. Estimating the number of groups and group membership using simulation cluster analysis. *Pattern Recognition*. Volume 15, Issue 4, pages 335-342, 1982.
- (19) Bellen, Hans M. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa – 2a Ed., Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.
- (20) Benedetti, Omar; Plá, Juan A.; Rathmann, Régis & Padula, Antônio D. Uma proposta de modelo para avaliar a viabilidade do biodiesel no Brasil. *Teoria e Evidência Econômica*. Edição Especial. Volume 14. Passo Fundo. pp. 81-107, 2006.
- (21) Benoit, Catherine et al. The guidelines for social life cycle assessment of products just in time. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 15, n.2, p. 156 – 163, 2010.
- (22) Benoit-Norris, Catherine; Vickery-Niederman, Gina; Valdivia, Sonia; Franze, Juliane; Traverso, Marcia; Ciorth, Andreas; Mazijn, Bernard. Introducing the UNEP/SETAC methodological sheets for subcategories of social LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 16, p. 682 – 690, 2011.
- (23) Bieda, Boguslaw. Application of stochastic approach based Monte Carlo (MC) simulation for life cycle inventory (LCI) to the steel process chain: case study. *Science of the Total Environment* 481, pages: 649-655, 2014.
- (24) Böhringer, Christoph and Jochem, Patrick E.P. Measuring the immeasurable – A survey of sustainability indices. *Ecological Economics*. Number 63, pages 1-8, 2007.
- (25) BRASIL, Agrofit – Sistema de Agrotóxico Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Acesso em 07 de agosto 2012.
- (26) BRASIL. Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2003. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.650.htm>. Acesso em 06 de janeiro de 2011.
- (27) BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2005. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei?L11097.htm>. Acesso em 18 de maio de 2011.
- (28) BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) - Secretária da Agricultura Familiar. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel: inclusão social e desenvolvimento territorial. Lâminas de apresentação: 2011.
- (29) BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) – Secretária de Produção Familiar. Departamento de Geração de Renda e Agregação de Valor. Coordenação Geral de Biocombustível. Relação das Empresas com Selo de Combustível Social. Disponível em <<http://portal.mda.gov.br/>>. Atualizado em 06 de janeiro de 2014.
- (30) BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema de Informações de Saúde (DATASUS). Índice de Gini da renda domiciliar per capita – Rio Grande do Sul: 1991, 2000 e 2010. Disponível em <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginirs.def>>. Acesso em 23 de janeiro de 2013.
- (31) Broch, A.; Hoekman, S. K.; Unnasch, S. A review of variability in indirect land use change assessment and modeling in biofuel policy. *Environmental Science & Policy* 29. 3 Fevereiro 2013.
- (32) Brujin, Hans de et al. Handbook on Life Cycle Assessment: operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers. 2004.

- (33) Bueno, C; Mendes, N.C.; Ometto, A.R. & Rossignolo, J.A. Metodologias de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV): discussão comparativa. In: Anais do III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços. 03 a 06 de setembro. Págs. 334-339. Maringá, 2012.
- (34) Camera Agricultura, Alimentos e Energia. Código de Ética: edição 2011/2012. 110 páginas. 2012.
- (35) Campos, Cláudia A.; Ribeiro, Francis L. & Souza, Cleonice B. Indicador de Sustentabilidade Dashboard: análise da sustentabilidade da produção familiar de frutas no município de Itapuranga-GO. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Apresentação Oral. Rio Branco-AC, 20 a 23 de julho, 2008.
- (36) Castanheira, É. G.; Fausto, F. Greenhouse gas assessment of soybean production: implications of land use change and different cultivation systems. *Journal of Cleaner Production*, 28 may 2013.
- (37) Castro, César N. O Programa Nacional de Produção do Biodiesel (PNPB) e a Produção de Matéria-Prima de Óleo Vegetal no Norte e no Nordeste. Textos para Discussão. 1613. IPEA. Rio de Janeiro. Maio de 2011.
- (38) Cavalett, Otávio. Análise de Ciclo de Vida da Soja. Tese de Doutorado. Campinas. Departamento de Engenharia de Alimentos, Unicamp: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2008.
- (39) Cavalett, Otávio & Ortega, Enrique. Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil. *Journal of Cleaner Production*. Number 18. Pages 55-70, 2010.
- (40) CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica. Tabela e Custos de Serviços, vigentes a partir de 25/10/2013, conform Resolução Homologatória ANEEL n° 1.639, de 22/10/2013.
- (41) CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, ESALQ/USP. Indicadores de Preços. Disponível em: cepea.esalq.usp.br/indicador/. Acesso em Julho de 2014.
- (42) CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Emissões de CO₂ por queima de combustíveis no Estado de São Paulo, 1990 a 2008: abordagem de referência (top-down). 1° Relatório de Referência do Estado de São Paulo de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, período de 1990 – 2008. São Paulo, 2010.
- (43) Chehebe, J.R.B. Análise do Ciclo de Vida de Produtos – Ferramenta Gerencial da ISO 14000. 1. ed., Ed. Qualitymark, CNI, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.
- (44) Cherubini, F. GHG balances of bioenergy systems – Overview of key steps in the chain and methodological concerns. *Renewable Energy* 35 (2010) 1565–1573, 2010.
- (45) Centre of Environmental Science (CML). Quality Assessment for LCA. Report 152. Leiden, Netherlands, 1999.
- (46) Claudino, Edison S. e Talamini, Edson. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio – uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V.17, n.1, p.77-85, 2013.
- (47) COLOSSI, B. R. Avaliação Ambiental de uma Usina Termoelétrica a Óleo Combustível Utilizando Análise do Ciclo de Vida. 108 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.
- (48) Comissão Europeia. Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009 relativa à promoção da utilização de energia proveniente de

- fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 201/77/CE e 2003/30/CE. [S.l.]. 2009.
- (49) Comissão Europeia. Decisão da Comissão, de 10 de Junho de 2010 sobre as orientações para o cálculo das reservas de carbono nos solos para efeitos do anexo V da Directiva. [S.l.]. 2010.
- (50) CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Primeiro Levantamento Grãos Safra 2013/2014 - Out/2013. Companhia Nacional de Abastecimento, Outubro 2013a. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: Outubro 2013.
- (51) CONAB. Séries históricas - Soja. Companhia Nacional de Abastecimento, 2013b. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em Outubro 2013.
- (52) CONAB. Séries históricas - Arroz. Companhia Nacional de Abastecimento, 2013c. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em Outubro 2013.
- (53) CONAB. Séries históricas - 1ª safra Milho. Companhia Nacional de Abastecimento, Outubro 2013d. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: Outubro 2013.
- (54) CONAB. Preço dos Insumos Agropecuários. Acessado em 23 de agosto de 2014. <http://www.conab.gov.br/detalhe.php?a=1303&t=2>.
- (55) Constantin, J. et al. Estimativa do Período que Antecede a Interferência de Plantas Daninhas na Cultura da Soja, Var. Coodetec 202, por meio de Testemunhas Duplas. Revista Planta Daninha, Viçosa-MG, v.25, no 2, págs. 231-237, 2007.
- (56) Cooper, Joyce, S. Specifying Units and Reference Floes for Comparable Alternatives. International Journal Life Cycle Assessment. Number 8 (6). Pages 337-349, 2003.
- (57) Corrêa, Sílvia R. C.; Ugaya, Cássia. M. L. Priorização de Indicadores Sociais para a Metodologia de Avaliação Social do Ciclo de Vida. In: 3º seminário sobre sustentabilidade, 2008, Curitiba. Anais do 3º Seminário sobre Sustentabilidade da FAE, Curitiba, 2008.
- (58) CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. Tabela tarifária especial, valores em vigor a partir de 1º de Julho de 2014.
- (59) Crown Iron Tecnologias Ltda. Sistema de Degomagem/Neutralização “Multipure”. Manual Técnico Descritivo. 2pp. 2009.
- (60) Cultri, Camila N., Saavedra, Yovana M.B & Ometto, Aldo R. Avaliação Social do Ciclo de Vida: a contribuições dos indicadores sociais para decisões sustentáveis. Anais do 2o Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida de Produtos e Serviços. Págs. 70-75. Florianópolis/SC, 24 a 26 de novembro, 2010.
- (61) Cunha, Gilberto L. et al. Zoneamento agrícola e época de semeadura para a soja no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Volume 9, no3, (número especial: zoneamento agrícola), p.446-459: Passo Fundo, 2001.
- (62) Cunha, Marcelo P.C.; Walter, Arnaldo C.S.; Leal, Manoel R.L.V. Impactos Socioeconômicos da Produção de Biodiesel no Brasil: uma comparação entre as rotas da soja e da mamona. In: Anais da Agrener. Fortaleza-CE, 2008.
- (63) Denton, D. K. Enviro-Management: How Smart Companies Turn Environmental Costs into Profits. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.
- (64) Dos Santos, C. E.; Reetz, E. R.; Da Silveira, D. N. Anuário brasileiro do Arroz. Santa Cruz do Sul. 2013.
- (65) Dreyer, Louise Camilla; Hauschild, Michael Z. & Schierbeck, Jens. Characterisation of social impacts in LCA – Part 1: Development of indicators for labour rights. International Journal Life Cycle Assessment. Number 15. Pages 247-259, 2010.
- (66) EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Recomendações de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

- XXXII Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo. 27 a 29 de março. Cruz Alta. 2000.
- (67) EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja. Documento Síntese da XXV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. 12 a 14 de agosto; Uberaba-MG. 2003.
- (68) EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologia de Produção de Soja: Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- (69) Ekvall, T. and Andrae, A.S.G. Environmental Assessment of Brownfield Rehabilitation Using Two Different Life Cycle Inventory Models. *International Journal Life-Cycle Assessment*. Number 11(5). Pages 344-353, 2006
- (70) Esbensen, Kim H.; *Multivariate Data Analysis - in practice*. Camo software Inc. fifth edition, Oslo, 2002).
- (71) ESALQ-LOG. Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial. Disponível em <<http://esalqlog.esalq.usp.br/>>. Acesso em 12 de agosto de 2014.
- (72) EUROPEAN COMMISSION. Report from the commission on indirect land-use change related to biofuels and bioliquids. COM (2010) 811 final; December 22. 2010.
- (73) FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues. trends and policies for biofuels and related feedstocks. Trade and Markets Division. Rome. 2013. Disponível: <<http://www.fao.org/docrep/017/i3126e/i3126e.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2014.
- (74) FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER/RS. Processo Administrativo nº 1781-0567/07-0. Porto Alegre: FEPAM, 2007.
- (75) FEPAM. Processo Administrativo nº 7947-0567/08-7. Porto Alegre: FEPAM, 2009.
- (76) FEPAM. Processo Administrativo nº 6032-0567/10-2. Porto Alegre: FEPAM, 2010.
- (77) FEPAM. Processo Administrativo nº 2854-0567/11-6. Porto Alegre: FEPAM, 2011.
- (78) FEE - Fundação de Economia e Estatística . Estatísticas: IDESE, PIB, população. Série Histórica 2009. Disponível em <<http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/estatisticas/index.php>>. Acesso em 26 de julho de 2013.
- (79) Ferreira, Vicente R. Análise de Ciclo de Vida de Produtos. Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu, 2004.
- (80) Feix, Rodrigo D. A indústria do biodiesel no Rio Grande do Sul: desafios e oportunidades. *Indicadores Econômicos FEE*. Vol. 39, n. 4, págs. 145-158. Porto Alegre. 2012.
- (81) Ferrão, Paulo Cadete. *Ecologia Industrial: princípios e ferramentas*. IST Press: Lisboa. 398pp. 2009.
- (82) Ferreira, Marta C.C. Consumo Doméstico de Biomassa Lenhosa e Emissões Atmosféricas na Cidade de Bragança. Dissertação de Mestrado. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, 2012.
- (83) Finkbeiner, Matthias; Schau, Erwin M., Lehmann, Annekatin; Traverso, Marzia. *Towards Life Cycle Sustainability Assessment*. *Sustainability*, 3309-3322, 2010.
- (84) Fontoura, Luiz A. M. *A Química do Biodiesel*. I Escola de Biodiesel – Polígrafo do Curso. Cientec-UFPEL-UFRGS. 2010.
- (85) Gnansounou, E. et al. Energy and greenhouse gas balances of biofuels biases induced by LCA modeling choices. *Jornal of Scientific & Industrial Research*, v.67, November 2008.

- (86) Griebhammer R. et al. Feasibility Study: Integration of social aspects into LCA. Maio, 2006. Acessado em 23 de janeiro de 2013. <https://biblio.ugent.be/input/download?func=downloadFile&recordOid=512499&fileOid=633083>.
- (87) Grisoli, R.; Nogueira, A; Castanheira, E.G.; Freire, F.; Silva, G.A.; Coelho, S. Emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida do biodiesel de soja produzido no Brasil. III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços. Maringá: [s.n.]. 2012.
- (88) Grupo Cultivar. Máquinas. Quanto gasta o seu trator. Combustíveis: consumo. Número 8, outubro, 2003.
- (89) Haaster, Berthe van; Ramirez, Andrea; Ciroth, Andreas; Fontes, João. Practical Guidance Document for Social Assessments. Report prepared within the EC 7th framework project. Prospective Sustainability Assessment of Technologies - Prosuite, Utrecht, 2013.
- (90) Haberland, N. T.; Zortea, R.B.; Ramirez, P.K.S.; Souza, A.; Ugaya, C.M.L. Inventário Social do Ciclo de Vida: Lacunas Identificadas na Aplicação do método SAM. Anais do IV Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços. 09 a 12 de novembro. Págs. 343-348. São Bernardo do Campo, 2014.
- (91) Halog, Anthony and Manik, Yosef. Advancing Integrated Systems Modelling Framework for Life Cycle Sustainability Assessment. Sustainability Journal, 469-499, 3, 2011.
- (92) Holanda, Ariosto. Biodiesel e inclusão social / Ariosto Holanda. — Brasília : Câmara dos Deputados, coordenação de publicações, 200 p. : Série cadernos de altos estudos; n. 1, 2004.
- (93) IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Uso da Terra no Estado do Rio Grande do Sul. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p. 151. 2010.
- (94) IBGE. Cidades@. Indicadores e Estatísticas. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/index.php>>. Acesso em 24 de janeiro de 2013a.
- (95) IBGE. Censo Agropecuário 1920/2006 - Séries Históricas e Estatísticas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br>>. Acesso em: Junho 2013b.
- (96) IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>>. Acesso em Março 2013
- (97) IPCC. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006b. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>> Acesso em Março 2013.
- (98) IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANG. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Stockholm. 2013.
- (99) IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. Estimativa da safra de arroz 2013/2014. Instituto Riograndense do Arroz, 25 Outubro 2013a. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: Outubro 2013.
- (100) IRGA. Dados cultivo da soja em áreas de arroz. Instituto Rio Grandense do Arroz. [S.l.]. 2013b. Entrevista com Pesquisadora IRGA Cláudia Erna Lang.
- (101) Jesinghaus, Jochen. Why we need the Dashboard (Summary). Beyond GDP: measuring progress, true wealth, and the well-being of nations. International Conference. Brussels. 19 & 20 November. 2007.
- (102) Jolliet, O.; Margni, M.; Charles, R; Humbert, S.; Payet, J.; Rebitzer, G. and Rosenbaum, R. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment

- Methodology. *International Journal Life Cycle Assessment*. Number 10 (6). Pages 324-330, 2003.
- (103) Jolliet, O., Müller-Wenk, R., Bare, J., Brent, A., Goedkoop, M., Heijungs, R., Itsubo, N., Peña, C., Pennington, D., Potting, J., Rebitzer, G., Stewart, M., Haes, H.D. & Weidema, B. The LCIA Midpoint damage Framework of the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. *International Journal Life Cycle Assessment*. Number 9 (6). Pages 394-404, 2004.
- (104) Jorgensen, Andreas; Bocq, Agathe Le; Nazarkina, Liudmila and Hauschild, Michael. Methodologies for Social Life Cycle Assessment. *International Journal Life Cycle Assessment*. Number 13 (2). Pages 96-103, 2008.
- (105) Jungbluth, N. Chudacoff, M., Dauriat, A., Dinkel, F., Doka, G., Faist Emmenegger, M., Gnansounou, E., Kljun, N., Schleiss, K., Spielmann, M., Stettler, C., Sutter, J. Life Cycle Inventories of Bioenergy. *Ecoinvent Report N° 17*, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007.
- (106) Juwana, I.; Muttil, N.; Perera, B.J.C. Indicator-based water sustainability assessment – a review. *Science of the Total Environment*, 438, pages 357-371, 2012.
- (107) Kassai, José Roberto; Kassai, Sílvia; Santos, Ariovaldo dos; Neto, Alexandre Assaf. *Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial*. 2^a Ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- (108) Kendall, A.; Chang, B. Estimating life cycle greenhouse gas emissions from corn ethanol: a critical review of current U.S. practices. *Journal of Cleaner Production*. 18 de abril de 2009.
- (109) Kist, B. et al. *Anuário brasileiro da soja*. Santa Cruz, p. 144. 2003.
- (110) Klimko, Gabor. Knowledge Management and Maturity Models: Building Common Understanding. Second European Conference on Knowledge Management. Bled School of Management. November, 8 and 9: pages 269-278. 2001.
- (111) Klopffer, Walter. Life Cycle Sustainability Assessment of Products (with Comments by Helias A. Udo de Haes, p. 95). *International Journal Life Cycle Assessment*. Number 13 (2) 89–95, 2008.
- (112) Kozerski, Glauco R, Hess, Sônia C. Estimativa dos poluentes emitidos pelos ônibus e microônibus de Campo Grande/MS, empregando como combustível Diesel, biodiesel e gás natural. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol.11, n° 2, págs 113-117 – abr/jun, 2006.
- (113) Lapola, D. M.; Martinelli, L. A.; Peres, C. A.; Ometto, J.P.H.B.; Ferreira, M.E.; Nobre, C.A.; Aguiar, A.P.D.; Bustamante, M.M.C.; Cardoso, M.F.; Costa, M.H.; Joly, C.A. Leite, C.C.; Moutinho, P.; Sampaio, G.; Strassburg, B.B.N.; Vieira, I.C.G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. Review Article. *Nature Climate Change*. 20 de dezembro de 2013.
- (114) Lima, Paulo C.R. O biodiesel e a inclusão social. *Consultoria Legislativa - Estudo*. Câmara dos Deputados. Março de 2004.
- (115) Lima, Paulo C.R. Os Tributos e os Preços do Óleo Diesel Praticados pela Petrobrás depois da Liberalização do Mercado. *Estudo*. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília. Julho de 2009.
- (116) Liptow, C and Tilmann A-M. Comparative life cycle assessment of polyethylene based on sugarcane and crude oil. Goteborg, Sweden: Department of Energy and Environment, Division of Environment Systems Analysis, Chalmers University of Technology. 2009.
- (117) Lôbo, Ivon P. & Ferreira, Sérgio L.C. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. Revisão de Publicação para a *Revista Química Nova*. 13 páginas. Publicado na Web em 14 de julho. 2009.

- (118) Maciel, Vinícius G. Avaliação do Desempenho Ambiental da Fase Agrícola no Sistema de Produto Biodiesel no Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. PUC, PGETEMA. 2014.
- (119) Maciel, Vinícius G.; Zortea, Rafael B.; Silva, Wagner M.; Cybis, Luiz F.A.; Einloft, Sandra e Seferin, Marcus. Life Cycle Inventory for the agricultural stages of soybean production in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, Volume, 93, pages 65-74, 2015.
- (120) Malça, J.; Freire, F. Addressing land use change and uncertainty in the life-cycle assessment of wheat-based bioethanol. *Energy*, 22 March 2012.
- (121) Massart, D.L; Vandeginste, B.G.M.; Deming, S.M; Michotte, Y.; Kaufman, L.; *Chemometrics: a textbook*. Elsevier Science, fifth edition, Amsterdam, 2003.
- (122) Matsuura, Marília F. Life Cycle Inventory of Physic Nut Biodiesel: Comparison Between the Manual and Mechanised Agricultural Production Systems Practiced in Brazil. In: *Towards Life Cycle Sustainability Management*, Chapter 41. Springer, Berlin, 2011.
- (123) Maziero, J.V.; Corrêa, I.M.; Trielli, M.A.; Bernardi, J.A.; D'Agostini, F. Avaliação de Emissões Poluentes de um Motor Diesel Utilizando Biodiesel de Girassol como Combustível. *Engenharia na Agricultura*, v.14, n.4, 287-292, Viçosa-MG, Out/Dez., 2006.
- (124) Medrano, Magaly Fonseca. Avaliação de Sustentabilidade de Biodiesel de Soja no Brasil. Dissertação de Mestrado. Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB: Política e Gestão Ambiental, 2007.
- (125) Mendonça, Renata Maéry de Lima. Avaliação do Ciclo de Vida do Carbono na Queima de Biodiesel à Base de Óleo de Soja. Dissertação de Mestrado. Brasília: Faculdade de Tecnologia, UnB: Departamento de Engenharia Mecânica, 2007.
- (126) Menezes, Wagner. Avaliação do Ciclo de Vida do Glicerol Oriundo da Produção do Biodiesel e seus Processos de Purificação. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. PUC, PGETEMA. 2012.
- (127) Methanex. Metanol. Ficha de Dados de Segurança. 10 páginas. Setembro, 2008.
- (128) Milazzo, M.F.; Spina, F.; Carvalho, S.; Bart, J.C.J. Sustainable soy biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14 de julho de 2013.
- (129) Moretti, Telma, Rizzi Márcia. Por que falar de Responsabilidade Social? Universidade dos Correios: Brasília, 2004.
- (130) Müller, Gabriel T. Emprego de Pegada Hídrica e da Análise do Ciclo de Vida para a Avaliação do Uso da Água na Cadeia Produtiva do Biodiesel de Soja. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS: IPH, 2012.
- (131) Murphy, R.J.; Guo, M. LCA data quality: sensitivity and uncertainty analysis. *Science of the Total Environment* 435-436, pages: 230-243, 2012.
- (132) Ometto, Aldo Roberto. Avaliação do Ciclo de Vida do Álcool Etílico Hidratado Combustível pelos Métodos EDIP, EXERGIA e EMERGIA. Tese de Doutorado. São Carlos. Programa de Pós Graduação em Hidráulica e Saneamento, USP: Escola de Engenharia, 2005.
- (133) Panichelli, L.; Dauriat, A.; Ganansounou, E. Life cycle assessment of soybean-based biodiesel in Argentina for export. *Journal Life Cycle Assessment*. 14: 144-159 2009.

- (134) Parent J., Cucuzzella, C., Revéret J.P. Impact assessment in SLCA: sorting the sLCIA methods according to their outcomes. *International Journal Life Cycle Assessment* 15: 164-171. 2010.
- (135) Petti, Luigia & Campanella, Patrizia. The Social LCA: The state of art of an evolving methodology. *The Annals of The “Stefan cel Mare” University of Suceava. Fascicle of The Faculty of Economics and Public Administration. Vol.9, No.2 (10), 2009.*
- (136) Philippi Jr., Arlindo (editor). *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável – Barueri, SP: Manole, 2005.*
- (137) Piekarski, Cassiano M.; Luz, Leila, M.; Zocche, Lidiana; Francisco, Antônio C. Métodos de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida: uma discussão para adoção de métodos nas especificidades brasileiras. *Revista Gestão Industrial. v. 08, n. 03: p. 222-240. 2012.*
- (138) Plá, Juan A. Perspectivas do biodiesel no Brasil. *Indicadores Econômicos FEE. Porto Alegre, v.30, no 2, págs. 179-190, 2002.*
- (139) Pozo, C.; Ruíz-Femenia, R.; Caballero, J.; Guillén-Gosálbez, G.; Jiménez, L. On the use of Principal Component Analysis for reducing the number of environmental objectives in multi-objective optimization: Application to the design of chemical supply chains. *Chemical Engineering Science. Volume 69, Issue 1, pages 146-158, 2012.*
- (140) Quintella, Cristina M. & Castro Marilu. Glicerina bruta (GB) oriunda da produção de biodiesel: transformando este subproduto em coproduto com alto valor agregado e baixo custo preparativo, uma oportunidade de negócio. *Bahia Análise e Dados, v.1:(1991). Salvador. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. v.18, n.4, pags. 635-646: Jan/mar, 2009.*
- (141) Quintella, Cristina M. et al. Cadeia do Biodiesel da Bancada à Indústria: uma visão geral com prospecção de tarefas e oportunidades para P&D&I. *Química Nova Volume 32, no 3. Pág. 793-808. 2009.*
- (142) Ramirez, P.K.S; Petti, L.; Haberland, Nara T. and Ugaya, CássiaM.L. Subcategory assessment method for social life cycle assessment. Part 1: methodological framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment. August, Volume 19, Issue 8, pp. 1515-1523, 2014.*
- (143) Rathmann, Régis et al. Motivações dos Atores da Cadeia Produtiva do Biodiesel no Rio Grande do Sul. *XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Apresentação Oral. Rio Branco-AC, 20 a 23 de julho, 2008.*
- (144) Rebitzer, G et al. Life Cycle Assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International* 30 (2004) 701–720.
- (145) Robbins, Stephen Paul. *Comportamento Organizacional. 9a edição. São Paulo: Prentice Hall, 2002.*
- (146) Rocha, Mateus H.; Capaz, Rafael S.; Lora, Electo E.S; Nogueira, Luiz. A. H.; Leme, Marcio M.V.; Renó, Maria L.G; Olmo, Oscar A. Life Cycle assessment (LCA) for biofuels in Brazilian conditions: A meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 37 (2014) 435-459.
- (147) Rocha, Tiago B. *Harmonização de Inventários de Ciclo de Vida de Biocombustíveis do Brasil. Dissertação de Mestrado. Curitiba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. UTFPR, 2011.*
- (148) Rodriguez, S.I; Roman M.S.; Sturhahn S.C. & Terry E.H. *Sustainability Assessment and Reporting for the University of Michigan’s Ann Arbor Campus.*

- Center for Sustainable Systems – University of Michigan. Report no CSS02-04. Ann Arbor. April, 2002. 415 pp.
- (149) Rosseti, José P. Introdução a Economia. 8 ed. São Paulo, Atlas, 1980.
- (150) Rosemann, Michael; De Bruin, Tonia. Towards a Business Process Management Maturity Model. In: ECIS. p. 521-532. 2005.
- (151) Sala, Serenella; Farioli, Francesca e Zamagni, Alessandra. Life cycle sustainability assessment in the context of sustainability science progress (part 2). International Journal of Life Cycle Assessment. 18: 1686-1697, 2013.
- (152) Sallaberry, Rogério R. Emprego da Avaliação do Ciclo de Vida para Levantamento dos Desempenhos Ambientais do Biodiesel de Girassol e do Óleo Diesel. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS: IPH, 2009.
- (153) Santos, Carolina A. Biodiesel: uma análise de custos e produção. Monografia. Florianópolis. Departamento de Ciências Econômicas, UFSC. 2008.
- (154) Santos, Leandro A., Ugaya, Cássia L.M., Haberland, Nara T. Avaliação do Ciclo de Vida Social: Desenvolvimento de Método de Análise de Inventário e Avaliação de Impacto. SICITE – XVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. Curitiba, 2012.
- (155) Santos, Rozali A. Selo Combustível Social: A perspectiva de indústria de biodiesel do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Santa Maria. Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Administração, UFSM, 2012.
- (156) Schneider, Fernanda & Oliveira, Joseane M. Efluentes de extração de óleos vegetais. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Senai, jul, 2006.
- (157) Schwartz, Jeffrey. Alkane Activation by Oxide-Bound Organorhodium Complexes. Acc. Chem. Res. 18, 302. 1985.
- (158) Scipioni, Antonio; Mazzi, Anna; Mason, Marco & Manzardo, Alessandro. The Dashboard of Sustainability to measure the local urban sustainable development: The case study of Padua Municipality. Ecological Indicators, 9: pages 364-380. 2009.
- (159) Seo, Emilia S.M. & Kulay, Luiz A. Avaliação do Ciclo de Vida: ferramenta gerencial para a tomada de decisão. INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente. vol.1, número 1, Artigo 4, páginas 1-23. Agosto: 2006.
- (160) Serrão, Adriana A. & Ocácia, Gilnei C. Produção de biodiesel de soja no Rio Grande do Sul. Revista Liberato 10(10). Págs. 35 a 41, 2007.
- (161) Silva, Marcelo B. & Morais, Anderson S. Avaliação Energética do Bagaco de Cana em diferentes níveis de umidade e graus de compactação. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro. 13 a 16 de outubro de 2008.
- (162) Siqueira, Jairo. O Modelo de Maturidade de Processos: como maximizar o retorno dos investimentos em melhoria da qualidade e produtividade. IBQN, Brasil, <http://www.ibqn.com.br>, Fevereiro, 2005.
- (163) SBCS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Núcleo Região Sul / Comissão de Química e Fertilidade do Solo. – 10. Ed – Porto Alegre, 2004.
- (164) SISTEMA DE ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DE COMÉRCIO EXTERIOR (ALICEWEB). Disponível em: <<http://alicesweb2.mdic.gov.br/>>. Acesso em Julho de 2014.
- (165) Sonnemann, Guido et al. Integrated Life Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes. Lewis Publishers. CRC Press Company, Boca Raton. 2003.

- (166) Souza, Renato S. Entendendo a questão ambiental: temas de economia, política e gestão do meio ambiente. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2000.
- (167) Suarez, Paulo A.Z. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. *Química Nova*, Volume 32, no 3. Pág. 768-775. 2009a.
- (168) Suarez, Paulo A.Z. Catálise heterogênea. Coluna da Revista Biodieselbr. Dez/2008-Jan/2009. Pág.44. 2009b.
- (169) Sustainable Development Commission, 2011. History of Sustainable Development. Acessado em 30 de setembro de 2011. http://www.sd-commission.org.uk/pages/history_sd.html.
- (170) Swarr, Thomas E. Societal life cycle assessment – could you repeat the question? *International Journal Life Cycle Assessment*, 14:285-289. 2009.
- (171) Traverso, M; Finkbeiner, M; Jørgensen, A; Schneider, L. Life Cycle Sustainability Dashboard. *Journal of Industry Ecology*. 16 (5): 680-688, 2012.
- (172) Trigueiro, André. Mundo Sustentável: abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação – São Paulo: Globo, 2005.
- (173) Ugaya, Cássia M.L.; Zortea, Rafael B.; Haberland, Nara T.; Ramirez, Paola K.S., Souza, Alexandre. Avanços na Definição do Objetivo e Escopo da Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S). In: Anais do IV Congresso Brasileiro sobre Gestão pelo Ciclo de Vida. 09 a 12 de novembro. Págs. 332-337. São Bernardo do Campo, 2014.
- (174) UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Guidelines for social life cycle assessment of products. United Nations Environment Programme. Social and socio-economic LCA guidelines. 2009.
- (175) UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Guide to Social LCA: Methodological Sheets. Social LCA Project Group. 2010.
- (176) UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Towards a Life Cycle Sustainability Assessment: making informed choices on products. United Nations Environment Programme. Proposal Guidance. 2011.
- (177) UNICA – União da indústria de cana-de-açúcar. Acessado do webtite <http://www.unica.com.br/usina-virtual/> on May, 16th 2012.
- (178) Viana, Marcelo Mendes. Inventário do Ciclo de Vida do Biodiesel Etílico do Óleo de Girassol. Dissertação de Mestrado. São Paulo. Engenharia Química, USP: Escola Politécnica, 2008.
- (179) Vinyes, Elisabet; Oliver-Solà, Jordi; Ugaya, Cássia; Rieradevall, Joan; Gasol, Carles M. Application of LCSA to used cooking oil waste management. *International Journal Life Cycle Assessment*. Number 18. Pages 445-455, 2013.
- (180) Wang, W.G.; Lyons, D.W.; Clark, N.N; Gautam, M. Emissions from Nine Heavy Trucks Fueled by Diesel and Biodiesel Blend without Engine Modification. *Environmental Science Technology*, v.34, pages 933-939. 2000.
- (181) Weidema, Bo P. Multi-User Test of the Data Quality Matrix for Product Life Cycle Inventory Data. *International Journal Life Cycle Assessment*. Number 3 (5). Pages 259-265, 1998.
- (182) Weidema, Bo P. System expansions to handle co-products of renewable materials. 7th LCA Case Studies Symposium SETAC-Europe. Presentation Summaries, pp 45-48. 1999.
- (183) Weidema, Bo P. Avoiding Co-Product Allocation in Life-Cycle Assessment. *Journal of Industrial Ecology*. Volume 4, number 3. MIT and Yale University. 2001.
- (184) Wold, S.; Esbensen, K.; Geladi, P. Principal component analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. Volume 2, Issues 1-3, pages 37-52, 1987.

- (185) Wright, W.E. A formalization of clusters analysis. *Pattern Recognition*. Volume 5, Issue 3, pages 273-282, 1973.
- (186) Xavier, José H.V. *Análise de Ciclo de Vida (ACV) da Produção Agrícola Familiar em Unai-MG: resultados econômicos e impactos ambientais*. Dissertação de Mestrado. Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. UnB, 2003.
- (187) Zamagni, Alessandra. Life cycle sustainability assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 17: 373-376, 2012.
- (188) Zanghelini, G.M.; Cherubini, E.; Galindro, B.M. & Soares, S.R. Percepções do uso de diferentes métodos de AICV: uma comparação baseada no aquecimento global. In: *Anais do III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços*. 03 a 06 de setembro. Págs.368-372. Maringá, 2012.
- (189) Zeijts, H., Leneman, H., Sleswijk A.W. Fitting fertilisation in LCA: allocation to crops in a cropping plan. *Journal of Cleaner Production* 7, pp. 69-74. 1999.
- (190) Zonin, Valdecir J. *Potenciais e Limitações da Indústria de Biodiesel no Brasil: um estudo de caso*. Dissertação de Mestrado. São Leopoldo. Engenharia da Produção e Sistemas, Unisinos. PPG, 2008.
- (191) Zortea Rafael B. *Viabilidade Econômica e Tecnológica para a Reciclagem das Embalagens Cartonadas Longa Vida Pós-Consumo de Porto Alegre*. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre. Programa de Pós-Graduação em Administração. UFRGS, PPGA. 2001.
- (192) Zortea Rafael B., Cybis, Luis F.A., Almeida, Cássio F., Cenci, Marcelo, P. e Cardoso, Nathalia C.. Sugestão de inventário ambiental da soja para estudos de ACV no RS. In: *Anais do III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços*. 03 a 06 de setembro. Págs. 403-409. Maringá, 2012.
- (193) Zortea, Rafael B.; Cybis, Luis F.A., Anex, Robert e Almeida, Cássio F.. Sustainability evaluation of biodiesel production using Life Cycle Assessment performed with a specific Sustainability Index at Rio Grande do Sul, Brazil. In: *Proceedings of the Vth International Conference on Life Cycle Assessment, CILCA2013*. March, 24-27. Pages 638-649. Mendoza – Argentina, 2013.
- (194) Zortea, Rafael B.; Maciel, V.G.; Menezes, W.; Seferin, M.; Cybis, L.F.A. Mudança do Uso da Terra (MUT) para Produção de Soja no Estado do Rio Grande do Sul (RS). In: *Anais do IV Congresso Brasileiro sobre Gestão pelo Ciclo de Vida*. 09 a 12 de novembro. Págs. 394-399. São Bernardo do Campo, 2014.
- (195) Meglen, R.R., 1992. Examining large databases: a chemometric approach using principal component analysis. *Marine Chemistry* 39, 217–237
- (196) Gutiérrez, E., Lozano, S., Moreira, M., Feijoo, G., 2009. Assessing relationships among life-cycle environmental impacts with dimension reduction techniques. *J. Environ. Manage.* 91, 1002–11