

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

JESSÉ MORAIS PACHECO

**ECOSSISTEMAS INDUSTRIAIS: PROPOSIÇÃO DE ESTRUTURA
ANALÍTICA E AVALIAÇÃO DO COMPLEXO SUCROALCOOLEIRO DO
TRIÂNGULO MINEIRO**

**UBERLÂNDIA
2013**

JESSÉ MORAIS PACHECO

**ECOSSISTEMAS INDUSTRIAIS: PROPOSIÇÃO DE ESTRUTURA
ANALÍTICA E AVALIAÇÃO DO COMPLEXO SUCROALCOOLEIRO DO
TRIÂNGULO MINEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico

Orientadora: Prof. Dra. Debora Nayar Hoff.

**UBERLÂNDIA
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P116e Pacheco, Jessé Moraes, 1986-
2013 Ecosistemas industriais: proposição de estrutura analítica e avaliação do complexo sucroalcooleiro do Triângulo Mineiro / Jessé Moraes Pacheco. -- 2013.
211 f.

Orientadora: Debora Nayar Hoff.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Economia.

Inclui bibliografia.

1. Economia - Teses. 2. Ecologia industrial - Teses. 3. Desenvolvimento sustentável - Triângulo Mineiro (MG) - Teses. 4. Agroindústria canavieira - Triângulo Mineiro (MG) - Teses. I. Hoff, Debora Nayar. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDU: 330

JESSÉ MORAIS PACHECO

**ECOSSISTEMAS INDUSTRIAIS: PROPOSIÇÃO DE ESTRUTURA
ANALÍTICA E AVALIAÇÃO DO COMPLEXO SUCROALCOOLEIRO DO
TRIÂNGULO MINEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico

Uberlândia, 07 de março de 2013.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Debora Nayar Hoff – IE/UFU

Profa. Dra. Ana Paula Macedo de Avellar – IE/UFU

Profa. Dra. Sônia Maria Dalcomuni – CCJE/UFES

AGRADECIMENTOS

De todas as seções deste trabalho, esta é a de mais árdua e agradável escrita. Explica-se o paradoxo: árdua por obrigar a tentar comprimir em poucas palavras toda a imensa gratidão a um sem número de pessoas que o apoiam durante a empreitada da natureza de um mestrado – correndo o risco, inclusive, de cair no maior dos embaraços: esquecer alguém. Agradável por finalmente poder dedicar uma (ou duas) das páginas do trabalho que, a um só tempo, simboliza e materializa todo o esforço da realização do mestrado, a esses indivíduos especiais que participaram direta ou indiretamente de nossas vidas durante esse estágio.

O que escrevo a seguir reveste-se do mais honesto e real sentimento de gratidão a todos aqueles que dão significado à minha existência e que me suportam nas caminhadas que escolho trilhar. Encarem esse breve texto como que um abraço; um abraço feito de palavras.

Primeiramente devo gratidão a meus pais – Lucas e Soraia – pelo mais real e sincero amor, pelo mais franco apoio, lealdade, amizade e pelo carinho e respeito que tanto me concederam durante a vida. Pelo seu esforço, tenham certeza de que conseguiram criar um indivíduo que busca um pouco por dia ser mais virtuoso e humano. Por esses e todos os muitos outros motivos que me fazem sentir tanto orgulho de ser filho de ambos, é a vocês que dedico este trabalho e todas as pequenas e grandes vitórias que me ocorrerem.

Aos meus tios, tias e avós, que me são tão queridos e que tão bem cuidam de mim, agradeço pelo carinho com que se interessam pela minha jornada e torcem pelo meu bem-estar – especialmente Marisa, Shirley e Márcia, minhas tias-mães. Agradeço a Selma e Sebastião e Maria, meus avós que tanto significam pra mim; e a meu avô Francisco, que hoje já não está por aqui, mas que me ensinou o amor pelos livros.

Aos meus primos, agradeço pela oportunidade de conhecer um pouco do que é a fraternidade entre irmãos – Rodrigo, Deise, Matheus, João Paulo, Gabriel, Maria Fernanda, Débora e Ricardo Henrique.

Aos amigos! À minha *famiglia* - meus amigos de infância que até hoje me acompanham - agradeço pelo companheirismo, pelos encontros que me refugiaram e blindaram das aflições e permitiram ao mestrando de cabeça cheia (re)encontrar aquele estudante da 5ª série, de riso fácil e mente serena. Farofa, Caju, Leandro, Gerson, Pedro Ivo, Heitor e Natália – aos velhos amigos, devo muito do que fui, sou e serei.

Aos amigos da 47, especialmente aos que dividiram comigo a experiência da pós-graduação, agradeço pelo carinho e consideração que nutrimos uns pelos outros mesmo após o fim da faculdade - Gabriella, Rick, Tarik, Natália, Jaime, Marcelo e Bruno, que mais próximos estiveram durante esse tempo, meus sentimentos de gratidão, carinho e respeito os acompanham sempre!

Agradeço ainda aos demais amigos e amigas que compartilharam comigo esses anos: aos graduandos em economia, companheiros das horas de ócio criativo pelos corredores do bloco J - especialmente ao grande Benito Salomão! Maria Clara, que tantas palavras alegres e conselhos encorajadores me presenteou, agradeço pela amizade.

Aos amigos que fiz durante o mestrado – mestrandos e doutorandos –, meus camaradas de trabalho e de desventuras, confrades de laboratório. Companheiros nas dúvidas, certezas e discussões instigantes regadas a café e risadas. A essas pessoas incríveis, geniais e talentosas, agradeço por terem me ensinado tanto e por me servirem, agora, de modelo. Com muito carinho, torço pelos seus futuros; estou convicto de que farão belas contribuições – cada um a seu modo – para a ciência que escolhemos por entender. Muito obrigado, sobretudo a Marcos Godoi, Daniel Jeziorny e Tiago Camarinha!

Ao Instituto de Economia, ao Programa de Pós-Graduação (representados, respectivamente, pelos professores Clésio Lourenço Xavier e Antônio César Ortega) e ao CNPq agradeço pela estrutura, confiança e recursos oferecidos a mim e a meus colegas. À Tatiana Athayde, secretária do PPGE, agradeço em nome de todos os pós-graduandos pela presteza, pela participação e pelo

sorriso. Aos professores, agradeço profundamente pelos conhecimentos que me revelaram – estejam certos de que seus esforços para transmiti-los não foram em vão.

Finalmente, meu agradecimento à Debora Nayar Hoff, a orientadora, amiga e mestra no sentido oriental do termo. Obrigado por me guiar ao longo desses 21 meses pelos caminhos da pesquisa e da Ciência Econômica. Obrigado por fazer esse inseguro e prolixo pesquisador-em-formação se sentir mais firme e acreditar em suas capacidades. Sou grato pelos ensinamentos e espero ter sido um bom discípulo. De minha parte, é certo que tive a melhor orientação que poderia desejar.

Os seis ou sete anos que passei tentando edificar meu conhecimento sobre economia, fez do Bloco 1J parte de mim – ou fez de mim parte dele, não sei. Completar essa jornada traz algo de tristeza; aquele desalento de ter de sair de um lugar no qual se sente tão bem. Ao mesmo tempo, brota no coração aquele impulso bom de encarar o que virá adiante.

No mestrado sinto ter cumprido um objetivo íntimo de quando o iniciei: dei um passo adiante no caminho do auto refinamento. O trabalho intelectual me colocou em contato com a grandeza de muitas obras, homens e mulheres, e me ensinou a humildade para reconhecê-los. Me permitiu ambicionar coisas novas, me levou a lugares do meu ser-pensante que jamais imaginei chegar. Ali, contemplei o valor do conhecimento e me curvei diante dele.

O trabalho que vem a seguir é a cristalização de tudo isso; da mistura de sentimentos de uma época que, no futuro, lembrarei com muito carinho e reverência.

Vamos a ele!

RESUMO

Esta dissertação surge a partir de uma dupla problematização: *i)* A abordagem de ecossistemas industriais pode ser utilizada para observar se um complexo industrial promove o desenvolvimento de determinada região?; e *ii)* À luz da ecologia industrial, do enfoque territorial e do paradigma centrado na sustentabilidade, qual a avaliação do complexo sucroalcooleiro com relação à sua capacidade de gerar desenvolvimento ambiental, social e econômico?. Logo, o *objetivo geral* da dissertação é desenvolver, a partir da literatura existente, uma estrutura de análise de Ecossistemas Industriais que contemplem características do Paradigma Centrado na Sustentabilidade, da Ecologia Industrial e do Enfoque Territorial. A partir dessa estrutura analítica, pretende-se analisar o *objeto* (o complexo sucroalcooleiro inserido no Triângulo Mineiro) buscando identificar ali as características de um arranjo industrial que seja socialmente incluyente, economicamente viável e, ao mesmo tempo, não cause constrangimentos à capacidade de suporte do ambiente no qual se insere. Este é um trabalho que adota o tipo de pesquisa descritivo, que se utiliza majoritariamente de métodos qualitativos. Os dados primários, obtidos com a aplicação de questionários a uma amostra substancial da população de empresas que compõem o complexo sucroalcooleiro do Triângulo Mineiro, complementam os dados secundários obtidos com o uso de técnicas de pesquisa bibliográficas-documentais. É esta complementação informacional que permite a análise das variáveis proposta no modelo analítico. Os resultados, de certo modo, corroboram as hipóteses adotadas, demonstrando que: *i)* de fato, a abordagem de ecossistemas industriais, sozinha, não consegue dar conta de inserir elementos sociais, culturais e simbólicos na análise, tendendo a contemplar apenas aspectos técnico-econômicos-ambientais, sendo necessário, portanto, a complementação teórico-conceitual de outras abordagens; e *ii)* o complexo sucroalcooleiro triangulino, em que pese os ganhos ambientais obtidos a partir do fechamento de ciclo de matéria e energia e os ganhos sociais garantidos em razão da evolução de formas institucionais, ainda precisa evoluir rumo a novas formas de integração social com o ambiente em que se inserem e integração econômica com firmas de outros setores.

Palavras-chave: Ecossistemas Industriais, Ecologia Industrial, Complexo Sucroalcooleiro, Triângulo Mineiro.

ABSTRACT

This work emerges from a dual problem: *i)* the industrial ecosystems approach can be used to observe if an industrial complex promotes the development of a given region?; and *ii)* from the industrial ecology, the territorial approach and the sustaincentrism, how can the sugar and alcohol complex be evaluated with respect to its capacity to generate economic, social and environmental development?. The main objective of this work is to develop, from the literature, an model to analyze the Industrial Ecosystems that include the elements of Sustaincentrism, Industrial Ecology and Territorial Approach. From the analytical framework, the object (the sugar and alcohol complex inserted in Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brazil) is observed aiming to identify the features of an industrial arrangement that is socially inclusive, economically viable and, at the same time, don't cause constraints to the environment. This work is adopting a descriptive kind of research, which uses mostly qualitative methods. The primary data, obtained by the application of questionnaires to a substantial sample of the universe that composes the sugar and alcohol complex in Triângulo Mineiro, complements the secondary data (obtained from literature review). The results, in some way, corroborate the hypothesis adopted: *i)* the industrial ecosystems approach, alone, can't insert the social and cultural elements on the analysis, tending to put on evidence, technical and economic aspects – so, in that way, is necessary to complement it with another approaches that can insert those social elements; and *ii)* the sugar and alcohol complex still needs to evolve into new ways of social integration with the local and regional environment where it belongs, despite the fact that there are some important environmental and social gains in response to institutional pressures on the last decade.

Key-words: Industrial Ecosystems, Industrial Ecology, Sugar and alcohol Complex, Triângulo Mineiro.

Lista de Quadros

Quadro 1 - Paradigmas Ambientais: princípios básicos.....	10
Quadro 2 - Modelos de Fluxo de Matéria e Energia: principais características.....	20
Quadro 3 - Tipos de Simbiose Industrial.....	23
Quadro 4 - Ecossistemas naturais e industriais: analogias.	26
Quadro 5 - Ecossistemas Industriais: elementos gerais.....	30
Quadro 6 - Benefícios e riscos potenciais relacionados à conformação de ecossistemas industriais.	31
Quadro 7 - Alguns elementos a serem considerados no processo de planejamento e introdução de um ecossistema industrial.	33
Quadro 8 - Síntese da concepção de território de Claude Raffestin.....	40
Quadro 9 - Concepções de território segundo tipologia elaborada por Haesbaert.	42
Quadro 10 - Características da governança territorial.	45
Quadro 11 - Enfoque Territorial e Tradicional: diferenças fundamentais.....	49
Quadro 12 - Enfoque Territorial, Paradigma Centrado na Sustentabilidade, Ecologia Industrial e Ecossistemas Industriais: elementos convergentes.....	50
Quadro 13 - Modelo de Análise: Ecossistema Industrial como elemento de desenvolvimento.	54
Quadro 14 - Características resumidas do Modelo de Análise proposto no Quadro 13.....	60
Quadro 15 - Números médios relacionados à uma usina processadora de cana-de-açúcar no Brasil.....	68
Quadro 16 - Panorama geral do complexo sucroalcooleiro no Brasil (referentes à safra 2008/2009).....	71
Quadro 17 - Algumas características da cogeração a partir da biomassa de cana-de-açúcar.	100
Quadro 18 - O Modelo de Análise: variáveis e princípios gerais.....	118
Quadro 19 - Impactos ambientais potenciais e ações do complexo sucroalcooleiro rumo à sua mitigação.	123
Quadro 20 - Algumas características infra estruturais do Triângulo Mineiro.....	135
Quadro 21 - Percepção das usinas com respeito à estrutura de energia e transportes.	136
Quadro 22 - Algumas ações concretas de integração social entre o complexo e comunidades locais.....	143
Quadro 23 - Ações potenciais de integração social entre o complexo e comunidades locais.	144
Quadro 24 - Alguns problemas e desdobramentos relacionados às condições de trabalho no cultivo de cana-de-açúcar.	148
Quadro 25 - Resumo de Ações que visam a melhoria das condições de trabalho no complexo sucroalcooleiro.....	149
Quadro 26 - Usinas do Triângulo Mineiro que aderiram ao Compromisso Nacional e que possuem o selo "Empresa Compromissada".	150
Quadro 27 - Esquema dos fluxos de matéria e energia dentro do complexo sucroalcooleiro brasileiro (valores médios).	154
Quadro 28 - Resumo dos resultados da pesquisa.	164

Lista de Figuras

Figura 1 - Os elementos da Ecologia Industrial em diferentes escalas.	16
Figura 2 - O fluxo linear de matéria e energia (ecologia tipo I).	17
Figura 3 - O fluxo <i>quasi</i> -cíclico de matéria e energia (ecologia tipo II).	18
Figura 4 - O fluxo cíclico de matéria e energia (ecologia tipo III).	19
Figura 5 - Esquema idealizado de um Ecossistema Industrial.	21
Figura 6 - Modelo básico de simbiose industrial.	24
Figura 7 - Um desenho do complexo sucroalcooleiro.	73
Figura 8 - Alguns produtos e sub-produtos derivados da cana-de-açúcar (inclusive potenciais).	74
Figura 9 - Balanço global de água no processamento de uma tonelada de cana-de-açúcar.	84
Figura 10 - Síntese das destinações do açúcar produzido no Brasil (safra 2011/2012).	95
Figura 11 - Distribuição espacial do complexo sucroalcooleiro no Brasil.	104
Figura 12 - Desenho da pesquisa.	115
Figura 13 - Mapa de aptidão edafo-climática da cana-de-açúcar, associada à possibilidade de risco de conflito por água.	121

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Participação de cada elo da cadeia no produto total do complexo sucroalcooleiro em 2008.	63
Gráfico 2 - Evolução do PIB do complexo sucroalcooleiro: 2001 a 2009.	64
Gráfico 3 - Evolução da porcentagem de cana-de-açúcar destinada à produção de etanol e açúcar no Brasil.	67
Gráfico 4 - Comparativo da concentração setorial do complexo sucroalcooleiro: safras 2005/2006 e 2010/2011.	68
Gráfico 5 - Cinco maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar (em toneladas).	75
Gráfico 6 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil, Centro-Sul e Norte-Nordeste (2000 a 2010).	76
Gráfico 7 - Produção de cana-de-açúcar por estado: 10 maiores no ano de 2010.	77
Gráfico 8 - Produção dos principais estados sobre o total do país (%): comparativo entre 2000 e 2010.	78
Gráfico 9 - Rendimento de cana-de-açúcar (kg/ha): 2000 a 2010.	79
Gráfico 10 - Rendimento do ATR (kg/t de cana-de-açúcar), Açúcar (kg/t de cana-de-açúcar) e etanol (l/t de cana-de-açúcar).	81
Gráfico 11 - Produção de etanol total (mil m ³): Brasil, Centro-Sul e Norte-Nordeste.	86
Gráfico 12 - Participação dos principais estados produtores de etanol: comparativo entre safras 2000/2001 e 2010/2011.	87
Gráfico 13 - Evolução da produção de etanol anidro, hidratado e total (mil m ³).	88
Gráfico 14 - Evolução do número de veículos licenciados por tipo de combustível.	89
Gráfico 15 - Custo total de produção do etanol brasileiro e seus componentes principais.	90
Gráfico 16 - Evolução das exportações brasileiras de etanol (em litros).	91
Gráfico 17 - Destinos da exportação brasileira de etanol: 2011 e 2012.	91

Gráfico 18 - Principais países produtores de açúcar e suas participações (%) na produção mundial (safra 2011/2012).....	93
Gráfico 19 - Principais exportadores e suas participações nas exportações mundiais de açúcar (2011).	94
Gráfico 20 - Principais importadores do açúcar brasileiro na safra 2011/2012 e suas participações sobre o total (%).	95
Gráfico 21 - Evolução da produção de açúcar (em t) em alguns estados selecionados.	96
Gráfico 22 - Participação na produção brasileira de energia elétrica por biomassa de cana-de-açúcar: São Paulo, Centro-Sul e Norte-Nordeste (em %).	97
Gráfico 23 - Evolução da participação (%) de mesorregiões mineiras sobre o total produzido de cana-de-açúcar em Minas Gerais: 2000 a 2010.	108
Gráfico 24 - Participação das mesorregiões na produção total mineira em 2010.	109
Gráfico 25 - Rendimento médio da cana-de-açúcar (kg/ha) no ano de 2010.	110
Gráfico 26 - Evolução da área colhida de cana-de-açúcar (em ha) por microrregião do Triângulo Mineiro.	113
Gráfico 27 - Porcentagem da área colhida no Triângulo Mineiro por microrregião (2010). .	114
Gráfico 28 - Evolução da produção de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro por microrregião.	114
Gráfico 29 - Participação de cada um dos setores da economia sobre o Valor Adicionado: Triângulo Mineiro e Minas Gerais (2008).....	127
Gráfico 30 - Proporção de emprego gerado por fases da produção do complexo (2011).	145
Gráfico 31 - Proporção de empregos gerados no complexo sucroalcooleiro por município do Triângulo Mineiro.	146
Gráfico 32 - Evolução do emprego gerado dentro do complexo sucroalcooleiro triangulino.	147

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Produção do complexo sucroalcooleiro (R\$ milhões de 2007).....	64
Tabela 2 - Impactos diretos, indiretos e induzidos do processamento de um milhão de toneladas de cana-de-açúcar (2002).	65
Tabela 3 - Proporção de usinas quanto à capacidade produtiva (safra 2009/2010).	66
Tabela 4 - Capacidade utilizada das usinas quanto à moagem de cana-de-açúcar.....	66
Tabela 5 - Porcentagem de cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar e etanol.....	67
Tabela 6 - Variação da produção, área colhida e rendimento (%) entre 2000 e 2010.....	79
Tabela 7 - ATR médio (kg/t de cana-de-açúcar processada).....	80
Tabela 8 - Quantidade de etanol total e açúcar produzido por tonelada de cana-de-açúcar....	81
Tabela 9 - Perfil da aquisição de cana-de-açúcar (safra 2009/2010).....	82
Tabela 10 - Uso médio de água no processamento de uma tonelada de cana-de-açúcar.	83
Tabela 11 - Demanda de energia para o processamento de uma tonelada de cana-de-açúcar. 85	
Tabela 12 - Consumo de açúcar: mundo e países selecionados (em toneladas).....	92
Tabela 13 - Exportações de açúcar (t): países selecionados e mundo.	94

Tabela 14 - Estimativa de renda obtida com a venda de energia elétrica gerada através da biomassa de cana-de-açúcar.	98
Tabela 15 - Média de energia gerada por tonelada de cana-de-açúcar e bagaço.....	99
Tabela 16 - Número de usinas: Brasil, estados e regiões.	105
Tabela 17 - Usinas de processamento de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro.....	107
Tabela 18 - Área de expansão da lavoura de cana-de-açúcar sobre determinadas culturas (em ha): safra 2009/2010.	112
Tabela 19 - Área de expansão da lavoura de cana-de-açúcar sobre áreas de pastagens (ha).	112
Tabela 20 - Percepção das usinas com respeito à importância de alguns aspectos naturais do Triângulo Mineiro.	122
Tabela 21 - Porcentagem de usinas que percebem o grau de qualificação da mão de obra disponível no Triângulo Mineiro, segundo fases de produção.....	129
Tabela 22 - Geração de emprego por atividades do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro: 2006 a 2011.	145
Tabela 23 - Porcentagem de usinas que percebem a qualidade do trabalho gerado pelo complexo no Triângulo Mineiro, segundo fases de produção.....	151
Tabela 24 - Porcentagem de usinas que percebem a produtividade do trabalho do Complexo Sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro, segundo as fases de produção.....	151
Tabela 25 - Porcentagem de usinas que realizam determinado grau de reutilização de subprodutos.	153
Tabela 26 - Grau de presença de determinados temas nas comunicações entre firmas do complexo e outros setores.	157
Tabela 27 - Algumas práticas de produção mais limpa e porcentagem de usinas triangulinas que as utilizam.	161
Tabela 28 - Percepção de aspectos relacionados aos ganhos econômicos nos últimos 5 anos de usinas do Triângulo Mineiro.....	163

Sumário

Introdução	1
Capítulo 1 – O referencial teórico: paradigma centrado na sustentabilidade, ecologia industrial, ecossistemas industriais e enfoque territorial.	4
1.1. Paradigma Centrado na Sustentabilidade.....	4
1.1.1. Emergência e evolução da temática do desenvolvimento sustentável.	7
1.1.2. O Paradigma Centrado na Sustentabilidade.	9
1.2. Ecologia Industrial (EI) e Ecossistemas Industriais (ESI)	13
1.2.1. O Fechamento do ciclo de matéria e energia.....	16
1.2.2. A Simbiose Industrial	21
1.2.3. Ecossistemas Industriais	24
1.3. O Enfoque Territorial.....	36
1.3.1. Território e Territorialidade.....	38
1.3.2. Enfoque Territorial como abordagem de desenvolvimento.	43
Capítulo 2 – Convergência do referencial teórico-conceitual rumo à construção de um modelo de análise para ecossistemas industriais integrados ao desenvolvimento local. ...	50
2.1. Convergência do Referencial.....	50
2.2. O modelo de análise.....	54
Capítulo 3 – O complexo sucroalcooleiro.	62
3.1. Complexo sucroalcooleiro – visão geral.....	63
3.2. Os insumos, os produtos e os sub-produtos do complexo sucroalcooleiro.	72
3.2.1. O insumo Cana-de-açúcar.	74
3.2.2. O insumo água.....	83
3.2.3. O insumo energia.	84
3.3. Produtos e subprodutos do complexo sucroalcooleiro.....	85
3.3.1. Etanol	85
3.3.2. Açúcar	91
3.3.3. Bagaço e Bioeletricidade.....	96
3.3.4. Outros <i>outputs</i> : vinhaça, torta de filtro, leveduras, pontas e palhas e água residual.	100

Capítulo 4 – A aplicação do modelo: o complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro	104
4.1. O Complexo sucroalcooleiro em Minas Gerais e no Triângulo Mineiro	106
4.2. Considerações metodológicas a respeito da pesquisa e aplicação do modelo	115
4.3. O complexo sucroalcooleiro do Triângulo Mineiro à luz do modelo proposto	117
4.3.1. Macro-análise – aspectos institucionais, políticas públicas e incentivos	119
4.3.2. Meso-análise - aspectos econômicos, ambientais e sociais em âmbito regional e local.	119
4.3.2.1. Recursos naturais	119
4.3.2.2. Ganhos ambientais	122
4.3.2.3. Diversificação econômica-industrial	125
4.3.2.4. Fatores de produção.	127
4.3.2.5. Agente Central e Proximidade Geográfica	129
4.3.2.6. Infraestrutura	131
4.3.2.7. Concertação comunitária	137
4.3.2.8. Afinidade histórico-cultural	138
4.3.2.9. Geração de empregos	144
4.3.3. Microanálise – Aspectos no âmbito da firma	152
4.3.3.1. Simbiose industrial	152
4.3.3.2. Ações de produção mais limpa	160
4.3.3.3. Ganhos econômicos	161
4.4. Resumo dos resultados	163
Considerações Finais	166
Referências	169
Anexo A – Questionários e respostas.	
Anexo B – Produção mais limpa no complexo sucroalcooleiro.	
Anexo C – Contribuições e tecnologias advindas de outros setores que foram incorporadas pelo complexo sucroalcooleiro e que ajudam no fechamento de ciclo.	

A racionalidade da modernidade está carcomendo suas próprias entranhas, como Saturno devorando a sua progênie, socavando as bases da sustentabilidade da vida e pervertendo a ordem simbólica que acompanha sua vontade ecodestrutiva (LEFF, 2004).

Introdução

O modo de produção capitalista é caracterizado por um padrão de reprodução ampliada: a intensa industrialização, a ânsia por ganhos de eficiência e o consumismo exacerbado são alguns dos elementos constitutivos de uma racionalidade que, afinal, colaborou para que o crescimento econômico se confundisse erroneamente com o desenvolvimento humano. A busca incessante pelo crescimento industrial, associado a determinados paradigmas tecno-produtivos – a exemplo da intensa utilização de combustíveis fósseis –, levou a que a base de recursos naturais do planeta sofresse danos consideráveis.

Por conta destas constatações, gerar desenvolvimento que seja sustentável, - entendido, por sua vez, como elemento social, ambiental e economicamente construído - deve ser a tônica das estratégias que se desenham neste início de século. Além disso, devido às desigualdades regionais evidentes, parece acertado que o enfoque territorial seja adequado para a análise e enfrentamento prático das questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável, no que tange aos processos e arranjos produtivos e suas relações com o espaço.

Observadores e pesquisadores das mais diversas formações formulam cenários e postulam indicações e soluções igualmente díspares. Abordagens relativamente mais otimistas e pragmáticas, a exemplo do Paradigma Centrado na Sustentabilidade e da Ecologia Industrial, consideram a importância das estruturas industriais para o estabelecimento de um quadro de maior conservação ambiental e até mesmo reversão da destruição já causada. Nesta visão, o sistema econômico é entendido como um sub-sistema de um universo maior e mais complexo, de modo que, as trocas entre tais sistemas (o sub-sistema socioeconômico e a biosfera, ou sistema natural) pode ser mais harmônica e sinérgica.

Nesse sentido, surgem arranjos industriais imbuídos pelos princípios da sustentabilidade ambiental tais como os ecossistemas industriais. Estes emergem como arranjos de firmas diversas e espacialmente concentradas que deveriam buscar a um só tempo, além da eficiência econômica, a redução ou eliminação de externalidades negativas ao meio ambiente e melhoria do ambiente social da região que se inserem. Entende-se, portanto, que tais arranjos podem contribuir para o processo de desenvolvimento regional, colaborando para a melhoria dos quadros econômicos, ambientais e sociais. Um ecossistema industrial poderia, afinal, atuar como um complemento às abordagens de desenvolvimento regional e vice-versa, desde que contemple em suas características categorias sociais que permitam o desenvolvimento humano da população de seu entorno.

É possível afirmar que as proposições práticas da Ecologia Industrial sustentam benefícios em termos ambientais e econômicos, não deixando claro, contudo, quais são as propostas para o campo social. Isso posto, considera-se aqui que existem “lacunas” importantes dentro da abordagem da Ecologia Industrial – e do Ecossistema Industrial – que a impedem de ser efetivamente integrada do ponto de vista social. Se reconhece, ainda, que o Enfoque Territorial pode oferecer os elementos que fortalecem as abordagens precedentes. E, se consideradas em conjunto, tais abordagens tendem a possibilitar a construção de modelos de análise relevantes para a questão do desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, identificar o enfoque territorial do desenvolvimento como uma abordagem adequada para o estudo de processos e arranjos produtivos orientados pelos princípios do desenvolvimento sustentável é relevante o suficiente para ser alvo de um esforço de pesquisa. Isto considerado, pode-se afirmar que a construção de modelos de análise dos problemas que se colocam, deve abandonar as abordagens centradas em soluções puramente econômicas. Dá amparo à esta afirmativa o entendimento de que a *complexidade dos problemas* evidencia seu caráter multidimensional e, portanto, a necessidade de abordagens igualmente multidisciplinares. Nessa esteira, o Paradigma Centrado na Sustentabilidade e o Enfoque Territorial emergem como abordagens relevantes e potencialmente úteis para a observação de arranjos produtivos que se deseje serem orientados pelos preceitos do desenvolvimento sustentável. É neste ambiente que se desenvolve o presente projeto.

Esta dissertação busca responder às seguintes questões: *i)* A abordagem de ecossistemas industriais pode ser utilizada para observar se um complexo industrial promove o desenvolvimento de determinada região?; e *ii)* À luz da ecologia industrial, do enfoque territorial e do paradigma centrado na sustentabilidade, qual a avaliação do complexo sucroalcooleiro com relação à sua capacidade de gerar desenvolvimento ambiental, social e econômico?

A partir destes questionamentos, trabalha-se com *duas hipóteses*. Em primeiro lugar, em que pesem as grandes contribuições das análises tradicionais relacionadas à ecologia industrial, as estruturas analíticas desenvolvidas para estudar os ecossistemas industriais precisariam abordar com mais ênfase as categorias voltadas ao desenvolvimento social e humano, além daquelas mais afeitas aos ganhos técnico-econômicos já contempladas. Nesse sentido, o enfoque territorial forneceria os elementos conceituais que complementam as abordagens da ecologia industrial para que ecossistemas industriais possam ser efetivamente considerados como elementos de promoção de desenvolvimento do ambiente em que se

inserir – daí a possibilidade de construção de um modelo de análise que agregue características relevantes nesse sentido. A segunda hipótese está relacionada ao objeto que se quer analisar: o complexo sucroalcooleiro inserido na região do Triângulo Mineiro ainda deve ser fortemente orientado pelos objetivos econômicos, apresentando também resultados relevantes em relação a objetivos ambientais. No entanto, ainda não se poderia afirmar que colabore na promoção de desenvolvimento territorial sustentável por não atender às características sociais do desenvolvimento.

O *objetivo geral* é desenvolver, a partir da literatura existente, uma estrutura de análise de Ecossistemas Industriais que contemple características do Paradigma Centrado na Sustentabilidade, da Ecologia Industrial e do Enfoque Territorial. A partir dessa estrutura analítica, pretende-se analisar o complexo sucroalcooleiro inserido no Triângulo Mineiro, buscando identificar ali as características de um arranjo industrial que seja socialmente incluyente, economicamente viável e, ao mesmo tempo, não cause constrangimentos à capacidade de suporte do ambiente no qual se insere.

De maneira mais específica, os objetivos podem ser brevemente resumidos da seguinte maneira: *i)* Apreender as categorias centrais que inspiram o Enfoque Territorial, o Paradigma Centrado na Sustentabilidade e a Ecologia Industrial; *ii)* Elencar elementos que caracterizam um ecossistema industrial; *iii)* Verificar que características dos ecossistemas industriais são convergentes àquelas do Paradigma Centrado na Sustentabilidade e do Enfoque Territorial; *iv)* Sugerir uma estrutura analítica para o estudo dos ecossistemas industriais que contemple características do Paradigma Centrado na Sustentabilidade e do Enfoque Territorial; e *v)* Aplicar tal modelo para avaliar o complexo sucroalcooleiro inserido na região do Triângulo Mineiro.

A dissertação está dividida em quatro capítulos, além desta introdução, das considerações finais e de elementos pré e pós-textuais. O Capítulo 1 busca apreender as categorias centrais das abordagens que inspiram este trabalho, ao passo que no Capítulo 2 há o esforço de elencar os pontos convergentes entre elas e, inspirado por tais características, apresenta-se o modelo de análise para ecossistemas industriais. O Capítulo 3 traz uma visão geral do complexo sucroalcooleiro, objeto da pesquisa, com considerações acerca de suas características econômicas, seus insumos e produtos. No Capítulo 4, à luz do modelo proposto – e, portanto, das abordagens que o inspiraram –, faz-se a análise mais específica do caso do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro.

Capítulo 1 – O referencial teórico: paradigma centrado na sustentabilidade, ecologia industrial, ecossistemas industriais e enfoque territorial.

Este capítulo busca apresentar os três grandes enfoques que dão suporte teórico-conceitual a esta dissertação. No item 1.1. se discute o Paradigma Centrado na Sustentabilidade como enfoque pautado na questão da sustentabilidade do desenvolvimento. A partir daí, no item 1.2. a discussão foca-se em abordagens que propõem soluções mais pragmáticas para os problemas concretos da sustentabilidade: trata-se da Ecologia Industrial e dos Ecossistemas Industriais. Por fim, o item 1.3. traz as contribuições do Enfoque Territorial para novas formas de governança social, a fim de complementar as considerações das abordagens previamente analisadas.

1.1. Paradigma Centrado na Sustentabilidade

A questão ambiental emerge como elemento absolutamente relevante para a construção de estratégias de desenvolvimento de longo prazo. A utilização intensiva de recursos naturais aos moldes do que o modo de produção capitalista realizou ao longo do século XX revelou-se como incapaz de responder aos desafios do desenvolvimento humano. Para além disso, a exploração desmedida de tais recursos levou – e levará – a impactos nada desprezíveis sobre o patrimônio natural de diversos espaços, a exemplo do que ocorre em termos de poluição de recursos hídricos e dizimação de espécies nativas que colaboram para o equilíbrio da teia natural que configura determinado espaço. Desenha-se um contexto de estrangulamento de ordem material que afetará as bases mais profundas das relações de consumo e produção. Sem a integridade dos recursos materiais não se faz possível reproduzir a existência econômica das sociedades humanas. Não no modo capitalista de produção.

Fica claro, portanto, que a diferenciação e evolução das estruturas econômicas e sociais humanas avançaram, sobretudo ao longo do último século, rumo a um modelo de intensa exploração e degradação dos recursos naturais. As sociedades humanas não podem ser dissociadas do substrato natural ao qual estão inseridas. A relação umbilical entre ambiente natural e sociedade condiciona fortemente os rumos e características de qualquer conglomerado humano – de pequenos assentamentos tribais às megalópoles. O crescimento populacional, a garantia e melhoria das condições de alimentação e reprodução dos assentamentos humanos no alvorecer da humanidade foram condicionados em larga medida

pela diferenciação e intensificação da relação homem-natureza – a emergência das atividades agropastoris cristaliza esse exemplo (Mebratu, 1998).

Em Diamond (2010) há um conjunto muito bem elaborado de exemplos que denotam a dependência das sociedades humanas dos elementos naturais. A explicação de vários dos colapsos de civilizações do passado passa parcialmente – se não totalmente – pelo aspecto ambiental. Tanto a grandiosidade dos Astecas quanto a ferocidade dos Vikings foram silenciadas por convulsões sociais decorrentes direta ou indiretamente de estrangulamentos ambientais. Assim, dizer que as sociedades modernas estariam livres de tais tendências seria temerário¹.

A despeito da dificuldade de convergência a uma conceituação única, a noção de sustentabilidade ambiental² surge diante do entendimento, por parte de uma série de atores políticos, acadêmicos e organizações multilaterais, que o modelo que condiciona as relações entre os agentes econômicos gera impactos importantes sobre a biosfera, o que por sua vez, conduz a constrangimentos à qualidade de vida das comunidades não apenas da geração presente, mas, sobretudo, das vindouras. As categorias relacionadas ao conceito de sustentabilidade, grosso modo, requerem que a atividade presente não crie impeditivos para que gerações futuras se desenvolvam ou reproduzam a contento (WCED, 1987). Há, portanto, um elemento temporal, além da questão mais concreta da preservação do espaço.

Sachs (2000) chama a atenção para que o desenvolvimento seja encarado de maneira pluridimensional e, concordando com o que coloca o relatório OECD (2001), considera que haja uma *convergência dos aspectos econômicos, sociais e ambientais para a construção de uma estratégia* mais adequada aos desafios que se colocam. Para tanto, deve-se ter em vista que desenvolvimento é uma noção muito mais ampla que crescimento puramente econômico. O desenvolvimento pode até incluir o crescimento, “mas um crescimento que comporta custos

¹ Em OECD (2001, p. 19-20) há uma discussão que ilustra que o presente está sendo afetado pelos problemas ambientais em termos de intensificação e diversificação das doenças – crônicas e agudas – causadas pela degradação ambiental, bem como ampliação dos custos econômicos causados por desastres naturais.

² É importante ter em perspectiva as diferenças conceituais entre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. O termo “sustentabilidade” refere-se a propriedade de determinada estrutura ou processo de se manter em funcionamento sem afetar adversamente ou predatoriamente seus elementos constitutivos – sejam ambientais, sociais, econômicos, culturais, etc. Ou, ainda, a habilidade de qualquer sistema em “resistir e se adaptar a mudanças exógenas e endógenas de forma indefinida” (IYER-RANIGA; TRELOAR, 2000, p. 350). Já “desenvolvimento sustentável” diz respeito à abordagem de desenvolvimento que leva em consideração a sustentabilidade dos vários elementos basilares das sociedades humanas como parâmetro fundamental. Tal desenvolvimento se relaciona a uma forma de mudanças e melhorias que mantenha ou aprimore os atributos que caracterizam o sistema (IYER-RANIGA; TRELOAR, 2000, p. 350). É nesse espírito que surge, por exemplo, a conceituação de desenvolvimento sustentável considerada em WCED (1987).

sociais e ecológicos tamanhos é um crescimento que leva ao mau desenvolvimento” (SACHS, 2000, p.8).

O desenvolvimento proposto contempla o bem estar, a justiça social, a solidariedade, mas em um sistema que respeite o meio ambiente natural e permita que gerações futuras desfrutem da possibilidade de também viverem com qualidade. Trata-se, afinal, de um “postulado ético de solidariedade com as gerações futuras” (SACHS, 2000, p. 8). Em termos econômicos, trata-se de “deixar o capital da natureza num estado tal que elas, as gerações futuras, possam desfrutar do fluxo de renda baseado na utilização deste capital” (SACHS, 2000, p.8).

Em um nível de abstração mais elevado, Leff (2004) coloca a questão em termos da necessidade de emergência de uma *nova racionalidade*, em contraponto aos modelos de racionalidade moderna que serviram à primazia do econômico e ao logocentrismo da ciência. As problemáticas relacionadas à sustentabilidade seriam o resultado de um processo de supressão de elementos como a natureza e a cultura do “núcleo duro de racionalidade da modernidade”. Assim,

A crise ambiental veio questionar os fundamentos ideológicos e teóricos que impulsionaram e legitimaram o crescimento econômico, negando a natureza e a cultura, deslocando a relação entre o Real e o Simbólico. A sustentabilidade ecológica aparece assim como um critério normativo para a reconstrução da ordem econômica, como uma condição para a sobrevivência humana e para um desenvolvimento durável; problematiza as formas de conhecimento, os valores sociais e as próprias bases da produção, abrindo uma nova visão do processo civilizatório da humanidade (LEFF, 2004, p. 133-134).

A racionalidade ambiental proposta pelo autor supracitado deve se assentar sob a “articulação de processos ecológicos, tecnológicos e culturais – com sua expressão em diferentes espacialidades e temporalidades – assim como os princípios de diversidade cultural e de equidade social em torno de objetivos de caráter mais qualitativo” (LEFF, 2004, p. 263). Tal racionalidade, portanto, deve respeito à elementos como diversidade, especificidade e transdisciplinaridade, congregando os diferentes tipos de racionalidades (teórica, substantiva, material, instrumental e cultural) rumo a novos paradigmas. Essa nova racionalidade,

Incorpora os valores culturais diversos atribuídos à natureza e a incomparabilidade dos processos ecológicos dos quais dependem a resiliência, os equilíbrios e a produtividade dos ecossistemas complexos e da biodiversidade, assim como dos processos culturais e tecnológicos dos quais depende a sustentabilidade do processo econômico (LEFF, 2004, p. 265).

São estes elementos que se busca encontrar nos paradigmas que lidam com a questão da sustentabilidade, conforme analisado a seguir.

1.1.1. Emergência e evolução da temática do desenvolvimento sustentável.

Mebratu (1998) faz uma análise fundamental para o entendimento de como a temática – e o conceito – de desenvolvimento sustentável emergiu, destacando dois marcos importantes: a *Conferência de Estocolmo*, em 1972, e a publicação do *Relatório Brundtland*, em 1987. Antes, contudo, apresenta, em linhas gerais, como a problemática ambiental foi incorporada às discussões da economia política. De acordo com seu estudo, Thomas Malthus e David Ricardo estão dentre os economistas clássicos que trazem pioneiramente a temática para os círculos de discussão da nascente disciplina de economia. Ambos explicitaram os limites ao crescimento relacionados à escassez de recursos e crescimento populacional. Conforme a população cresce, dado os princípios dos rendimentos decrescentes, a oferta *per capita* de alimentos cai (MEBRATU, 1998). Explicita-se aí, a insustentabilidade do avanço econômico em razão dos limites de ordem natural.

Mueller (2007) agrega Frederick Soddy entre aqueles que contribuíram para a incorporação da finitude dos recursos naturais à análise econômica. Soddy, ainda na década de 1920, fez uma análise baseada nas leis da termodinâmica – antecipando o que Georgescu-Roegen³ viria a acrescentar posteriormente. Nesta, sugere que a evolução econômica baseada nas inovações geradas a partir da Revolução Industrial, se deu à custa de um padrão energético finito e altamente poluente, em detrimento da utilização da energia solar, por exemplo. Criticou, ainda, o caráter unidirecional e irreversível do processo econômico, conforme a análise econômica tradicional insiste em propor. Considera ainda que os economistas estivessem fazendo uma espécie de má-interpretação do processo de geração de riqueza, dado que confundiriam tal processo com a degradação material e energética do nosso planeta. O investimento, categoria central do processo econômico,

(...) não significaria a criação de riqueza, mas uma mera transformação de uma forma de riqueza – os materiais nobres e a energia fóssil do nosso globo – em outra, os equipamentos e as instalações que se degradam e ajudam a acelerar a degradação da matéria e da energia. (...) a economia contemporânea, fortemente dependente do uso de recursos naturais não-renováveis e, especialmente, de energia fóssil, torna

³Cf. Georgescu-Roegen (1971). Uma análise bem elaborada a respeito da contribuição de Georgescu-Roegen pode ser encontrada em Cechin (2010) e Cechin; Veiga (2009). Os autores demonstram as dicotomias entre a economia neoclássica, que encara o sistema econômico como elemento fechado e a *economia ecológica*, que por sua vez, considera a economia “um subsistema aberto de um sistema bem maior, que é finito e não aumenta” (CECHIN e VEIGA, 2009, p.2). Dizer isso é concordar com o que Georgescu-Roegen propõe a partir da apreensão das leis da termodinâmica. “Para Georgescu-Roegen, o único fator limitante do processo econômico é a natureza. Como o planeta é finito e materialmente fechado, o sistema econômico não pode existir indefinidamente, mesmo que não aumente de tamanho” (CECHIN e VEIGA, 2009, p.15).

impossível ampliar permanentemente o estoque de capital – a riqueza da economia (MUELLER, 2007, p. 128, traduzido).

Contudo, é somente na segunda metade do século XX que a questão ambiental ganha relevância prática em face dos, cada vez mais explícitos, estrangulamentos naturais. Nobre e Amazonas (2002) imputam como um marco importante os anos de 1968 e 1972, quando se dá a publicação de “*The tragedy of the commons*” (Hardin, 1968) e de “*The limits to Growth*” (Meadows *et al.*, 1972). Essas obras parecem ser as primeiras – em razão dos canais pelos quais foram apresentadas e dos autores que as produziram – onde a preocupação com relação aos limites potenciais do crescimento populacional e econômico é levada adiante com alguma seriedade.

Considerando estas questões, a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio de conferências diversas, parece ter tomado a iniciativa de colocar tal discussão na agenda política global - mais especificamente, a Conferência de Desenvolvimento Humano realizada em meados do ano de 1972 em Estocolmo. O termo *desenvolvimento sustentável* aparece em 1980, no subtítulo de um relatório apresentado pela *International Union for the Conservation of Nature (IUCN)*, órgão próximo a outros programas da ONU para o meio-ambiente: *Estratégia de Conservação Mundial – Conservação de Recursos Vivos para o Desenvolvimento Sustentável (World Conservation Strategy – Living Resource Conservation for Sustainable Development*, no original, em inglês) ⁴.

O termo foi adotado e levado adiante, anos depois, em 1987, no relatório, elaborado pela *World Commission on Environment and Development (WCED)*: *Our Common Future* – apelidado de Relatório Brundtland⁵. A conceituação de desenvolvimento sustentável adotada é a que entende que este é o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades” (WCED, 1987, cap. 2, § 1, traduzido). Interessante notar a visão mais holística do problema ambiental ao longo do relatório. Ali se explicita que problemas ambientais estão ligados uns aos outros e estes, por sua vez, estão relacionados intimamente com o padrão de evolução econômica e aos problemas sociais (radicalmente à presença da pobreza e miséria no mundo). Reconhece, ainda, que *os problemas econômicos e ambientais estão concatenados a elementos sociais e políticos* e que estes devem ser encarados de uma *perspectiva global* – não apenas de dentro das bordas nacionais. Tal conceituação introduz dois outros elementos

⁴ Cf. IUCN (1980).

⁵ Cf. WCED (1987).

importantes na discussão de desenvolvimento sustentável: o de necessidades e o de limitações. *Necessidades* no sentido de atender com prioridade as demandas da população pobre do mundo. *Limitações*, por sua vez, diz respeito ao fato de que a organização social – e a econômica está aí inclusa – e tecnológica atual vem afetando sobremaneira a resiliência⁶ dos meios naturais e sua capacidade de prover as necessidades presentes e futuras da humanidade.

A conceituação de desenvolvimento sustentável proposta por Sachs (2001) não se afasta do que foi discutido anteriormente. Para este,

O desenvolvimento genuíno requer *soluções que atendam a três frentes*: que sejam sensíveis ao social, ambientalmente prudentes e economicamente viáveis (...). O desenvolvimento genuíno deve obedecer ao duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras (SACHS, 2001, p. 159, grifos presentes no original).

1.1.2. O Paradigma Centrado na Sustentabilidade.

Admite-se, neste trabalho, a polissemia do termo desenvolvimento sustentável, reconhecendo que muitas são as concepções advindas da análise da relação desenvolvimento, crescimento e meio ambiente. Não é o objetivo geral desta dissertação realizar uma exaustiva revisão da literatura que trata do tema, mas busca-se ressaltar a diversidade de interpretações que permeiam o assunto. Mebratu (1998) reconhece que o termo desenvolvimento sustentável, contudo, reveste-se de uma natureza pragmática e concorda que é “perigosamente vago”⁷ como âncora para estratégias que levem a mudanças profundas.

Em Hoff (2008) também há um esforço de sistematização das várias visões acerca do desenvolvimento sustentável do ponto de vista paradigmático e conceitual⁸. Observa-se a

⁶ Resiliência é entendida como a capacidade de determinado sistema em se adaptar ou regenerar a partir de uma mudança (Iyer-Raniga; Treloar, 2000, p. 351).

⁷ Mebratu (1998, p. 503) menciona que o termo “desenvolvimento sustentável” possa ser um oxímoro. Tal consideração semântica é abordada também por Arnt (2010) que questiona a diversos economistas brasileiros, dentre outras questões, se o termo seria algo paradoxal. Egri e Pinfield (2001, p. 379) também tecem observações a respeito do caráter duvidoso do termo. A riqueza de interpretações e propostas que envolvem a temática da sustentabilidade podem ser vistas em trabalhos como Hopwood, Mellor e O’Brien (2005). Em Elkington (1997, 2011) e OCDE (2001) há considerações sobre o que se considera como a abordagem de pilares (social, ambiental e econômico). Ademais, em Cechin (2010) e Nobre; Amazonas (2002) há outras bem acabadas análises sobre as principais vertentes do pensamento relacionadas ao desenvolvimento sustentável: a Economia Verde e a Economia Ambiental.

⁸ Conferir especialmente Hoff (2008, p. 49-50; 53-55) para outros quadros sintéticos das abordagens que se relacionam à temática.

existência de posições polares, baseadas frequentemente no antropocentrismo (e.g. tecnocentrismo, paradigma social dominante) e ecocentrismo (e.g. ambientalismo radical), e outras intermediárias (e.g. ambientalismo renovado, enfoque sustentável). O Quadro 1 a seguir demonstra de maneira sistemática os princípios e elementos relacionados às três posições acerca da questão ambiental.

Sustentado na obra de autores diversos destacam-se, aqui, as de Gladwin, Kennelly e Krause (1995) e Egri e Pinfield (2001) demonstra-se o que seria uma abordagem de utilização racional do uso dos recursos naturais, “coerente com ideias acerca da sustentabilidade, as quais buscam o equacionamento de múltiplos objetivos, fugindo de paradigmas tradicionais radicalmente centrados no homem ou na natureza” (HOFF, 2008, p. 44). É o que se entende, em linhas gerais, por *paradigma centrado na sustentabilidade*, a partir do qual, a análise “não está mais centrado ou no homem ou na natureza, mas, numa visão plural, busca-se um equilíbrio entre estes” (HOFF, 2008, p. 51).

Quadro 1 - Paradigmas Ambientais: princípios básicos.

Elementos Chaves	Tecnocentrismo	Paradigma Centrado na Sustentabilidade (Sustaincentrism)	Ecocentrismo
A. Ontológico & Ético			
1. Metáfora da Terra	Grande máquina	Sistema de suporte à vida	Mãe/ Teia da Vida
2. Percepção da Terra	Morta/Passiva	Casa/Gerenciada	Viva/Sensível
3. Composição do Sistema	Atomística/Partes	Partes e todos	Orgânica/todo
4. Estrutura do Sistema	Hierárquica	Holárquica	Heterárquica (descentralizada)
5. Seres humanos e natureza	Dissociados	Interdependentes	Indissociados
6. Papel do ser humano	Dominador	Administrador	Membro
7. Valor da Natureza	Antropocentrismo	Inerentismo	Intrinsicalismo
8. Base ética	Homocentrismo estrito	Homocentrismo amplo	Terracentrismo
9. Escalas tempo/espço	Curto/próximo	Multiescalar	Indefinido
10. Lógica/razão	Egoística-racional	Visão/Rede	Holismo/espiritualismo
B. Científico e Tecnológico			
1. Resiliência da natureza	Resistente/Robusta	Variada/Frágil	Altamente Vulnerável
2. Capacidade de transporte	Ilimitada	Próxima do limite	Já excedida
3. Tamanho da População	Não configura problema	Se estabiliza em breve	Reduzir
4. Padrão de Crescimento	Função Exponencial	Função Logística	Função Hiperbólica

(Continua...)

(...Continuação)

Elementos Chaves	Tecnocentrismo	Paradigma Centrado na Sustentabilidade (Sustaincentrism)	Ecocentrismo
5. Severidade do problema	Trivial	Consequente	Catastrófica
6. Urgência por soluções	Pouca/espera	Grande/décadas	Extraordinária/agora
7. Orientação quanto ao risco	Inclinação ao risco	Precaução	Aversão ao risco
8. Crença na tecnologia	Otimismo	Ceticismo	Pessimismo
9. Vias tecnológicas	Grande/centralizada	Benigna/dissociada	Pequena/descentralizada
10. Capital humano vs. C. natural	Substitutos perfeitos	Substitutos parciais	Complementares
C. Econômico e psicológico			
1. Objetivo básico	Alocação eficiente	Qualidade de vida	Integridade ecológica
2. Qualidade de vida	Materialismo	Pós-materialismo	Antimaterialismo
3. Natureza humana	<i>Homo economicus</i>	<i>Homo sapient</i>	<i>Homo animalist</i>
4. Estrutura econômica	Livre mercado	Economia verde	Estado estacionário
5. Papel do crescimento	Bom/necessário	Misto/alterar	Mal/eliminar
6. Redução da pobreza	"Crescer para reduzir"	Oportunidades iguais	Redistribuição
7. Capital natural	Explorar/transformar	Conservar/manter	Elevar/expandir
8. Taxa de desconto	Alta/normal	Baixa/complementar	Zero/inapropriada
9. Orientação comercial	Global	Nacional	Bio-regional
10. Estrutura política	Centralizada	Desconcentrada	Descentralizada

Fonte: Gladwin, Kennelly e Krause (1995, p. 883).

Segundo tal perspectiva, a biosfera é entendida como substrato natural da existência humana, bem como das outras espécies animais ou vegetais. O aspecto intergeracional, presente em perspectivas anteriormente mencionadas, é contemplado, criando uma “cadeia de obrigações morais”, de monta que os presentes não devam “reduzir as liberdades, oportunidades e potencialidades de bem estar de gerações futuras para níveis menores do que as desejáveis hoje” (HOFF, 2008, p. 51). O desafio se torna ainda mais complexo na medida em que se agrega a necessidade de levar a equidade e a satisfação de necessidades aos estratos mais vulneráveis da sociedade presente⁹.

⁹ O desenvolvimento proposto em OECD (2001) a partir da abordagem de pilares (econômico, social e ambiental) se aproxima desta concepção.

O paradigma¹⁰ centrado na sustentabilidade – ou ambientalismo renovado em Egri e Pinfield (2001) – reveste-se de uma espécie de antropocentrismo modificado, denotando uma posição relativamente mais otimista que outras abordagens. Ganha preponderância a perspectiva de que o desenvolvimento econômico e industrial pode ser utilizado como instrumento de administração da natureza e redução de injustiças sociais – tanto em âmbito local, quanto em global (Egri; Pinfield, 2001). Representaria o esforço da sociedade industrial em colocar o meio-ambiente natural nos processo de tomada de decisão e, “nessa perspectiva, a tecnologia é o veículo para o progresso científico e econômico, bem como o meio para detectar e gerenciar os riscos ambientais que ameaçam a sobrevivência humana e seu bem-estar” (EGRI; PINFIELD, 2001, p. 372, traduzido).

A gestão do meio-ambiente se daria via “ecotecnologias” que aproveitem de maneira mais eficiente os serviços prestados pelos recursos naturais. Nesse sentido, campos de investigação e proposição como a ecologia industrial ganham importância, na medida em que, uma vez entendidos o comportamento e a natureza de fluxos de matéria e energia, seria possível ampliar a eficiência de sua utilização rumo a “sistemas de produção ambientalmente sustentáveis” (EGRI; PINFIELD, 2001, p. 372, traduzido). A ecologia industrial será discutida com maiores detalhes na seção 1.1.2 e sua escolha como parte da revisão de literatura deste projeto justifica-se por tentar buscar alternativas sustentáveis para os processos e os arranjos produtivos contemporâneos.

A abordagem do PCS abre margem para a incorporação dos diversos atores relacionados ao processo de tomada de decisão “tanto nas negociações como nas implementações de ações ambientalmente instruídas” (EGRI; PINFIELD, 2001, p. 380, traduzido). Corroborando a ideia, Korhonen (2001a, p. 253) sustenta que os problemas ambientais também são construções sociais, na medida em que é a partir dos atores sociais que emergem as estratégias de ação envolvendo as questões ambientais. Somente após passarem pelo filtro da sociedade, através da observação, é que são elencados e encarados tais problemas.

(...) efeitos da poluição causada, digamos, em um lago, só se tornam o que chamamos de ‘problema ambiental’ quando os cientistas observam o problema, a mídia o reporta, as autoridades públicas locais, firmas, proprietários de terra e

¹⁰ Aqui é importante tecer breves considerações acerca do termo “paradigma” - trabalhado em Kuhn (2007). Grosso modo, trata-se de um modelo ou padrão aceito por determinado grupo, guiando-os rumo à solução de problemas que estão colocados. O autor afirma que “paradigma” pode ser entendido a partir de uma dupla perspectiva: “De um lado, indica toda a constelação de crenças, valores, técnicas, etc., partilhadas pelos membros de uma comunidade determinada. De outro, denota um tipo de elemento dessa constelação: as soluções concretas de quebra-cabeças que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base para a solução dos restantes quebra-cabeças da ciência normal” (KUHN, 2007, p. 220).

grupos ambientais, ou seja, os atores sociais [*societal actors*, no original] se comprometem a uma reação social [*societal response*, no original] para lidar com o problema. Seguindo esse argumento, **programas ambientais ou sustentáveis são também, construções sociais** [*societal constructions*, no original] (KORHONEN, 2001a, p. 253, traduzido, grifo não presente no original).

O problema do desenvolvimento sustentável só pode ser encarado, dessa perspectiva, a partir do entendimento das múltiplas relações causais entre meio ambiente e tais atores, bem como de iniciativas igualmente multidimensionais. É esta a visão que inspira a realização deste trabalho por acreditar-se ser a que melhor se adéqua ao enfrentamento dos desafios de desenvolvimento seja no presente ou no futuro. Além disso, é uma abordagem imbuída de certo espírito pragmático e otimista que a permite realizar as transformações necessárias, sem desconsiderar, contudo, a raiz ideológica, social e cultural das relações entre homem, espaço e economia.

1.2. Ecologia Industrial (EI) e Ecossistemas Industriais (ESI)

Inserido no Paradigma Centrado na Sustentabilidade, a ecologia industrial fornece, a partir da *analogia* como os ecossistemas naturais¹¹, uma série de elementos teórico-conceituais que permitem uma abordagem mais pragmática – e mesmo mais progressista – para as externalidades advindas do processo de crescimento industrial. Tal abordagem inspira estratégias promotoras da redução dos impactos ambientais causados pela indústria através de analogias com os sistemas naturais ao considerar que o sistema industrial não está isolado de outros, mas inserido em outro, muito maior e complexo.

Lifset e Graedel (2002) salientam que a ecologia industrial enfatiza a necessidade de uma *perspectiva sistêmica* nos processos de análise e tomada de decisão ao que se refere à questão ambiental. Os autores elencam quatro princípios que norteiam a abordagem da

¹¹ Em Ayres (1994), Daly (1968) e McManus e Gibbs (2008) há considerações pertinentes acerca da utilização de analogias em ciência. “Um conceito é uma abstração. É uma idéia. É algo discutível. Analogias são comparações construídas para enfatizar similaridades importantes. Quando bem empregadas, podem ilustrar o argumento” (McMANUS; GIBBS, 2008, p. 530, traduzido). Além do natural problema de trazer à prática algo construído no plano teórico, para o caso da ecologia industrial, os autores argumentam que *o conceito e a analogia* estariam sendo confundidos. Isso levaria a posições muito otimistas por parte dos tomadores de decisão envolvidos com os planos de instituição de ecossistemas industriais, por exemplo. O perigo, portanto, seria o de que expectativas irrealistas estariam sendo geradas a partir da inadequação entre *conceito e analogia*, de monta que tais projetos não necessariamente levariam aos resultados preteridos. Em última instância os planos de desenvolvimento com base na ecologia industrial seriam abandonados a partir do momento em que as trocas de fluxos entre as firmas não pudesse ser verificada ou mesmo trazer os resultados desejados. Daly (1968) possui uma visão distinta a respeito das analogias, ao afirmar que elas são “a essência do lado indutivo da ciência” (DALY, 1968, p. 392, traduzido). Mais ainda, “longe de serem superficiais, tais analogias estão profundamente enraizadas no fato de que o tema final da biologia e da economia é um só (...), o processo da vida” (DALY, 1968, p. 392, traduzido).

ecologia industrial e que bem exprimem as diretrizes gerais de tal corpo teórico-conceitual. São eles: *i*) a utilização de uma perspectiva de ciclo de vida; *ii*) utilização de uma análise de fluxos de matéria e energia; *iii*) utilização de um modelo sistêmico; e *iv*) simpatia por formas de análise e pesquisa multi e interdisciplinares (LIFSET; GRAEDEL, 2002, p. 6). Na concepção de Allenby (1992), a EI é um dos meios pelos quais o desenvolvimento sustentável pode ser abordado, a partir do entendimento sistêmico da atividade econômica e suas relações com os sistemas biológicos, químicos e físicos.

Ainda que não haja uma definição única a respeito da ecologia industrial, Jelinski *et al.* (1992, p. 796) apontam propriedades que se fazem presentes nas diversas análises diversas e que ajudam a definir a forma e o conteúdo de tal abordagem. Em primeiro lugar, a ecologia industrial é proativa, e não reativa, denotando o pragmatismo que lhe é característico. Em segundo lugar a abordagem é *designed-in*, e não *added-on*. Isso quer dizer que as ações sob o enfoque ecológico-industrial não são incrementais; é preciso que se (re) desenhem as práticas e produtos sob uma perspectiva ecológico-industrial a partir de decisões que estão na base do processo de manufatura. Em terceiro lugar: ecologia industrial é flexível; não-rígida. É preciso encarar o fato de que as estruturas industriais se inserem em ambientes dinâmicos e muitos aspectos devem ser capazes de responder às mudanças tecnológicas, limitações e oportunidades. Por fim, a ecologia industrial é uma abordagem abrangente; não-estreita. O ambiente contemporâneo em que as firmas se inserem é dinâmico. Isso exige abordagens que busquem soluções para além dos limites da firma, da região, do país ou da cultura vigente. Andrews (1999) fornece uma bem colocada visão da abordagem proposta pela ecologia industrial. Segundo sua análise, pode-se afirmar que os termos “holístico”, “sistêmico”, “visão quanto ao longo prazo” são aplicáveis à ecologia industrial. Em suas palavras:

A ecologia industrial tem uma visão sistêmica dos impactos da utilização de matéria e energia nas sociedades industriais. Ela emprega a analogia ecológica de diversas maneiras, inclusive quanto à análise de fluxos de matéria. A abordagem segue a analogia da natureza através da defesa do manejo de materiais e do ciclo de vida de produtos, através de caminhos alternativos como melhorias de design, reutilização, remanufaturamento e reciclagem. Opera-se sob a premissa de que, em razão de a indústria ser, talvez, o ator ambiental mais relevante para o bem ou para o mal, ela deve estar no centro da análise. A ecologia industrial possui uma perspectiva de longo prazo mais relevante que outras abordagens ambientalistas e procura entender o sistema como um todo, ao invés de selecionar apenas alguma parte definida por conveniência política (ANDREWS, 1999, p. 366-367, traduzido).

Enquanto campo de investigação é um enfoque relativamente recente; oficialmente, a ecologia industrial ganha relevância e interesse por parte da academia e de empresários

somente a partir de fins dos anos 1980 e início dos anos 1990. O trabalho de Frosch e Gallopoulos (1989, p. 144) é considerado pela literatura como sendo o artigo seminal do enfoque da ecologia industrial, bem como da estratégia de ecossistemas industriais. Os autores, especialmente envolvidos com as questões da indústria, uma vez que eram funcionários da General Motors, sugeriram, na ocasião, que a atividade industrial se inserisse em um modelo mais integrado com o objetivo de não afetarem o meio ambiente de maneira adversa.

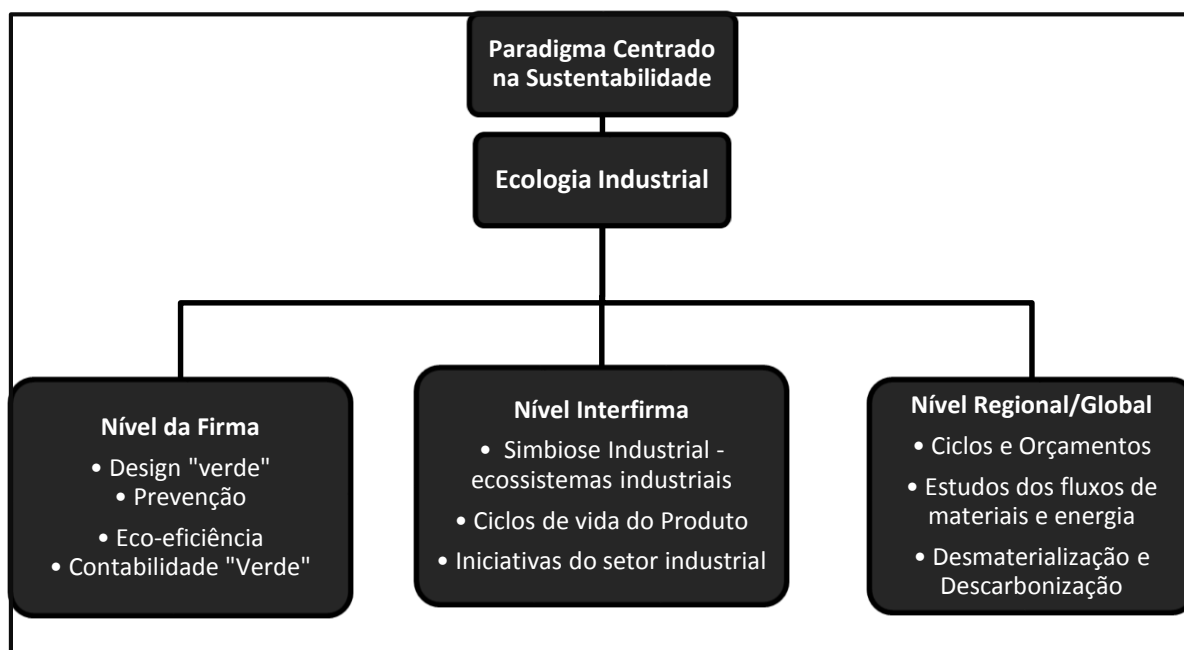
Ao admitirem que somente incentivos econômicos ou regulação legal de emissões não seriam suficientes para a solução das questões ambientais, sublinham a importância da ecologia industrial. Através da metáfora dos ecossistemas naturais e de exemplos de três cadeias industriais – plásticos, ferro e platina – os autores chegam à conclusão de que é possível perseguir um modelo mais integrado e limpo de produção industrial através de conceitos como a reciclagem, a desmaterialização e a troca de resíduos entre firmas rumo a um sistema relativamente fechado.

Conforme pode ser visualizado na Figura 1, a ecologia industrial está inserida dentro de um arcabouço mais abrangente, sugerindo uma série de elementos interdisciplinares no tratamento das questões ambientais relacionadas à atividade industrial. Parte-se do arcabouço mais geral do Paradigma Centrado na Sustentabilidade, buscando enfoques e estratégias pragmáticas em níveis ou escalas diversas. Ao nível da firma a abordagem da ecologia industrial inspira elementos tais como design de produtos e processos considerados menos danosos ao meio ambiente, e, portanto, considerados “preventivos” e/ou “verdes”.

Ao nível interfirma, é possível afirmar que a ecologia industrial leva a iniciativas de conformação de arranjos industriais buscando complementar ou aprofundar as “estratégias verdes”. Dentre tais arranjos, destaca-se o que se entende por ecossistema industrial ou eco-parque industrial, conforme será detalhado com maior profundidade adiante. Ao nível regional e local, a ecologia industrial busca condicionar o maior entendimento dos fluxos e ciclos de energia e matéria envolvidos no processo de crescimento industrial, colaborando para a tendência de descarbonização e desmaterialização¹².

¹²A descarbonização, aqui, se refere à tendência de redução de emissões de carbono pelo processo produtivo, tornando-o menos carbono-intensivo. A desmaterialização, por sua vez, relaciona-se ao fato de a produção ocorrer com quantidades cada vez menores de insumos ou mesmo produtos. Exemplos disso é o esforço de reduzir a quantidade de água utilizada em uma série de processos produtivos e a tentativa de entregar produtos utilizando quantidades menores de embalagens.

Figura 1 - Os elementos da Ecologia Industrial em diferentes escalas.



Fonte: Elaboração própria a partir de Chertow (2000, p. 315) e Lifset; Graedel (2002, p. 10).

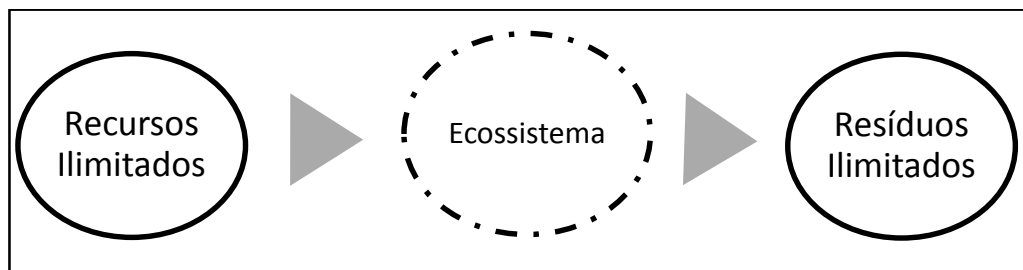
1.2.1. O Fechamento do ciclo de matéria e energia

É importante ter em perspectiva que a ecologia industrial busca o que se entende por *fechamento do ciclo*. O ciclo de matéria e energia “pode ser visualizado em termos de um sistema de compartimentos contendo *estoques* de um ou mais nutrientes, ligados por certos *fluxos*” (AYRES, 1994, p. 25, traduzido, grifos presentes no original). Um sistema pode ser considerado totalmente fechado se não há fontes externas de recursos ou resíduos, ou seja, se os estoques em cada compartimento são constantes. Tal característica implica que os *inputs* de cada compartimento devem ser balanceados pelos *outputs*. Se essa condição não for respeitada para dado compartimento, logo, o estoque de alguns compartimentos aumenta, enquanto o de outros diminui¹³.

¹³É importante inserir aqui algumas breves reflexões sobre a possibilidade física de um sistema fechado. Para isso, é interessante conferir as obras Cechin e Veiga (2009) e Mueller (1999) para considerações das leis físicas da termodinâmica e suas relações com o processo econômico - tal discussão é inspirada, sobretudo, a partir da obra de Georgescu-Roegen (1971). A partir disso, considerar um sistema *perfeitamente fechado* é uma impossibilidade física em razão das Leis da Termodinâmica. Em qualquer processo de transformação físico-energético, a energia de baixa entropia que entra no sistema é transformada e, em parte, dissipada, fazendo com que aumente a entropia – e, portanto, diminuindo a disponibilidade de energia potencial. Dizer isso é afirmar que um sistema que aproveite a totalidade da energia que entra no sistema é fisicamente impossível em razão de um processo entrópico – de depreciação energética do sistema. Para que o sistema continue a funcionar, faz-se necessário, portanto, sempre uma fonte de energia primária que, ao ser processada dentro do mesmo, necessariamente dissipará alguma energia. Agradecimentos ao Prof. Dr. Daniel Andrade Caixeta (IE-UFU), por essas observações.

Lançando mão das análises apresentadas em Allenby (1992) e Jelinski *et al.* (1992), a Figura 2 demonstra esquematicamente, a partir de uma analogia com um sistema biológico, como se comportaria um modelo industrial tradicional vigente desde a Revolução Industrial e que se estabeleceu mundialmente, especialmente ao longo do século XX, como panaceia ao desenvolvimento – o *modelo linear* de utilização de energia e recursos ou a ecologia tipo I. O modelo linear é utilizado como ilustração de formas ineficientes de metabolismo, a exemplo das formas mais primitivas de vida e demonstra que não há ligação entre os fluxos de matéria e energia entre uma fase e outra do processo. Krones (2007) sublinha que não há preocupação quanto à escassez de recursos ou destino final dos sub-produtos do processo; os recursos são considerado ilimitados e as consequências do despejo de resíduos são desconsideradas.

Figura 2 - O fluxo linear de matéria e energia (ecologia tipo I).

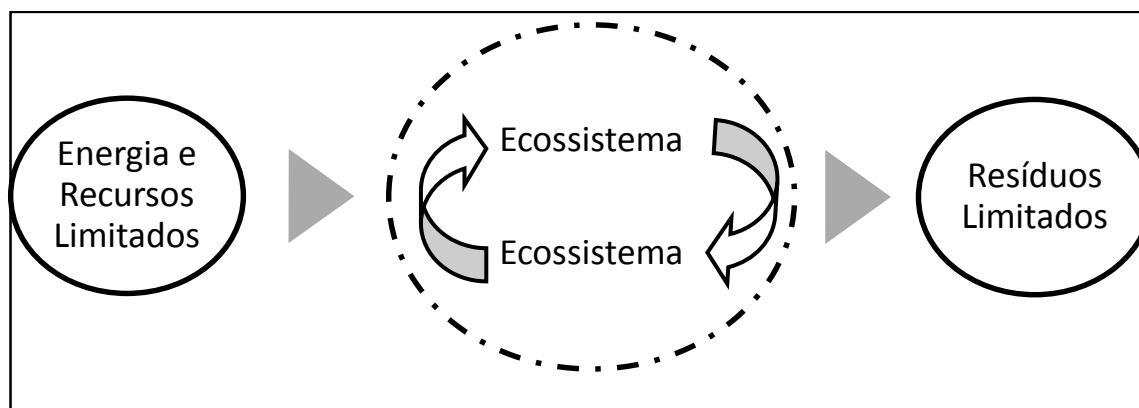


Fonte: Elaboração própria a partir de Allenby (1992) e Jelinski *et al.* (1992).

Alternativamente, há o que propõe a ecologia tipo II com o modelo *quasi*-cíclico do fluxo de energia e matéria. Conforme se vê na Figura 3, os recursos são considerados limitados e há alguma preocupação com a disposição dos resíduos. Graedel (1994) afirma que, em um ambiente de restrições – com base de recursos limitada -, o sistema evolui para um modelo mais complexo e menos dissipativo. Percebe-se maior interação entre os entes do sistema, uma vez que recursos são limitados e os agentes se veem na necessidade de realizarem trocas. Conforme ressaltam Jelinski *et al.* (1992), tal sistema é muito mais eficiente que o do tipo I e o esquema pode ser observado, pelo menos em parte, em alguns setores industriais. Os autores sublinham, ainda, que há um movimento visível de convergência rumo a um padrão industrial mais semelhante ao tipo II, fugindo dos modos de operação lineares. Contudo, assim como em Graedel (1994), em Jelinski *et al.* (1992) há o sentimento de que o esquema tipo II não é totalmente sustentável.

O sistema tipo II é muito mais eficiente que o anterior, mas fica claro que não é muito sustentável no longo prazo em razão de os fluxos estarem sendo todos em uma única direção, ou seja, o sistema está “decaindo” [*running down*, no original]. Para serem realmente sustentáveis, ecossistemas biológicos evoluíram para algo completamente cíclico na natureza, com “recursos” e “resíduos” sendo indefinidos, uma vez que os resíduos de um componente do sistema representa os recursos de outro (JELINSKI *et al.*, 1992, p. 793, traduzido).

Figura 3 - O fluxo *quasi*-cíclico de matéria e energia (ecologia tipo II).



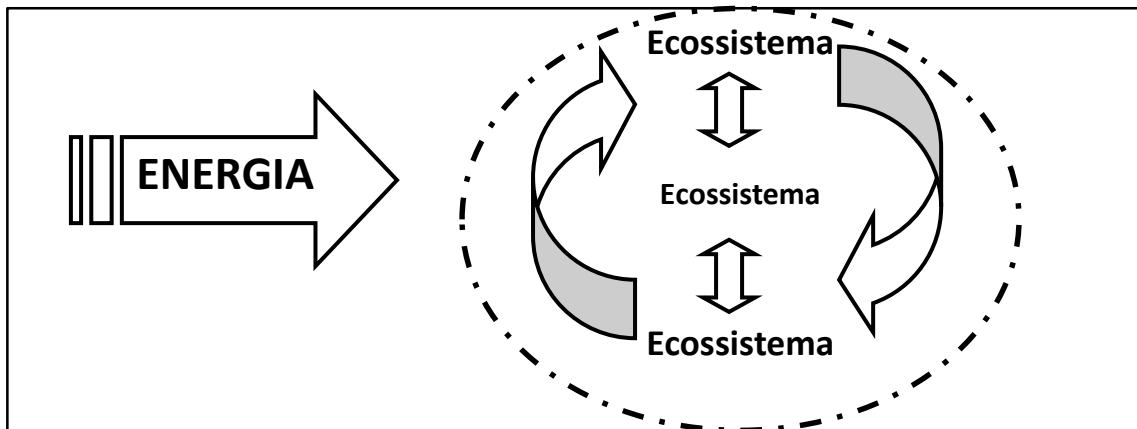
Fonte: Elaboração própria a partir de Allenby (1992) e Jelinski *et al.* (1992).

O que Jelinski *et al.* (1992) discutem nas últimas linhas do parágrafo acima é o *fluxo cíclico* de matéria e energia – conforme sistematizado na Figura 4. Ali, o caráter cíclico foi atingido através de uma **complexa teia de interações** entre agentes e ecossistemas distintos, que por sua vez, aproveitam apenas um *input* de energia – radiação solar. Krones (2007) relaciona tal modelo a um complexo esforço de reciclagem que estaria em consonância com as máximas da termodinâmica¹⁴, sendo necessários poucos recursos e energia solar – elementos exógenos - para manter o sistema em funcionamento.¹⁵ Complementa com pertinência ao afirmar que “a transição rumo a uma estrutura industrial [relativamente mais fechada] é um problema tanto socioeconômico quanto tecnológico” (KRONES, 2007, p. 20, traduzido).

¹⁴ Se considerados os aspectos relacionados às Leis da Termodinâmica, o único sistema possível de ser alcançado é o *quasi*-cíclico. Autores que estudam concordam que tal como todos os outros sistemas inseridos no universo onde se aplicam as leis da termodinâmica, o sistema econômico é entrópico. Mais que isso, o padrão de crescimento e desenvolvimento econômico mais afeito ao modelo linear de exploração dos recursos (tipo I) *aumenta e acelera* a entropia do sistema. O que importa, de qualquer maneira, é a proposta da ecologia industrial em aproveitar com maior eficiência a disposição de recursos, reduzindo a depleção e permitindo com que o sistema se torne mais fechado e menos entrópico em termos relativos.

¹⁵ É importante ter em perspectiva a complexidade da análise em um sistema como os do tipo II e III. Graedel (1994) atenta para o fato de que, os ciclos menores e as interações que ocorrem entre os distintos ecossistemas dentro do macro-sistema (visualizado como o círculo pontilhado na Figura 4) funcionam em *escalas espaciais e temporais* diferentes, o que torna a análise e o entendimento dos fenômenos ainda mais complexos. Igualmente, análises envolvendo complexas redes industriais devem levar em conta tais aspectos.

Figura 4 - O fluxo cíclico de matéria e energia (ecologia tipo III).



Fonte: Elaboração própria a partir de Allenby (1992) e Jelinski *et al.* (1992).

Cabe aqui outra observação pertinente:

(...) sistemas industriais (e outros sistemas antropogênicos) estão evoluindo sob uma crescente pressão seletiva de forma que se movem do modelo de operação linear (tipo I) ao semicíclico (tipo II) ou cíclico (tipo III). (...) A ecologia industrial busca facilitar a evolução da indústria do tipo I rumo ao tipo II ou tipo III através da explicação da interação de fluxos e processos e da otimização de aspectos envolvidos. Um objetivo central da ecologia industrial, combinada a atividades apropriadas em outros setores, é alcançar o desenvolvimento sustentável (GRAEDEL, 1994, p. 26, traduzido).

O Quadro 2 abaixo resume as características dos tipos de fluxos de matéria e energia abordados previamente.

Quadro 2 - Modelos de Fluxo de Matéria e Energia: principais características.

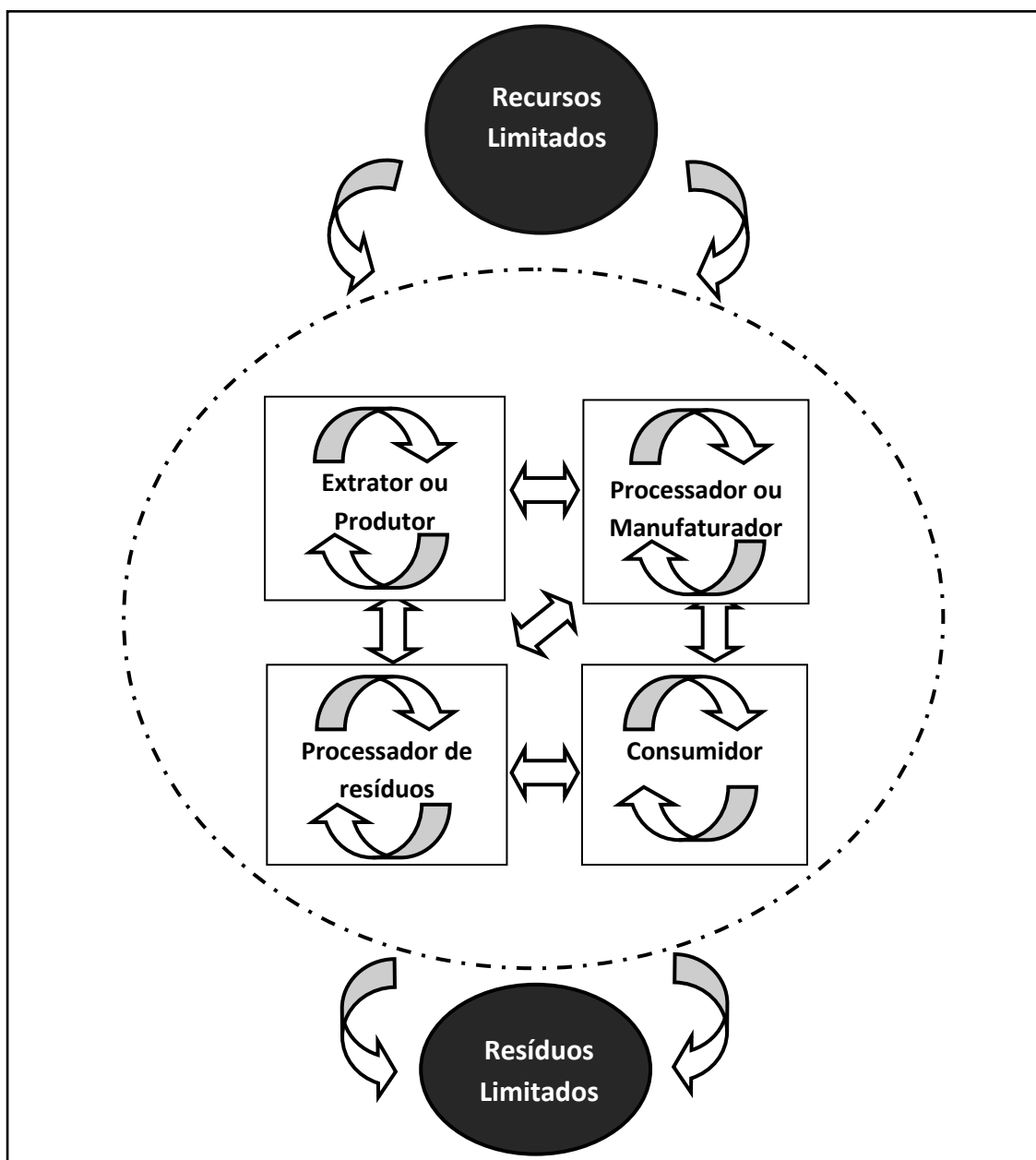
Tipo I - Linear
<ul style="list-style-type: none"> • Proto-sistema quase linear; • Fluxos de matéria e energia advindos da fonte primária até a formação de resíduos são independentes; • Recursos são ilimitados; por essa razão, não há necessidade de se criarem mecanismos de reciclagem/reuso de inputs/outputs; • Resíduos são ilimitados.
Tipo II - Quasi-cíclico
<ul style="list-style-type: none"> • Surge a partir de restrições na base de recursos - aumento da escala de biomassa ao ponto de afetar a capacidade de suporte do sistema; • Os fluxos podem ser grandes dentro do sistema, mas fora (entrada e saída) são limitados; • Os organismos passam a se relacionar com mais intensidade; não é apenas um grupo de sistemas lineares desconexos; • Não é sustentável em termos absolutos por ainda despejar resíduos de volta ao sistema.
Tipo III - Cíclico
<ul style="list-style-type: none"> • Com o crescimento da diversidade de biomassa e a restrição na base de recursos, desenvolve-se um fluxo cíclico de matéria e energia; • É caracterizado pela reciclagem/reuso de toda a matéria e energia pelos entes que compõem o sistema, necessitando apenas de um fluxo de entrada (radiação solar).

Fonte: Elaboração própria a partir de Allenby (1992), Jelinski *et al.* (1992), Krones (2007).

Ainda com o suporte de Jelinski *et al.* (1992), é possível ilustrar um esquema inspirado pela ecologia industrial conforme o que se vê na Figura 5: trata-se de um **ecossistema industrial**. Verificam-se quatro elementos fundamentais – ou nós – que permitem ao sistema características de um padrão cíclico, quais sejam, *i)* o extrator ou produtor primário; *ii)* o manufaturador ou processador de materiais; *iii)* o consumidor; e *iv)* o processador de resíduos. Tal como num ecossistema natural, no ecossistema industrial (o círculo pontilhado na Figura 5) cada um desses nós possui papel complementar aos dos outros, permitindo a sustentabilidade do sistema. Observa-se que cada um dos nós, além de trocar fluxos de matéria entre si, metabolizam tais fluxos dentro de suas bordas, tornando o sistema mais racional quanto à utilização do recurso limitado que dá origem ao fluxo primário de matéria ou energia.

Na medida em que [tais nós] realizam operações dentro de suas bordas de maneira cíclica ou se organizam para encorajar fluxos cíclicos de materiais dentro do ecossistema industrial, eles evoluem para modos de operação que são mais eficientes, com menores impactos negativos nos sistemas de suporte externos e são mais semelhantes ao comportamento ecológico do tipo III (JELINSKI *et al.*, 1992, p. 794, traduzido).

Figura 5 - Esquema idealizado de um Ecossistema Industrial.



Fonte: Elaboração própria a partir de Jelinski *et al.* (1992, p. 794).

1.2.2. A Simbiose Industrial

Também a partir das considerações feitas a respeito do processo de fechamento de ciclo, Graedel (1994) afirma que a EI busca aprimorar a utilização de matéria e energia na indústria rumo ao tipo II ou III através de interação dos fluxos dos agentes envolvidos, *num processo de simbiose*. Daí advém a centralidade da **simbiose industrial** (SI) em EI; é a partir dela que se torna possível operacionalizar o fechamento do ciclo, reaproveitando os fluxos gerados no

“metabolismo da indústria¹⁶” em uma relação de mutualismo. Tal como no conceito biológico¹⁷, a SI relaciona-se à cooperação entre atores geograficamente próximos, trocando ou compartilhando *by-products*¹⁸, estruturas físicas, informação, energia, etc. de maneira beneficentemente mútua; “trabalhando juntas, as firmas empenham-se em obter benefícios coletivos maiores do que a soma dos benefícios que obteriam se trabalhassem de maneira individual” (Chertow, 2000, p. 314).

Chertow (2004) destaca que a simbiose industrial deve ocorrer em nível local e regional. Grandes distâncias entre os agentes representam um desincentivo uma vez que se ampliam os custos ou se reduz o aproveitamento potencial em razão da especificidade dos materiais que são trocados – a exemplo de calor e vapor, que se dissipam rapidamente, ou água suja, que necessita de tubulações especiais; trocar esses elementos não é eficiente além dos limites locais e regionais. A partir da constatação de que a SI deve ocorrer em uma escala espacial específica, Chertow (2004) elabora uma taxonomia para os tipos de relação simbiótica que podem ocorrer com vistas ao fechamento de ciclo de matéria e energia. Considerando aspectos organizacionais e espaciais, tal tipologia pode ser vislumbrada no Quadro 3 abaixo:

¹⁶ A concepção de metabolismo industrial pode ser encarada como sinônimo de “processo de produtivo” em geral. Trata-se de todo o “conjunto de processos físicos que convertem matérias primas e energia, mais trabalho, em produtos acabados e resíduos, de maneira mais ou menos estável” (AYRES, 1994, p. 23).

¹⁷ Chertow (2000, 2004, 2007) ressalta que a simbiose, do ponto de vista biológico, é uma relação segundo a qual espécies distintas trocam matéria, energia e informação de maneira mutuamente benéfica. Nesse sentido, a simbiose é sinônimo de mutualismo.

¹⁸ Produtos indesejados oriundos do processo de produção que são geralmente descartados.

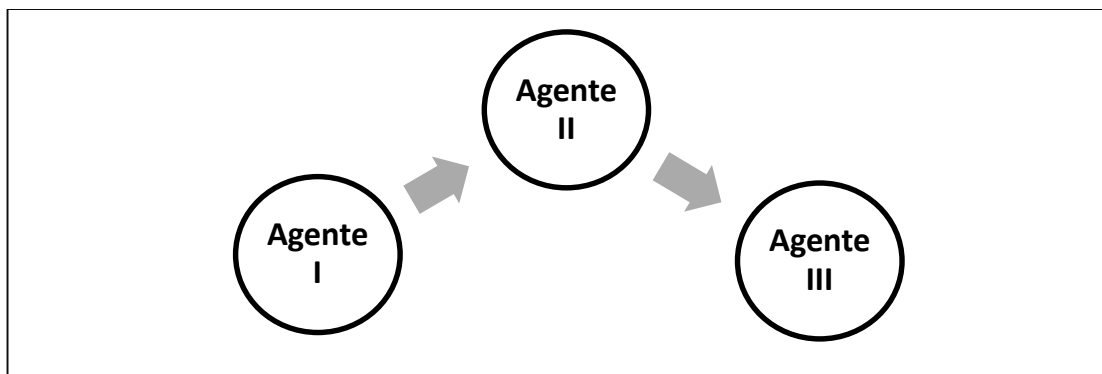
Quadro 3 - Tipos de Simbiose Industrial.

Tipo de troca	Características
Tipo 1 - Trocas de resíduos simples	Foco em produtos já no fim da vida-útil (e.g. doação de roupas, coleta de metais e papéis usados)
	Não há escala específica para ocorrerem as trocas (global, regional, local);
	Foco em troca de matéria - não se troca água ou energia
Tipo 2 - Dentro da firma	Ocorre dentro das bordas de uma firma, não envolvendo agentes externos;
	Explora a reutilização e a reciclagem;
	Ocorre com mais frequência em grandes firmas;
	Considera ciclo de vida do produto, de processos e serviços
Tipo 3 - Entre firmas co-localizadas em um parque industrial	Firmas distintas espacialmente concentradas dentro das bordas de um parque trocam energia, matéria e água;
	Essa relação pode ir além e envolver troca e compartilhamento informação, serviços, transporte, marketing, etc.
	Pode envolver parceiros além das bordas do parque;
Tipo 4 - Entre firmas locais que não estão co-localizadas em um parque	Comporta-se, em linhas gerais, como no tipo 3, contudo, os agentes envolvidos não são vizinhos próximos, mas estão localizados em uma área limitada (e.g. uma área urbana)
Tipo 5 - Entre firmas organizadas em uma região	Esse tipo de simbiose depende mais de vínculos "virtuais" que os de co-locção;
	Envolve maior número de empresas e setores;
	Insere-se em uma área geográfica maior, o que abre margem para arranjos regionais mais diversificados e integrados.

Fonte: Elaboração própria a partir de Chertow (2004).

Buscando diferenciar a SI de outros tipos de troca, Chertow (2007) especifica o conceito a partir do que chama de “heurística 3-2”, segundo a qual pelo menos três atores distintos devem estar envolvidos na troca de ao menos dois recursos diferentes. Esse é o modelo básico de uma relação do tipo SI, conforme pode ser vislumbrado na Figura 6 abaixo. De fato, a diversidade de atores é essencial para as relações simbióticas, permitindo-as serem flexíveis, eficientes e continuadas, conforme ressaltam Liwarka-Bizukojc *et al.* (2009).

Figura 6 - Modelo básico de simbiose industrial.



Fonte: Elaboração própria a partir de Chertow (2007).

Dentre as oportunidades advindas da relação SI – a exemplo dos ganhos em termos de negócios ou regularidade na disponibilidade de alguns tipos de recursos - Chertow (2007) destaca três que, em sua concepção, são centrais: i) *reutilização de sub-produtos* em substituição ao uso de matéria prima adquirida fora da relação (e.g. via mercado); ii) *compartilhamento de estruturas físicas*, uma vez que a infraestrutura existente pode servir ao uso de todos os envolvidos na relação; e iii) *prestação conjunta de serviços*, em termos de satisfação de necessidade comuns aos envolvidos.

Liwarska-Bizukojc *et al.* (2009) destacam que a simbiose é um tipo de relação benéfica entre organismos, em comparação a outros tipos de interações ecológicas vistas como negativas, como o parasitismo, competição e predação, uma vez que geram benefícios para todos os envolvidos. A partir dessas observações, dividem a simbiose em dois tipos: a obrigatória e a facultativa. A primeira diz respeito às formas de relação onde um dos organismos é incapaz de sobreviver sem o(s) outro(s), enquanto na segunda essa dependência inexistente. Se considerada a analogia com a indústria, é mais comum, segundo os autores, a simbiose facultativa, onde o sub-produto de uma empresa pode ser encarado como o *input* de outra, sem ocorrer necessariamente uma dependência excessiva entre os entes; ambos os lados se beneficiam na medida em que uma adquire insumos de maneira facilitada, enquanto a outra resolve os problemas de eliminação dos resíduos.

1.2.3. Ecossistemas Industriais

Chertow (2000) ressalta que os ecossistemas industriais (ESI) são as expressões concretas do conceito de SI e, em complemento ao que foi discutido nos itens anteriores, Korhonen (2001b, p. 511) sustenta que o objetivo da ecologia industrial seria o de promover

integração produtiva e de consumo entre firmas fisicamente próximas. A integração entre firmas se cristaliza em termos de ampliação dos fluxos advindos da atividade industrial para os recicladores e destes de volta aos produtores. Trata-se, afinal, de firmas ou sistemas capazes de manejar adequadamente os resíduos de modo a permitir que sejam utilizados novamente pela própria firma ou por outras.

O autor chama a atenção para a conformação de relações de interdependência entre os diversos atores envolvidos no sistema. Ainda que reconheça que a cooperação seja algo de difícil construção seria evidente que “para um ecossistema local como um todo, a cooperação parece ser mais importante que a competição” (KORHONEN, 2001b, p. 513) . E complementa ao afirmar que um ecossistema aos moldes do que propõe a ecologia industrial seria “capaz de utilizar recursos locais de maneira sustentável, produzir para consumidores finais locais minimizando o uso de energia e adaptar a capacidade [de sustentação à vida] do lugar” (KORHONEN, 2001b, p. 513).

A causa fundamental do estrangulamento ambiental experimentado na contemporaneidade, de acordo com Korhonen (2001a, p. 253), decorre do fato de que tanto o sistema social – o econômico e o industrial estão inseridos aqui – quanto o sistema natural operam a partir de princípios distintos no que se refere ao desenvolvimento. O autor chama a atenção para a necessidade de se aproximar ambos os sistemas; e, nessa busca, indica o ecossistema industrial como elemento relevante. Ademais, elenca quatro princípios que fundamentam a estratégia do arranjo caracterizado como ecossistema industrial: *Roundput*, *Diversidade*, *Localidade* e *Gradualismo*. O Quadro 4 sistematiza, em termos gerais, tais princípios.

Quadro 4 - Ecossistemas naturais e industriais: analogias.

Ecossistema Natural	Ecossistema Industrial
1. Roundput	
Reciclagem de matéria	Reciclagem de matéria
Fluxo em cascata de energia	Fluxo em cascata de energia
2. Diversidade	
Biodiversidade	Diversidade de atores
Diversidade em interdependência e cooperação	Diversidade em interdependência e cooperação
Diversidade de informação	Diversidade de informação, inputs e outputs industriais
3. Localidade	
Utilização de recursos locais	Utilização de recursos naturais e resíduos
Respeito aos limites naturais locais	Respeito aos limites naturais locais
Interdependência local/ cooperação	Cooperação entre atores locais
4. Gradualismo	
Evolução utilizando energia solar	Utilização de resíduos e energia/ recursos renováveis
Evolução através de reprodução	Desenvolvimento gradual da diversidade do sistema
Tempo cíclico/sazonal	

Fonte: Elaboração própria a partir de Korhonen (2001a, p. 254).

O conceito de *roundput* está estreitamente relacionado ao fechamento do ciclo, nos moldes do que é proposto pela ecologia do tipo III, analisada anteriormente (cf. Figura 4). Ecossistemas naturais conseguem manter o fluxo de energia e matéria em um ciclo fechado, de modo que o sub-produto do metabolismo de determinado organismo é aproveitado como *input* para o metabolismo de outros. Nesse caso, o reaproveitamento de energia acontece através de um fluxo “em cascata” entre as cadeias alimentares, iniciado por um *input* primário, qual seja, energia solar. O sistema industrial, conforme já explicitado, deve aprender tal propriedade dos sistemas naturais, se aproximando de um esquema como o apresentado na Figura 5. Em suma, o *roundput* é relacionado à propriedade de determinado sistema em reaproveitar fluxos de energia através de um fluxo em cascata, permitindo-o agir em um ciclo fechado. No sistema industrial, o *roundput* promove uma das características mais marcantes de um ecossistema industrial: **a utilização de resíduos materiais e energéticos, diminuindo a dependência de recursos naturais não-renováveis.**

A *diversidade* é elemento fundamental de qualquer sistema natural; diversidade de organismos, de interações e informações. Korhonen (2001a, p. 255) afirma que a diversidade permite alta flexibilidade e adaptabilidade, conformando, dessa maneira, uma estratégia de sobrevivência de longo prazo para o sistema. Os sistemas humanos também são altamente

diversificados e a economia demonstra tal fato a partir da multiplicidade de estruturas produtivas e de formas de cooperação.

A existência de sistemas de cooperação diversos e interdependentes pode, por exemplo, facilitar o surgimento de sistemas onde os atores envolvidos utilizem os resíduos materiais e energéticos uns dos outros (...). Além disso, a analogia da diversidade pode promover maior variedade [em termos de] *inputs* e *outputs* industriais. O combustível base de uma usina de energia, por exemplo, pode incluir *inputs* tradicionais como óleo e carvão e também turfa, resíduos de madeira, resíduos florestais, combustíveis reciclados domésticos ou industriais (KORHONEN, 2001a, p. 255, traduzido).

O terceiro princípio fundamental relacionado à um ecossistema industrial é o da *localidade*. Ecossistemas devem respeitar os limites naturais do local onde estão inseridos, devendo cooperar e se adaptar ao ambiente que os cerca a partir de relações de interdependência (Korhonen, 2001a). É imprescindível, segundo o autor, substituir recursos importados – de outras regiões, países, continentes - por recursos locais. É possível assumir que o capital natural pode ser substituído por inovação tecnológica ou por capital humano, além da utilização sustentável dos recursos naturais locais ou regionais. Assim,

(...) a localidade, no desenvolvimento de ecossistemas industriais, pode significar utilização de recursos materiais e energéticos e de resíduos em uma escala regional, respeitando os fatores limitadores da natureza local (controlando o peso da atividade industrial sobre o meio-ambiente), assim como [incentivando] a cooperação entre os atores que estão em proximidade (KORHONEN, 2001c, p. 60, traduzido).

Por fim, o quarto princípio ajuda a compreender que o desenvolvimento de determinado sistema é uma construção de longo prazo; tal princípio é o do gradualismo (*gradual change*, no original). Processos naturais (a exemplo da evolução ou da mutação) acontecem de maneira relativamente mais lenta que os processos industriais. Outra diferença substancial entre o sistema natural e o industrial é que o primeiro depende de um input renovável – a radiação solar – enquanto o segundo é primordialmente dependente de energia não renovável – combustíveis fósseis. Há, portanto, um descompasso entre os *inputs* do sistema humano e os do sistema natural de modo que o tempo de renovação da natureza não é respeitado (Korhonen, 2001c). O que o princípio do gradualismo ensina é que o desenvolvimento de um ecossistema industrial não pode se dar de forma repentina; tal processo é um projeto de longo prazo. O simples fato de se aumentar a taxa de reciclagem de determinado material de maneira súbita, pode levar a outros desequilíbrios importantes. Para além de se espelhar na natureza ao lidar com fluxos de matérias e energia, um ecossistema industrial também deve se

mover rumo à uma matriz energética renovável e ter mais respeito quanto ao tempo cíclico da natureza.

Diante do exposto, é possível arriscar uma definição melhor delineada que caracterize um ecossistema industrial. Ainda que se tenha noção que o termo é um elemento que se encontra em evolução e que vários autores buscam entendê-lo melhor para, assim, caracterizá-los definitivamente, neste trabalho adota-se o mesmo conceito que é utilizado em Cohen-Rosenthal (2003). Um ecossistema industrial é caracterizado por ser

(...) uma comunidade de negócios que cooperam entre si e com a comunidade local com o objetivo de compartilhar eficientemente recursos (informação, materiais, água, energia, infraestrutura e habitat natural), levando a ganhos econômicos, ganhos em qualidade ambiental e ampliação equitativa dos recursos humanos para os negócios e a comunidade local (COHEN-ROSENTHAL, 2003, p. 19, traduzido).

À descrição de Cohen-Rosenthal (2003) descrita acima, incorpora-se os elementos já discutidos anteriormente e apresentados também em Korhonen e Snäkin (2005), bem como em Ashton (2008). O ecossistema industrial busca, para além da cooperação e integração entre as estruturas industriais com o ambiente social e natural, o fechamento do ciclo de matéria e energia - aproximando-se do modelo *roundput* - através de uma simbiose industrial. Esta, por sua vez, relaciona-se à cooperação entre firmas individuais geograficamente próximas, trocando *by-products* e compartilhando facilidades.

Cohen-Rosenthal (2003) chama a atenção para o termo “eco”, que pode fazer referência tanto ao econômico quanto ao ecológico. Mas, interessante é a observação que faz acerca do termo ecológico, que não deve ser tomado como sinônimo de “natureza”. O ecológico, afirma o autor, tem a ver com uma visão sistêmica e integrada. Está relacionado, acima de tudo, com cooperação e multiplicidade de organizações, atores e funções. Por buscar interconexões e integração, a abordagem do ecossistema industrial tem condições de reunir os três pilares da sustentabilidade: social, econômico e ambiental (Cohen-Rosenthal, 2003, p. 24-28).

A ecologia industrial pressupõe estratégias abrangentes, não podendo ser levada adiante “em isolamento dos vários tipos de instituições humanas” (JELINSKI *et al.*, 1992, p. 795, traduzido) nem desconsiderando a multidisciplinaridade. As categorias observadas da ecologia e da economia são grandemente enriquecidas pelas contribuições de campos diversos como a geografia, a sociologia, a engenharia de processos e de materiais, a jurisprudência, dentre outros.

Fica claro que a ecologia industrial – assim como o enfoque territorial, conforme se verá adiante – busca implementar ações pragmáticas, holísticas, multidimensionais,

multidisciplinares e locais/regionais. Andrews (1999) ajuda na aproximação conceitual entre as duas abordagens ao afirmar que o fluxo de matéria e energia da comunidade industrial como um todo é algo que interessa aos tomadores de decisão locais uma vez que é localmente que são sentidos os efeitos em termos de saúde e segurança públicas, qualidade ambiental, utilização de recursos, tratamento de resíduos, etc. Além disso,

(...) muitas das decisões relacionadas aos recursos naturais são feitas localmente. Em resumo, **o ecossistema industrial não é administrado de maneira *top-down*; ele é de baixo para cima [*bottom-up*] através de decisões descentralizadas, interdependentes e localizadas** a partir de famílias, firmas, municípios, condados, estados e nações (ANDREWS, 1999, p. 367, traduzido, grifo não presente no original).

Como bem colocam Côté; Cohen-Rosenthal (1998, p. 187) ao discutirem sobre o papel de um ecossistema industrial em uma comunidade local, tais arranjos podem ser encarados como uma estratégia desejável para restaurar as condições econômicas e sociais de determinada região bem como adicionar valor em termos de qualidade de vida, empregos de qualidade, incentivos à educação e ao engajamento comunitário.

A partir do Quadro 4 e da literatura citada ao longo desta seção foi elaborado o Quadro 5, que elenca sucintamente os elementos gerais que conformam um ecossistema industrial.

Quadro 5 - Ecossistemas Industriais: elementos gerais.

Princípios	Paradigma Centrado na Sustentabilidade; Ecologia Industrial; Multidisciplinaridade; Holismo; Cooperação; Concertação; Ecoeficiência; Gradualismo; Diversidade; Heterogeneidade; Multidimensionalidade; Localismo; Abordagens locais/regionais.
Objetivos gerais	Fechamento do ciclo/ <i>roundput</i> ; Desenvolvimento espacial; Integração economia-ambiente-sociedade; Redução de impactos ambientais.
Objetivos Específicos	Construção de arranjos industriais integrados econômica, social e ambientalmente; Reciclagem, reutilização e troca de matéria, energia, informação, etc.;
Atores envolvidos	Governos (em diversas esferas); Sociedade Civil; Firmas diversas (quanto ao tamanho e ao setor).
Estratégias de Ação	Estratégias de planejamento <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> ; Existência de um agente central (firma ou ente público); Conformação de espaços comunitários de consulta e deliberação; Busca por competitividade e cooperação; Visão sistêmica e de longo prazo.

Fonte: Elaboração própria a partir de Ashton (2008, 2009), Andrews (1999), Deutz; Gibbs (2004) e Korhonen (2001a, 2001b, 2001c).

O Quadro 6, por seu turno, elenca alguns benefícios e riscos potenciais relacionados à conformação de um ESI. Ao mesmo tempo em que fomenta a cooperação, o arranjo pode colocar em evidência as dificuldades inerentes a esse tipo de relacionamento. Relações de cooperação exigem laços de confiança entre os envolvidos, bem como estruturas institucionais específicas que são de difícil construção. Além disso, ao mesmo tempo em que pode diminuir custos operacionais com a troca de sub-produtos e/ou utilização mais eficiente de recursos, o estabelecimento do arranjo pode incorrer em dificuldades relacionadas aos custos de implementação do arranjo ou restrições em termos de fontes de financiamento em razão da natureza dos retornos.

Quadro 6 - Benefícios e riscos potenciais relacionados à conformação de ecossistemas industriais.

Benefícios potenciais	Riscos potenciais
<p>Para a Indústria</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ampliação na eficiência do uso de recursos - Diminuição de custos operacionais - Aumento de competitividade - Colaboração entre firmas de tamanhos e/ou setores distintos - Compartilhamento de estruturas e informação - Incentiva a inovação de processos e produtos - Incentiva a adoção de práticas preventivas em contraposição às de fim de tubo <p>Para o meio-ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diminuição das fontes de poluição - Diminuição da necessidade de recursos - Diminuição do peso do sistema econômico sobre o ambiente <p>Para a sociedade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abre oportunidades para os negócios locais - Geração de empregos - Incentivos à integração entre comunidade-firmas - Melhoria de condições ambientais gera melhoria na qualidade de vida da população - Envolvimento entre firma-lideranças ou grupos comunitários - Integração com projetos de desenvolvimento local e urbano 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldades de regulação e coordenação entre os diferentes atores e processos envolvidos - Retornos somente à longo prazo podem dificultar financiamento - Custos iniciais (de transação, econômicos, financeiros, etc.) para a coordenação e implementação de estrutura para o parque podem ser elevados - Risco de dependência excessiva entre os entes do sistema o que, em caso de fechamento de um dos nós, pode comprometer o funcionamento do todo - Dificuldade de construção de confiança e laços de cooperação entre os entes

Fonte: Elaboração própria a partir de Lowe (2001).

Quando se quer vislumbrar um ESI como elemento inserido nos esforços de desenvolvimento local e regional, a colaboração entre agentes públicos e privados ganha reforço como estratégia. A identificação e exploração de sinergias, oportunidades, redes potenciais e outros elementos relacionados passa pelo processo de *planejamento*. Roberts (2004) ressalta que o planejamento é elemento central para que se visualize a ecologia industrial e seus conceitos relacionados como abordagem de desenvolvimento, uma vez que “cria as combinações certas de indústrias, infraestruturas, tecnologias, competências, recursos e o quadro legal que encorajam a ecologia industrial a se desenvolver” (ROBERTS, 2004, p. 1002, traduzido). Para tanto, o modelo de planejamento a ser adotado necessitar ser flexível e sensível às mudanças na indústria e na tecnologia. Ainda que o autor não se utilize desse

termo, é razoável admitir que a EI insere-se dentro das *novas formas de governança*, uma vez que valoriza uma série de princípios de planejamento.

Dentre tais princípios, Roberts (2004) destaca, em primeiro lugar, o que chama de *desenvolvimento industrial diversificado* (*mixed industry development*, no original), pautado numa (re)alocação espacial das indústrias de modo que estas compartilhem o espaço com outros agentes e atividades industriais e não-industriais. As avaliações desse tipo de alocação espacial devem pautar-se mais na *performance* que no *tipo de atividade* a qual a firma realiza. Isso quer dizer que as indústrias devem ser avaliadas em termos de benefícios gerados ao seu entorno em detrimento de uma segregação espacial baseada na natureza de suas atividades.

O segundo princípio essencial que deve ser perseguido pelas estratégias de planejamento se relaciona à esse aspecto de separação espacial; trata-se da *co-locação de indústrias e provedores de serviços*. Este princípio se contrapõe à tendência de separação espacial entre firmas por tipo de atividade como abordagem de gestão de impactos ambientais. Explorar as sinergias entre diferentes atividades/agentes parece ser, na concepção de Roberts (2004), a melhor forma de se tratarem localmente, as externalidades ambientais do processo produtivo. A co-locação de agentes abre margem ainda para processos como a cogeração de energia, além dos já salientados compartilhamento de estruturas, troca e reprocessamento de matéria e energia.

Outros princípios fundamentais abordados em Roberts (2004) se relacionam à *criação de reservatórios de resíduos* (uma vez que os sub-produtos são encarados como recursos, estes devem ser adequadamente tratados e acomodados sem causar maiores danos ao ambiente externo); *abordagem de longo prazo* (os resultados advindos de estratégias imbuídas pela EI podem demorar anos para aparecerem); *mudança dos valores* (a racionalidade das comunidades industriais e locais devem mudar rumo à aceitação das novas abordagens de desenvolvimento). Além destes, o autor destaca a importância do *compromisso das comunidades locais* em estratégias desse tipo. É imprescindível que a comunidade local seja educada e encorajada a suportar e participar do processo de desenvolvimento.

O Quadro 7 resume a proposta de Roberts (2004) sobre quais os aspectos mais concretos que devem ser levados em consideração no processo de planejamento de um ESI.

Quadro 7 - Alguns elementos a serem considerados no processo de planejamento e introdução de um ecossistema industrial.

Pré-requisitos para o planejamento de um ESI:	A partir dos anteriores, outros aspectos mais detalhados devem ser considerados:
<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação dos volumes e fluxos de água, matéria e energia de todas as fontes de produção a nível local e regional • Identificação dos volumes potenciais e concretos de comércio de resíduos por tipo de indústria • Identificação de volumes críticos de resíduos para fins comerciais em clusters selecionados • Avaliação de riscos econômicos, ambientais e físicos relacionados à utilização de resíduos • Concentrações espaciais de resíduos por tipo • Sensibilidade ambiental da localidade para o processo de aproveitamento de matéria, energia e água • Implicações da estratégia de crescimento regional para o desenvolvimento sustentável • Quadros regulatórios para o tratamento e gestão de resíduos • Avaliação da consistência dos governos locais para a aplicação de políticas ambientais • Avaliação das atitudes da comunidade local no que diz respeito ao apoio ao processo de gestão de resíduo, introdução de parques industriais, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arranjos organizacionais para o desenvolvimento de um ESI • Uma indústria âncora local no entorno da qual as outras possam se unir • Objetivos para o ESI, incluindo os objetivos de performance econômica e padrões de performance ambiental a nível local • Um plano de desenvolvimento detalhado • Estratégias de financiamento, gestão de risco, e marketing do ESI • Exame do potencial de redução de custos regulatórios • Planejamento das áreas onde o ESI se estabelecerá (construção da infraestrutura, reservatórios e transporte de resíduos, etc.) • A localização das atividades envolvidas no arranjo para maximizar a coleta de sub-produtos e minimizar custos de transporte de tais resíduos entre os produtores e os consumidores • Design dos prédios e espaço onde o arranjo se localiza de modo a aproveitar o terreno como elemento de recuperação de recursos • Criação de infraestrutura comunitária de modo a permitir o aprendizado, o lazer e a ajuda na provisão de serviços para a comunidade imediatamente afetada pelo arranjo

Fonte: Elaboração própria a partir de Roberts (2004, p. 1004-1005).

Por representar um arranjo que *explora recursos e oportunidades locais*, o ESI deve ser encarado como elemento altamente *específico*; cada ESI é caracterizado de forma muito particular em razão das especificidades da localidade onde se inserem e das condições institucionais que regem tal ambiente – tal como é chamado atenção em Boons, Spekkink e Mouzakitis (2011). É importante, nesse sentido, não cair em vícios metodológicos de generalização, respeitando a diversidade. Concorde-se com McManus e Gibbs (2008), quando estes afirmam que os modelos de implementação e interpretação dos ESI se dão a partir das análises generalistas que levam em consideração as melhores práticas ou, por vezes, casos muito específicos e distintos dos demais. Os autores chamam a atenção para a utilização de um modelo recorrentemente utilizado na literatura: o de Kalundborg, na Dinamarca.

Kalundborg é uma pequena cidade situada ao leste da Dinamarca, na qual se desenvolveu de maneira relativamente espontânea, desde a década de 1960, um arranjo integrado que busca reaproveitar fluxos de subprodutos e rejeitos industriais. Estudando o referido caso, Ehrenfeld e Gertler (1997) destacam que o arranjo se desenvolveu de maneira relativamente “espontânea”, não tendo a pretensão deliberada de demonstrar os benefícios da simbiose industrial, mas antes, buscando aproveitar primordialmente redução de custos econômicos. Tendo na usina termelétrica de Asnaes o agente central desse arranjo, são reaproveitados e trocados matéria e energia (vapor, calor dissipado, lodo, gesso industrial, água, gás combustível, entre outros) com outras firmas dos setores farmacêutico, petrolífero, construção civil, pesqueiro, sistema de aquecimento local, entre outros.

O arranjo vem sendo conformado de maneira dinâmica desde seu início, integrando novos atores e conformando novas relações de simbiose¹⁹. Contudo, conforme ressaltam Domenech e Davis (2011), somente em 1996 é que foi instituído formalmente o arranjo com a criação da *Symbiosis Institute*, que congrega todos os envolvidos em um esforço de divulgação e prospecção de novos parceiros. Atualmente, são cerca de dezoito firmas que conformam trinta relações de simbiose²⁰.

Uma breve busca em indexadores de artigos científicos demonstra que o caso de Kalundborg é amplamente analisado pela literatura que trata de ESI, SI e EI. Outro aspecto que permeia a literatura que trata dos ESI é o intenso recurso às análises de cunho técnico-econômico, deixando de lado elementos socialmente determinados. Ainda que sejam imprescindíveis para a evolução da EI enquanto campo de investigação, com frequência foca-se em elementos como a *quantificação e qualificação dos fluxos* de matéria e energia permutados entre os agentes, além de indicações *econômicas e organizacionais* (forma e conteúdo da integração entre firmas, redução de custos, relação com aspectos regulatórios, entre outros), não deixando claro qual o papel de elementos sociais, históricos, políticos e culturais. Tal viés econômico-ambiental, que será tratado aqui como *técnico*²¹, pode ser visto

¹⁹ Cf. <http://www.symbiosis.dk/en/diagram> para um vislumbre da evolução do arranjo ao longo das décadas; dos atores e materiais trocados entre si.

²⁰ Sobre Kalundborg, para um vislumbre das relações, atores e materiais trocados com maiores detalhes, vale conferir os trabalhos de Domenech e Davis (2011), Ehrenfeld e Gertler (1997), Jacobsen (2006) e Valero, Usón e Costa (2012).

²¹ Destaca-se que dentre as abordagens técnicas, sobressaem-se aquelas embasadas em análise e design de Ciclo de Vida do Produto, cujos princípios objetivam, segundo Keoleian e Menerey (1994), minimizar os impactos ambientais gerados ao longo do ciclo de vida dos produtos, via caracterização dos impactos agregados em cada estágio do processo produtivo e os impactos cumulativos do ciclo como um todo. De maneira mais concreta, uma abordagem do tipo ciclo de vida do produto adota uma série de análises a fim de identificar os fluxos de

em Ashton (2008), Chertow (2000), Côté; Smolenaars (1997), Despeisse *et al.* (2012), Korhonen (2001b, 2001c), Korhonen, Okkonen e Niutanen (2003), Korhonen e Snäkin (2005), Krivtsov *et al.* (2004), Liwarska-Bizukojc *et al.* (2009) e Park *et al.* (2008).

Concorda-se com Chertow (2004), que assinala que as abordagens “técnicas”, ancoradas na co-geração, troca e compartilhamento de estruturas e processos, têm sido utilizadas em áreas como engenharia, economia e gestão ambiental, uma vez que os agentes privados ligados à indústria buscam ganhos de eficiência em termos de custos. Por outro lado, os planejadores de políticas públicas – a exemplo daqueles ligados ao planejamento urbano e local – se preocupam com aspectos sociais e ambientais, bem como com as sinergias que podem surgir da co-locação de firmas em um arranjo industrial.

Nas abordagens “técnicas”, os ganhos sociais, quando estão contemplados na análise, são descritos apenas em termos de oportunidades de emprego, o que, de certo modo, empobrece a contribuição potencial de um ESI para sua localidade, dado que este pode enriquecer outros aspectos do desenvolvimento humano da população de seu entorno. Concorda-se com as observações de Lowe (2001), segundo o qual um ESI deve ser encarado *muito mais que* uma simples rede de intercâmbio de matéria e energia, ou um cluster estruturado a partir de concepções verdes; deve ser encarado de uma perspectiva integradora entre negócios, comunidade local e ambiente natural.

Busca-se com o modelo que se proporá adiante chamar a atenção para a necessidade de análises que considerem os aspectos integradores de uma ação do tipo ESI. Acredita-se que é relevante a colocação de Roberts (2004), quando este afirma que “a maior diferença entre um ESI e a indústria tradicional é a integração de uma agenda ambiental e social à estrutura econômica” (ROBERTS, 2004, p. 1004, traduzido). Isso leva a considerar que é preciso analisar com maior dedicação os demais aspectos relacionados aos ESI (e.g. importância das comunidades locais, aspectos histórico-culturais, configuração política e institucional, entre outros), dando um tratamento mais holístico ao tema e visualizando o arranjo de uma perspectiva, de fato, multidimensional e integrada ao desenvolvimento socialmente inclusivo. Exemplos de alguns trabalhos que contemplam a questão social estão em Ashton (2009), Côté

inputs e outputs de cada fase do processo produtivo, no que é conhecido como “análise de inventário”. Uma vez identificados esses aspectos, os impactos potenciais e reais de cada fase são classificados, quantificados e valorados – numa fase conhecida como “avaliação de impactos”. Por fim, na fase de “análise de melhorias”, são desenhadas as estratégias para a redução dos impactos. Ainda que tracem um mapa completo do processo produtivo e suas externalidades, segundo Garner; Keoleian (1995), as abordagens de ciclo de vida podem encontrar algumas dificuldades para serem postas em prática, dado que exigem uma sistematização de dados e mobilização de pessoal importantes – o que nem todas as firmas possuem. Ademais, conforme o tipo de produto é difícil definir as fronteiras de cada fase do processo de produção.

e Cohen-Rosenthal (1998), Deutz e Gibbs (2004), Fernández e Ruiz (2009), Korhonen (2001a), Roberts (2004), Veiga e Magrini (2009), e Wallner (1999).

Essa linha de argumentação vai ao encontro com a de Leff (2004), que tanto chama a atenção para a incorporação de elementos culturais, sociais e simbólicos na construção de um novo tipo de racionalidade que emerge em resposta aos problemas da sustentabilidade. É neste sentido que se propõe utilizar o Enfoque Territorial como componente teórico complementar. Aproximando esta abordagem daquela utilizada para analisar Ecossistemas Industriais tenta-se superar a falha observada nas metodologias utilizadas no estudo deste tipo arranjo produtivo, num esforço de contemplar elementos tais como cultura, diversidade, participação, identidade e história.

1.3. O Enfoque Territorial

O corpo teórico que debate o enfoque territorial é de difícil demarcação, visto que a temática é de competência de várias áreas do conhecimento, possuindo, desta maneira, uma natureza multidisciplinar. As problemáticas que se inserem sob tal enfoque são analisadas a partir de conceitos que transcendem uma única área do conhecimento e que, muitas vezes, buscam amparo na combinação de diferentes abordagens para a compreensão de um fenômeno complexo. Estudos que partem da economia regional, da economia agrícola, da administração pública, da jurisprudência, da sociologia, da geografia, história e antropologia – para citar algumas das áreas afins - dão sua contribuição para que haja maior compreensão dos fenômenos correlacionados ao desenvolvimento sob o enfoque territorial. Neste sentido, a regulação que promove as ações de desenvolvimento socioeconômico, a interação entre os atores que estão inseridos no processo, bem como a implementação de políticas que garantam condições estruturais mínimas, são elementos que dizem respeito à abordagem que se propõe discutir.

O enfoque territorial tem sido aplicado como estratégia alternativa às abordagens tradicionais de desenvolvimento, especialmente no meio rural. Assim, há o reconhecimento, tanto na Europa quanto no Brasil²², do esforço de lastrear o desenvolvimento de áreas rurais

²²Em Perico (2009) e União Européia (2005) podem ser vislumbradas como são institucionalizadas as ações mais concretas de desenvolvimento territorial aplicado às áreas rurais na Europa e no Brasil, respectivamente. Fica patente na institucionalização das políticas sob o enfoque territorial a preocupação com o caráter multidimensional dos problemas a serem enfrentados e a natureza igualmente complexa das estratégias de enfrentamento. No caso da Europa, a preocupação com a preservação do espaço natural rural, e no Brasil, o cuidado para que as políticas de desenvolvimento territorial rural sejam complementadas com outras políticas públicas de assistência à população carente de renda e serviços, exemplificam a preocupação com as dimensões

sob bases multidimensionais contemplando, além das questões puramente econômicas, as de ordem social, cultural, política e ambiental. Dizer isso é admitir, afinal, que o caminho ao desenvolvimento possui elementos enraizados²³ em outras esferas da vida humana que não apenas aquelas suportadas pela produção e pelos mercados.

É importante, portanto, partir para um esforço de conceituação do tema. De acordo com documento do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) (BRASIL, 2005), o desenvolvimento territorial rural é expressão de um enfoque segundo o qual, o desenvolvimento de áreas rurais deve contemplar dimensões outras que não somente a econômica. Nessa medida, o enfoque territorial considera o desenvolvimento socioeconômico através da integração do espaço-território, dos agentes sociais que ali estão inseridos, dos mercados e das políticas públicas. Busca, além disso, a integração entre territórios distintos e destes com o restante do espaço nacional, tendo em conta a heterogeneidade dos territórios e a diversidade de indivíduos e interesses. Este enfoque pressupõe, portanto, que o desenvolvimento se dá não apenas através de investimentos de natureza econômica, mas também – e principalmente – através de investimentos sociais, orientados para a democratização do acesso a infraestrutura social básica. Assenta-se, ainda, em noções como cooperação entre os agentes envolvidos, autonomia e autogestão.

A integração de territórios rurais se daria, conforme Brasil (2005), através do estímulo à coesão de dois elementos: o social e o territorial. Pelo ângulo do social, a coesão representa a busca da equidade, justiça e sentimento de inclusão. Já no âmbito territorial, ela se fundamenta na ideia de que o espaço, bem como os recursos e sociedades que nele estão inseridos, são entidades multifacetadas, onde a natureza cultural, política e social são esferas

ambiental e social dos espaços que se buscam desenvolver, para além da questão mais relacionada ao desenvolvimento econômico.

²³A noção de *enraizamento* que se utiliza aqui advém da leitura dos autores da Nova Sociologia Econômica (NSE) e se aproxima do conceito de *embeddedness* - ou incrustação. Na esteira dos enfoques críticos ao economicismo exacerbado, representado fundamentalmente pela abordagem neoclássica, os autores da NSE destacam as relações sociais que estão incorporadas à ação econômica. Em outros termos, as relações sociais condicionam fortemente os padrões econômicos. Categoria central da discussão da NSE é o princípio da incrustação enquanto manifestação da ação social nos fenômenos econômicos. Adicionar o conceito de incrustação na análise coloca em evidência, segundo Granovetter (2003, p. 78), o papel das relações pessoais e das redes originadas de tais relações como elemento fortemente condicionante da ação econômica, uma vez que daí originam a confiança e a boa-fé – elementos tão caros à viabilização das relações de trocas, por exemplo. Em outra passagem, o termo aparece explicitado: “a maior parte do comportamento [comportamento humano em geral; o econômico, inclusive] encontra-se profundamente incrustado em redes de relações interpessoais” (GRANOVETTER, 2003, p. 95). Nas palavras do autor, “as relações sociais, mais do que os dispositivos institucionais ou a moral generalizada, são as principais responsáveis pela produção de confiança na vida econômica” (GRANOVETTER, 2003, p. 80). Aqui, “a estrutura social importa” (SWEDBERG, 2003, p. 231). Além dos trabalhos já mencionados, em Granovetter (2005), Krippner (2001), Radomsky e Schneider (2007), Raud (2007) e Vinha (2001) estão análises que ajudam a compreender a NSE com mais profundidade.

integradas de forma indissociável. Interpreta-se daí que o desenvolvimento deve se apoiar em noções inclusão, pertencimento, e multidimensionalidade.

O mesmo documento faz uma crítica às políticas públicas historicamente realizadas e admite algumas inconsistências frequentes, conforme pode ser observado no trecho a seguir:

Freqüentemente as políticas públicas são formuladas e implementadas a partir de leituras parciais da realidade, procurando atender a setores sociais específicos, com pouca atenção às interdependências e às complementaridades. (...) Um aspecto freqüente nas políticas nacionais é a sua baixa capacidade de absorver os diferentes contextos que devem enfrentar. Países com o tamanho e a diversidade do Brasil necessitam de políticas públicas ao menos regionalizadas, para que possam melhor implementar instrumentos adequados à natureza dos problemas e possíveis soluções (BRASIL, 2005, p. 23).

Admite-se, ainda, não serem raros os casos onde as políticas orientadas ao desenvolvimento – mais especificamente em sua dimensão rural - acentuam as assimetrias que inicialmente buscavam eliminar. Tal fato decorreria do *viés setorial* na abordagem do problema, desconsiderando-se o caráter sistêmico característico das atividades econômicas e sociais, o que se traduziria em má exploração das sinergias e acesso desigual às oportunidades.

Na abordagem territorial, o foco das políticas é o território, pois ele combina a proximidade social, que favorece a solidariedade e a cooperação, com a diversidade de atores sociais, melhorando a articulação dos serviços públicos, organizando melhor o acesso ao mercado interno, chegando até ao compartilhamento de uma identidade cultural, que fornece uma sólida base para a coesão social e territorial, verdadeiros alicerces do capital social (BRASIL, 2005, p. 24).

1.3.1. Território e Territorialidade.

O conceito de *território* transcende a abordagem puramente física ao contemplar também a dimensão social, histórica, política e cultural. Muito além de um lugar geograficamente localizado, o território deve ser considerado enquanto construção sociocultural, uma vez que aí estão inseridos atores que se relacionam de maneira coletiva. (Brasil, 2005). *Espaço e território* não são termos equivalentes, conforme ressalta Raffestin (2009), sendo o último, resultado do primeiro modificado por um agente humano.

Para a construção do território, o “ator projeta no espaço um trabalho, isto é, energia e informação, adaptando as condições dadas às necessidades de uma comunidade ou sociedade” (RAFFESTIN, 2009, p. 26). E tal produção do território, “por causa de todas as relações que envolve, se inscreve num campo de poder” (RAFFESTIN, 1993, p. 129). Um ator qualquer (o Estado, o indivíduo, empresas, grupos, entre outros) inserido dentro do espaço, encara-o como

“campo de possibilidades”, podendo decidir fazer articulações diversas, construindo uma rede, ou uma tessitura de relações.

Ao interagir com outros atores – tenham eles objetivos semelhantes ou não -, estabelece-se desde logo, uma relação de poder. Tais interações – políticas, econômicas, sociais e culturais – “conduz a um sistema de malhas, de nós e redes que se imprimem no espaço e que constituem, de algum modo, o território” (RAFFESTIN, 1993, p. 135). Em outros termos, a ação e interação humana no espaço são os elementos fundadores do território, o que permite interpretá-lo como construção humana e social.

Em graus diversos, em momentos diferentes, e em lugares variados, somos todos atores sintagmáticos que produzem “territórios”. Essa produção de território se inscreve perfeitamente no campo do poder de nossa problemática relacional. Todos nós combinamos energia e informação, que estruturamos com códigos em função de certos objetivos. Todos nós elaboramos estratégias de produção, que se chocam com outras estratégias em diversas relações de poder (RAFFESTIN, 1993, p. 137).

O território pode ser entendido também a partir dos *nós*, *redes* e *tessituras* formadas no espaço a partir de relações entre atores. Tais categorias, exteriorizadas por um grupo, são universais e, portanto, presentes em todos os tipos de sociedades, ainda que se apresentem de formas distintas. “As malhas não são homogêneas nem uniformes. Acolhem, além da população, evidentemente, outros elementos que revelam a organização territorial” (RAFFESTIN, 1993, p. 140). Revelam um aspecto importante das relações de poder, uma vez que permitem assegurar o controle sobre o que está disposto no território, impondo ordens e levando à noção de limites. “Esses sistemas [de tessituras] constituem o invólucro no qual se originam as relações de poder” (RAFFESTIN, 1993, p. 135).

A partir desse entendimento, é possível admitir que várias tessituras se sobrepõem umas às outras em um território – umas que denotam relações mais estáveis, outras mais dinâmicas – o que torna difícil, por exemplo, a percepção dos limites entre econômico (caracterizado por tessituras mais dinâmicas e fluidas) e político-administrativo (tessituras mais estáveis e fixas); “as regiões administrativas quase nunca coincidem com as regiões econômicas” (RAFFESTIN, 1993, p. 139).

Além de ser resultado da *ação humana no espaço*, o território também é produto de *relações temporais* e, portanto, *históricas*. Tempo, Espaço, Homem e Sociedade são elementos que se relacionam de maneira íntima, levando à construção da **territorialidade**. Em outros termos, a territorialidade pode ser definida como “um conjunto de relações que se originam num sistema tridimensional sociedade-espço-tempo em vias de atingir a maior autonomia possível, compatível com os recursos do sistema” (RAFFESTIN, 1993, p. 144).

Saquet (2011) colabora no esforço de entender o que é a territorialidade em Raffestin, demonstrando que o território é resultado das relações entre sociedade e natureza, construída historicamente. Tais relações entre os indivíduos e entre estes e o ambiente externo, no tempo, são entendidas como territorialidades – idiossincraticamente complexas e fluidas. A passagem abaixo é ainda mais objetiva:

[As territorialidades] São as relações que os homens têm entre si (alteridade e exterioridade) e com o ambiente (urbano e rural), com a ajuda de mediadores (também materiais e imateriais), especialmente pelo trabalho (manual e intelectual), visando à conquista da autonomia. A territorialidade, assim, resulta das ações dos atores sociais, individual e/ou coletivamente (SAQUET, 2011, p. 85).

Saquet (2011) demonstra que a territorialidade (entendida enquanto relação bio-social e multilateral), constrói redes e nós, qualificando o espaço como território. Assim, o território também pode ser entendido a partir de redes de indivíduos organizados: o tecido construído a partir das redes configura a forma como cada sociedade se relaciona com o espaço ao longo do tempo. As redes relacionais são elementos centrais para a construção do território, uma vez que “são compreendidas através da complementaridade existente entre a circulação e a comunicação, possibilitando fluxos materiais e imateriais” (SAQUET, 2011, p. 44).

O Quadro 8 demonstra de forma sucinta como o território e a territorialidade são interpretados por Claude Raffestin, bem como suas referências e sua abordagem geral.

Quadro 8 - Síntese da concepção de território de Claude Raffestin.

Principais Referências	Pierre Monbeig, Luis Prieto, Michel Foucault, Henri Lefèbvre, Gilles Deleuze, Félix Guattari, entre outros.
Compreensão de território	<ul style="list-style-type: none"> • como fronteiras e frentes de ocupação/povoamento: economia e geopolítica • espaço modificado pelo trabalho (construído); • resultado das relações de poder multidimensionais; • contém signos da vida quotidiana; redes de circulação e comunicação; • produto e condição do processo de territorialização, desterritorialização e reterritorialização (TDR); • produto histórico, relacional e material.
Territorialidade	<ul style="list-style-type: none"> • significa relações de poder: alteridade e exterioridade; • relações bio-sociais e múltiplas (econômicas, políticas e culturais); • corresponde ao vivido espaço-temporalmente; • significa organização e mobilização política com vistas à conquista de autonomia.
Abordagem	<ul style="list-style-type: none"> • híbrida-multidimensional; • relacional, histórica; • crítica não marxista; • destaque para as redes, tessituras, nós e relações de poder-territorialidades; • (i)material envolvendo território e paisagem

Fonte: Saquet (2011, p. 45)

Também inspirado pela obra de Claude Raffestin - e de outros, como Robert Sack e Henri Lefébvre -, Haesbaert (2006) faz um bem acabado esforço de conceituação para o território. Admitindo o caráter polissêmico do termo, chama a atenção para elementos como *história, cultura, conflito e poder* como constituintes da territorialidade. O autor observa que o território pode ser vislumbrado de um prisma dual - contempla uma *dimensão simbólica* e cultural, condicionada, por sua vez, pelas relações entre os grupos sociais inseridos no espaço onde vivem, dando significância ao mesmo; e uma *dimensão concreta*, de caráter político-econômico, que está relacionado à apropriação do espaço como elemento de poder (HAESBAERT, 2006, p. 94). Explicitando posição semelhante à de Brandão (2007), ao invocar especificamente a obra de Robert Sack, Haesbaert (2006) denota que o território é elemento de *mediação de relações de poder*. Nesse sentido, a territorialidade humana seria melhor apreendida como “uma estratégia espacial para atingir, influenciar, ou controlar recursos e pessoas, pelo controle de uma área” (SACK *apud* HAESBAERT, 2006, p.86), abarcando aí as formas de exploração e organização do – e no – espaço.

Quatro noções de território estão em Haesbaert (2006), o que ajuda a desvelar a polissemia do termo. O Quadro 9 resume as concepções tratadas pelo autor.

Quadro 9 - Concepções de território segundo tipologia elaborada por Haesbaert.

Concepção	Aspectos Gerais
Política	<p>Interpretação materialista; ciências sociais e políticas; Destaca aspectos jurídico-políticos e estatais; Território como espaço de efetivação do controle e das relações de dominação; Território como fundamento material do Estado; Espaço ótimo para a reprodução material de determinado grupo social; Autores: Friedrich Ratzel; Jean Gottman.</p>
Naturalista	<p>Interpretação materialista; ciências naturais; etologia; Destaca relação sociedade-natureza; Territorialidade como instinto humano; Analogias com territorialidades animais; Privilégio da dimensão natural e do comportamento "natural" do homem em relação ao seu ambiente físico; Autores: T. Malmberg; Konrad Lorenz.</p>
Econômica	<p>Interpretação materialista; marxismo; Enfatiza a dimensão espacial das relações econômicas; Território como fonte de recursos; Território incorporado na luta de classes e na relação capital-trabalho; Território como espaço de reprodução material; O uso econômico define o território; Autores: Maurice Godelier; Milton Santos.</p>
Cultural	<p>Interpretação idealista; antropologia; Destaca as dimensões simbólicas e subjetivas; Território como produto da apropriação simbólica de um grupo em relação ao seu espaço; Pertencimento ao território implica identidade cultural; Aspectos éticos, espirituais, simbólicos e afetivos, além dos materiais.</p>

Fonte: Elaboração própria a partir de Haesbaert (2006).

A partir das abordagens acima, Haesbaert atenta para a necessidade de uma leitura do território como elemento híbrido e multideterminado, que combine com uma “perspectiva integradora entre as diferentes dimensões sociais (e da sociedade com a própria natureza)” (HAESBAERT, 2006, p. 74). Em complemento,

Fica evidente neste ponto a necessidade de uma visão de território a partir da concepção de espaço como um híbrido – híbrido entre sociedade e natureza, entre política, economia e cultura, e entre materialidade e “idealidade”, numa complexa interação tempo-espaço (...). Tendo como noção esta noção “híbrida” (e, portanto, múltipla, nunca indiferenciada) de espaço geográfico, o território pode ser concebido a partir da imbricação de múltiplas relações de poder, do poder mais material das relações econômico-políticas ao poder mais simbólico das relações de ordem mais estritamente cultural (HAESBAERT, 2006, p. 79).

1.3.2. Enfoque Territorial como abordagem de desenvolvimento.

O Território, como bem se procurou definir nas sessões anteriores, é a categoria que fundamenta o enfoque territorial enquanto abordagem para o desenvolvimento socioeconômico do espaço. Saindo do campo da conceituação e aproximando das estratégias concretas de desenvolvimento sob o ET, apreende-se que tal enfoque se ocupa de uma *noção ampla do desenvolvimento*, que contempla a multidimensionalidade e a pluralidade – aspectos tão caros à própria definição de território. A centralidade conferida aos atores e recursos locais como elementos que fundamentam as estratégias de desenvolvimento expõe a necessidade de uma reflexão crítica sobre quais são os condicionantes de tais estratégias (Dematteis; Governa, 2005).

Territorialidade é também se apropriar do território como espaço de desenvolvimento; “[a territorialidade] assume também o caráter de mobilização, organização e luta política em favor de um desenvolvimento mais equitativo” (SAQUET, 2011, p. 78). As territorialidades representam elementos importantes de conformação de estratégias de desenvolvimento e organização política ao introduzir princípios como a organização societal e participação de atores locais. Sobre isso,

O desenvolvimento comporta sempre a intervenção-atuação de sujeitos locais em processos interativos, que possam inovar sem destruir o patrimônio histórico e sem degradar o ambiente, que possam gerir autonomamente o local sem ignorar as relações e redes extralocais, numa concepção prospectiva para a gestão participativa do desenvolvimento que valorize as especificidades de cada lugar-território, tanto econômicas, como políticas, culturais e ambientais (SAQUET, 2011, p. 93).

O ET busca, afinal, realizar uma forma alternativa de governança dos espaços rumo ao **desenvolvimento territorial** (DT). E, nesse sentido, o conceito de *governança territorial* se faz importante, uma vez que *instrumentaliza* tal concepção de desenvolvimento. É possível afirmar que as novas visões de governança se inserem dentro da “epistemologia da diferenciação” comentada por Reis (2007, p. 29), na medida em que são fundamentadas através das *complementaridades e articulações*.

A governança – ou governação – se relaciona diretamente à “*coordenação de diversas ordens relacionais*” (REIS, 2007, p. 37, grifo no original). Colocar a responsabilidade da coordenação política, econômica, social, etc. a apenas um tipo de mecanismo (e.g. mercado) é algo temerário, dado que “a morfologia do poder e das interações nas sociedades de hoje é plural, complexa e reticular” (REIS, 2007, 37). Além disso, os atores que agem sobre as ordens relacionais de que fala Reis (2007), possuem intencionalidades, consciência e identidade.

A partir dessa perspectiva, é razoável vislumbrar estruturas de governança que façam uma espécie de ordenamento da diversidade, contemplando a diversidade de atores – e as relações mútuas que estabelecem entre si e com o ambiente –, interdependências, ações intencionais, diferenciação e diversidade de níveis de ação, relações público-privadas, entre outras (Reis, 2007, p. 38). Portanto, a partir dessas considerações (e da articulação de institucionalistas como Douglass North e Oliver Williamson), governança passa a ser entendida como

O conjunto de processos pelo qual se *coordenam ordens relacionais* diversas e parciais, através de relações de *poderes* diferenciados, de *mecanismos* plurais e de *vocabulários* cognitivos próprios, tendo em vista a geração de *dinâmicas* sociais e organizacionais. A governança envolve *hierarquia* (poder e dissemelhança), *proximidade* (interações e co-presença) e *mudança* (redefinições situacionais) (REIS, 2007, p. 40, grifos no original).

Fuini e Pires (2009, p. 301) destacam a seguinte definição para o conceito de governança territorial: “iniciativas ou ações que expressam a capacidade de uma sociedade organizada territorialmente para gerir os assuntos públicos a partir do envolvimento conjunto e cooperativo dos atores sociais, econômicos e institucionais”. Tal governança, ao incentivar a cooperação²⁴ e a participação entre atores locais,

Interfere na competitividade das regiões ao definir formas de distribuição de poder em cadeias produtivas e outras formas de relacionamento comercial, institucional e industrial, fazendo convergir, em torno de um ator central, uma grande empresa, ou compartilhando em vários atores articulados por uma instância coletiva, a tarefa de definir as estratégias competitivas principais de um aglomerado produtivo local (FUINI; PIRES, 2009, p.307-308).

Ainda segundo Fuini e Pires (2009), cinco aspectos são fundamentais para o entendimento da governança territorial, conforme pode ser vislumbrado no Quadro 10.

²⁴ Cooperação se relaciona a um estado de acordo entre indivíduos com respeito a um conjunto de regras. “Pode-se dizer que dois ou mais agentes cooperam quando se empenham num empreendimento conjunto para cujo resultado são necessárias as ações de ambos” (WILLIAMS, 1988, *apud* OUTHWAITE; BOTTOMORE., 1996, p. 119). A cooperação, segundo tais autores, é elemento central para a maior parte dos empreendimentos humanos, podendo ter papel crucial inclusive na competição. Está também intimamente relacionada à confiança, esta definida como “um nível particular da probabilidade subjetiva com que um agente avalia se um ou mais dos outros agentes com quem se planeja a cooperação irá também cooperar ou não” (OUTHWAITE E BOTTOMORE, 1996, p. 119).

Quadro 10 - Características da governança territorial.

Elementos da governança territorial	Características
1 - Dinâmica territorial	Conjunto de ações relacionadas ao processo de desenvolvimento, empreendidas por atores/agentes, organizações/instituições de uma sociedade identificada histórica e territorialmente
2 - Bloco sócio-territorial	Conjunto de atores localizados histórica e territorialmente que pela liderança que exercem localmente, assumem a tarefa de promover a definição dos novos rumos do desenvolvimento do território, através do processo de concertação público-privada
3 - Concertação social	Processo em que representantes das diferentes redes de poder sócio-territorial, através de procedimentos voluntários de conciliação e mediação, assumem a prática da gestão territorial de forma descentralizada
4 - Redes de poder sócio-territorial	Cada um dos segmentos da sociedade organizada territorialmente, representados pelas suas lideranças, constituindo na principal estrutura de poder que, em cada momento da história, assume posição hegemônica e direciona política e ideologicamente o processo de desenvolvimento
5 - Pactos sócio-territoriais	Acordos ou ajustes decorrentes da concertação social que ocorrem entre os diferentes representantes de uma sociedade organizada territorialmente, relacionada a um projeto de desenvolvimento futuro.

Fonte: Fuini; Pires (2009, p. 302).

O quadro acima demonstra que o processo de desenvolvimento a partir de uma governança do tipo territorial, contempla a participação e liderança de agentes e instituições²⁵ diversas – específicas ao território e historicamente definidas – agindo em processos de concertação social e objetivando pactos de desenvolvimento de longo prazo. Das estruturas condicionadas por esses princípios, busca-se estimular os recursos territoriais específicos, com vistas à ampliação da competitividade territorial local. De forma mais concreta, uma estratégia de desenvolvimento sob esses princípios pode ser considerada no trecho a seguir:

A definição de uma estrutura de governança territorial se compõe, pois, de um determinado contexto territorial – podendo ser um município, uma rede de municípios, uma região, etc. – onde os atores locais entram em relação e concebem instituições que os representam neste acordo, além do próprio ambiente institucional pré-existente. Configura-se em torno de esquemas diversos (APL [arranjo produtivo local], Circuitos, Comitês), podendo ser uma governança do tipo variável, entre o público e o privado (FUINI; PIRES, 2009, p. 303).

²⁵ A partir da leitura de Douglass North, Reis (2007) faz algumas considerações que permitem uma aproximação conceitual para “instituição”. Segundo ele, “Se é certo que tanto são entidades formais (regras) como informais (convenções e códigos de comportamentos), resulta muito evidente que, nesta acepção, as instituições são encaradas como uma ordem relacional difusa – uma panóplia societal, cultural e política de instrumentos contextualizadores e, sobretudo, condicionadores da ação individual” (REIS, 2007, p. 33).

Há de se considerar, ainda, o caráter fluido e dinâmico de tal estrutura, uma vez que nesse sistema,

(...) as relações entre atores, instituições, governança, recursos e desenvolvimento territorial são continuamente alimentadas por fluxos comerciais, políticos e de informações, concebendo, portanto, um mecanismo aberto sujeito às modificações por qualquer uma de suas partes (feedback) e refratário às inovações e estímulos concorrenciais oriundos de fora ou de dentro do sistema(FUINI; PIRES, 2009, p. 303).

Os conceitos trabalhados por Fuini e Pires (2009) assemelham-se ao que é discutido em Dematteis e Governa (2005) quando estes afirmam que o desenvolvimento local está intimamente ligado aos processos de transformação territorial. A execução de estratégias de desenvolvimento em âmbito local promoveria um processo de “adição de valor territorial” que, por sua vez, se traduziria em novas dinâmicas. Tal adição de valor procede da ação coletiva dos sujeitos locais que, agindo sobre o território, ativa as potencialidades daquele espaço e constroem novas territorialidades. As territorialidades prestam o serviço de mediação simbólica, cognitiva e prática entre o aspecto físico do espaço e a ação social, elemento primordial aos processos de transformação territorial e desenvolvimento local. Em suma, o processo de transformação e desenvolvimento no território alimenta e é ao mesmo tempo estimulado pelas territorialidades.

Nesse sentido, o *capital territorial* (CT), discutido em Dematteis e Governa (2005) é relevante: entende-se tal conceito como um conjunto heterogêneo de elementos (tangíveis ou intangíveis, reproduzíveis ou não) inerentes ao território e capazes de gerar valores de uso e de mercado para o mesmo (valor adicionado territorial). O CT é idiossincrático à localidade e se revela em termos de recursos naturais, patrimônio histórico e cultural, capital fixo e infraestrutura, capital social, recursos humanos, capacidades institucionais, dentre outros.

O ET é coerente com um projeto de desenvolvimento sustentável econômica e socialmente, entrando em clara contraposição às abordagens tradicionais de cunho setorial. O modelo proposto por abordagens setoriais já se mostrou concentrador e reducionista, colaborando para agudizar as contradições existentes. Em Schejtman e Berdegué (2003) há menção sobre as inconsistências do que chamam de “*enfoques tradicionais do desenvolvimento*”²⁶. Em poucas palavras, estes tenderiam a desconsiderar, ou ao menos considerar em uma escala bastante insuficiente, o caráter multidimensional dos problemas

²⁶ Os autores trabalham com o desenvolvimento de áreas rurais sob o enfoque territorial, fazendo uma análise dos enfoques tradicionais também para o meio rural. Contudo, percebe-se que as críticas realizadas pelos autores podem ser aplicadas às estratégias tradicionais mais gerais de desenvolvimento regional e local.

rurais, assim como a natureza altamente heterogênea das sociedades que estão inseridas no âmbito do rural.

Trabalhando num enquadramento teórico tradicional, os formuladores de políticas públicas conspirariam, na prática, contra seu objetivo de adequar ações nacionais à realidade específica de certas regiões. Isso abre margem para a proliferação de intervenções de cunho genérico cujo resultado necessário seria o afastamento do pressuposto básico do enfoque multidimensional. Notadamente, desprezando as competências únicas de cada território acaba-se por reduzir sua gestão a algo cada vez mais mecânico.

Na tentativa de buscar parâmetros que permitam a elaboração de políticas públicas que se adequem às especificidades características dos territórios, Schejtman e Berdegué (2003) indicam a necessidade de estas contemplarem, em linhas gerais, os seguintes aspectos: *a*) interdependência entre a transformação produtiva e o desenvolvimento institucional; *b*) tal transformação produtiva não pode se traduzir em um processo excludente; *c*) o território caracteriza-se como uma construção social; *d*) é necessário reconhecer a heterogeneidade entre territórios; *e*) a heterogeneidade dos agentes inseridos no território; *f*) rotas de saída da pobreza (que, para as regiões especificamente rurais se traduz em ampliar a eficiência em termos das atividades agropecuárias, do emprego rural não-agrícola e da migração); *g*) complexidade dos arranjos institucionais que assistem os planos de desenvolvimento, de modo a enfrentar os problemas de maneira plural e interinstitucional; e *h*) ter em perspectiva que planos de desenvolvimento devem adotar uma perspectiva de longo prazo.

Como bem observa Ortega (2008, p. 29), as estratégias imbuídas de certo princípio *descentralizador* no que se refere ao processo de tomada de decisão são necessárias enquanto elementos de política alternativos. A construção de projetos sob o enfoque territorial devem se inserir em um quadro abrangente, fugindo das abordagens estritamente do tipo *top-down* (estratégias planejadas “de cima para baixo”, geralmente a partir de governos federais centralizados, sem a participação efetiva e direta dos agentes que serão afetados por tais políticas e frequentemente mais afeitas a ganhos de eficiência econômica, em detrimento de melhorias sociais). Alternativamente – e em complemento às primeiras – as estratégias do tipo *bottom-up* devem ser incentivadas enquanto abordagens mais integradoras de entes públicos e sociedade.

(...) [a estratégia *bottom-up*] caracteriza-se pelas parcerias governo-sociedade local, apresentando um maior potencial para o desenvolvimento social. Isto porque a descentralização do planejamento exige uma maior organização da comunidade, aumentando a sua participação nas diretrizes que a localidade deve seguir. Desta

forma, nesse segundo tipo de estratégia, há: 1. Uma **maior preocupação com aspectos sociais da localidade**; 2. Um **maior reconhecimento das necessidades** das famílias e das características **locais** (...); 3. Um **maior comprometimento da comunidade** com o êxito dos programas implementados (ORTEGA, 2008, p. 30, grifos não presentes no original).

Dizer isso é afirmar que a estratégia *bottom-up* incentiva os atores locais a refletir os problemas de suas localidades, envolvendo-os de maneira positiva no processo de tomada de decisão e aprofundando os laços de identidade e cooperação. Fomenta “a democracia local, além de elevar a consciência da comunidade sobre sua responsabilidade social, conferindo, dessa maneira, maior legitimidade e eficácia aos modelos locais de desenvolvimento” (ORTEGA, 2008, p. 30).

Fica claro, dessa maneira, que a estratégia *bottom-up* é elemento fundamental para o estabelecimento do enfoque territorial como abordagem alternativa de desenvolvimento. Cabe, aqui, ressaltar que ela não é a única estratégia relevante; a descentralização deve atuar *pari passu* a outras estratégias mais centralizadoras. Em poucos termos, é preciso combinar *bottom-up* e *top-down* quando se procura avançar rumo a um modelo integrado de desenvolvimento local. Saquet (2011) também considera a necessidade de integração entre políticas públicas e autonomia rumo à valorização do patrimônio territorial de cada lugar.

Em cada território, em virtude das territorialidades, a autoorganização é um elemento endógeno que as políticas públicas de desenvolvimento devem considerar e governar. Há dotações naturais e sociais de cada território que estão em constante conexão estimulando a *governance* como processo de coordenação de atores, grupos e instituições com certa autonomia em favor do desenvolvimento sustentável a partir de políticas públicas em redes de cooperações (SAQUET, 2011, p. 96).

Leff (2004) percebe as estratégias de construção de novas territorialidades como respostas à crise do projeto de modernidade – simbolizado, sobretudo, pela racionalidade econômica de primazia do mercado. Transformando as relações da cultura com a natureza, as novas territorialidades permitem a emergência de propostas para a construção de novas racionalidades produtivas e novas estratégias de manejo de potenciais ecológicos e reapropriação cultural da natureza (LEFF, 2004, p. 507).

A partir da literatura que conforma esta seção, o Quadro 11 materializa o esforço de elencar resumidamente alguns elementos constitutivos do ET em contraposto ao que se entende por enfoque tradicional.

Quadro 11 - Enfoque Territorial e Tradicional: diferenças fundamentais.

Elemento	Enfoque Tradicional	Enfoque Territorial
Abordagem geral	Setorial	Multidimensional/Sistêmica
Objetivo geral	Crescimento	Desenvolvimento/Integração
Objetivo específico	Crescimento do produto/integração econômica	Integração econômica/equidade social/sustentabilidade ambiental
Visão dos problemas	Reducionista/linear/economicista	Multidisciplinar/holística
Noção temporal	Curto prazo	Longo prazo
Unidade de planejamento	Setor	Território
Noção de território	Espaço físico/ fonte de vantagens competitivas	Fonte de vantagens competitivas/construção sociocultural inserida no espaço físico
Elemento de coesão espacial	Economia	Economia/Identidade/Pertencimento/Cultura/História
Estratégia de planejamento	<i>Top-down</i> /centralizada	<i>Top-down e bottom-up</i> / descentralizada
Busca explorar	Vantagens comparativas/especialização	Vantagens comparativas/Sinergias/ Complementaridades
Estratégia competitiva principal	Especialização	Diversificação/Especialização Flexível
Princípio norteador de eficiência	Competitividade	Competitividade e Cooperação
Natureza dos agentes e processos	Homogênea	Heterogênea
Papel de comunidades locais	Passivo/" <i>policy-takers</i> "	Ativo/Influenciam políticas
Relação com meio-ambiente	Extrativista/Exploradora	Elemento constitutivo do território e deve ser preservado/exploração sustentável

Fonte: Elaboração própria a partir de Brasil (2005), Ortega (2008), Raffestin (2009), Saquet (2009, 2011), Schejtman; Berdegú (2003).

Capítulo 2 – Convergência do referencial teórico-conceitual rumo à construção de um modelo de análise para ecossistemas industriais integrados ao desenvolvimento local.

A partir do pressuposto de que os enfoques teórico-conceituais previamente analisados no Capítulo 1 possuem elementos que se tangenciam, este capítulo busca mostrar esta construção. Ademais, entende-se que tais elementos podem subsidiar a construção de um modelo que visualize um arranjo industrial como instrumento relevante de promoção ao desenvolvimento da localidade onde se insere. Na seção 2.1 é realizado o esforço de convergência do referencial, ao passo que na seção 2.2 é apresentado o modelo de análise.

2.1. Convergência do Referencial.

A análise global realizada no Capítulo 1 permite elencar elementos convergentes entre os enfoques abordados ao longo desta exposição, ao mesmo tempo justificando a utilização dos mesmos para a construção do modelo de análise que se propõe com a dissertação. O Quadro 12 ilustra o esforço de frisar os elementos convergentes entre o Enfoque Territorial, o Paradigma Centrado na Sustentabilidade, a Ecologia Industrial e o Ecossistema Industrial.

Quadro 12 - Enfoque Territorial, Paradigma Centrado na Sustentabilidade, Ecologia Industrial e Ecossistemas Industriais: elementos convergentes.

Características	Enfoque Territorial	Paradigma Centrado Na Sustentabilidade	Ecologia Industrial/ Ecossistemas Industriais
Abordagem Geral	Multidimensional/Sistêmica/Holística	Multidimensional/Sistêmica	Multidimensional/Sistêmica
Objetivo Geral	Desenvolvimento amplo	Crescimento Econômico, Equidade Social, Sustentabilidade Ambiental/ Integração	Crescimento integrado/ redução de impactos ambientais
Visão dos problemas e soluções	Multidisciplinar	Multidisciplinar	Sistêmica/Multidisciplinar
Visão temporal	Longo Prazo	Longo Prazo/Gradualismo	Longo Prazo/Gradualismo
Elemento de coesão/identidade	Território (construção natural, social e cultural)	Meio ambiente natural/ necessidade de redução de impactos ambientais	Arranjo industrial/ necessidade de redução de impactos ambientais
Escala de Planejamento	Local/Regional/Territorial	Local/ Regional/ Global	Local/Regional
Estratégia de Planejamento	<i>Top-down e bottom-up/descentralizada/concertada</i>	<i>Top-down e bottom-up</i>	<i>Top Down e bottom-up/ Múltiplosatores</i>
Busca explorar	Vantagens comparativas e competitivas/Sinergias/Complementaridades/especificidades territoriais	Desenvolvimento sustentável	Vantagens comparativas e competitivas/ Complementaridades inter e intra firmas

(Continua...)

(...continuação)

Características	Enfoque Territorial	Paradigma Centrado Na Sustentabilidade	Ecologia Industrial/ Ecosistemas Industriais
Princípio econômico	Progresso	Economia Verde	Economia Verde/Crescimento
Princípio de eficiência	Competitividade/ Diversidade / Cooperação/ Participação/ Integração	Cooperação/ Integração/ Redução de impactos ambientais	Competitividade/ Diversidade/ Cooperação/ Integração / Redução de impactos ambientais
Natureza de agentes e processos	Heterogênea	Heterogênea	Heterogênea
Papel de atores locais	Ativo / Catalisador de mudanças	Ativo / Catalisador de Mudanças	Ativo
Capital natural	Intrínseco ao território/ conservar/ manter	Conservar/ manter	Conservar/ manter
Relação natureza-sociedade-economia	Interdependência/Elemento norteador de estratégias/Exploração Sustentável	Interdependência/Elemento norteador de estratégias/Exploração Sustentável	Interdependência/Elemento norteador de estratégias/Exploração Sustentável

Fonte: Elaboração própria.

O que o Quadro 12 busca salientar é que tais abordagens são complementares na medida em que aspectos-chaves se assemelham. A abordagem geral, os princípios, os objetivos e estratégias, bem como a visão de mundo de cada um dos enfoques trabalhados convergem rumo a um paradigma holístico que busca explorar as sinergias, a cooperação e a integração entre agentes rumo a um padrão de desenvolvimento que gere impactos cada vez menores sobre o meio ambiente natural. Destaca-se que todas as abordagens inserem-se numa proposta de desenvolvimento que faz contraponto aos enfoques tradicionais.

Primeiramente, há de destacar as *novas abordagens de desenvolvimento* baseadas em conceitos como sustentabilidade, complexidade e transdisciplinaridade. Allenby (1992) destaca que o conceito de desenvolvimento sustentável conforme adotado no Relatório Brundtland é bastante impreciso²⁷ e explicita a necessidade de se definir um “estado final”. Contudo, em sistemas complexos e dinâmicos – tal como a economia global – dificilmente se alcança um estado final equilibrado e estático. A partir dessas considerações, propõe que o desenvolvimento sustentável deva ser encarado como *verbo* e não como *substantivo*; é preciso encarar o desenvolvimento sustentável como processo dinâmico e contínuo.

Iyer-Raniga e Treloar (2000) destacam que as abordagens de desenvolvimento tradicionais se embasam a partir de interpretações *mecanicistas* da realidade – o que seria

²⁷ Embora Sawyer (2011, p. 37) destaque que o conceito adotado no Relatório tenha tido algum sucesso ao ser consagrado pelos representantes globais e que “qualquer linguagem diplomática consensual, ainda mais quando acordada globalmente, é necessariamente vaga”.

totalmente adequado para problemas simples e lineares, mas não para os complexos. As relações são, em sua maioria, não-lineares e o ambiente é dinâmico e variável. Por isso se fazem necessárias abordagens de desenvolvimento que considerem a evolução e a co-evolução dos componentes do sistema, uma vez que estes interagem entre si e com o sistema de maneira não-linear. O desenvolvimento deve, portanto, contemplar os aspectos evolutivos e a complexidade dos elementos sociais e ecológicos. O conflito e a incerteza se fazem presentes e, a partir disso, o processo de *aprendizado* ganha relevância, estando na base de qualquer processo evolutivo. Logo, indivíduos e sociedade devem se inserir em um contínuo processo de aprendizado para a atingir a evolução e, portanto, a sustentabilidade.

Em segundo lugar, há de levar em consideração o papel da *localidade* e da *participação* dentro das novas propostas de desenvolvimento. Andrews (1999) ajuda na aproximação conceitual entre as abordagens – ainda que não o faça objetivamente, nem trabalhe com o ET – ao afirmar que o fluxo de matéria e energia da comunidade industrial como um todo é algo que interessa aos tomadores de decisão locais uma vez que é *localmente* que são sentidos os efeitos em termos de saúde e segurança públicas, qualidade ambiental, utilização de recursos, tratamento de resíduos, etc. Se o processo de tomada de decisão é realizado localmente, um ESI colabora com o aspecto *bottom-up*, através de decisões descentralizadas e interdependentes, relacionando os variados atores locais.

Ainda sobre a importância do local, Leff (2004) destaca com precisão:

É em nível local que se definem as racionalidades ambientais de uma nova racionalidade produtiva que orienta a co-evolução ecológico-cultural através de estratégias de manejo sustentável dos recursos naturais. (...) Cada cultura deverá delimitar e dar sentido ao sistema de recursos naturais e tecnológicos que constituem suas formas de apropriação e transformação da natureza. A construção de uma racionalidade ambiental apresenta, assim, a articulação das economias regionais e locais à ordem global. (LEFF, 2004, p. 264).

O papel da *participação* e a importância de *processos descentralizadores* e promotores de *empoderamento* também são frisados em Iyer-Raniga e Treloar (2000) – o debate aberto e coordenado entre governos locais e população é fundamental uma vez que há troca de saberes e compartilhamento de responsabilidades. A **co-evolução** entre social e natural passa por processos de envolvimento da população local nos processos de tomada de decisão, segundo os autores – o que explicita a limitação das estratégias estritamente *top-down*.

Também sustentando que a EI pode ser encarada como um enfoque de desenvolvimento local, Côté e Cohen-Rosenthal (1998) discutem sobre o papel de um ESI em uma comunidade local. Segundo os autores, tais arranjos podem ser encarados como uma estratégia desejável

para restaurar as condições econômicas e sociais de determinada região bem como adicionar valor em termos de qualidade de vida, empregos de qualidade, incentivos à educação e ao engajamento comunitário. Visão que se aproxima com a de Saquet (2011, p.75) quando este afirma que “com suas redes, as empresas podem mudar um território, [e] provocar mudanças significativas no arranjo socioespacial”.

Leff (2004) salienta que as discussões propostas pela economia política deslocam-se para algo que chama de *ecologia política*, na qual “os antagonismos das lutas sociais se definem em termos de identidade, territorialidade e sustentabilidade” (LEFF, 2004, p. 149). Em outros termos, o autor afirma que aqueles elementos inseridos dentro do ET ganham importância na medida em que, a um só tempo, se convertem em conceitos políticos e questionam as formas de apropriação econômica da natureza. O território, segundo o autor é o *locus* da reconstrução e da valorização das identidades e dos recursos naturais, bem como das novas estratégias de reapropriação da natureza; os conceitos de “território-região funcionam como lugares-suporte para a reconstrução de identidades enraizadas em práticas culturais e racionalidades produtivas sustentáveis” (LEFF, 2004, p. 318). Mais ainda,

A sustentabilidade está enraizada em bases ecológicas, identidades culturais e em territórios de vida; desdobra-se no espaço social, onde os atores sociais exercem seu poder de controle da degradação ambiental e mobilizam potenciais ambientais em projetos auto-gerenciados para satisfazer as necessidades e aspirações que a globalização econômica não pode cumprir (LEFF, 2004, p. 157).

Contudo, ainda que haja uma série de elementos convergentes entre os enfoques, chama-se a atenção para a existência de outros que não necessariamente se assemelham. Exemplo disso é a escala de planejamento entre as abordagens. O Paradigma Centrado na Sustentabilidade busca modos de planejamento e ação em escalas múltiplas que variam do local ao global, dado que externalidades ambientais têm a capacidade de afetar comunidades em escalas variáveis. Por outro lado, o Enfoque Territorial e a Ecologia Industrial/Eossistema Industrial, apesar de também serem multiescalares, têm o foco de ação voltado essencialmente ao local/regional. Ademais, se analisadas as estratégias de planejamento, percebe-se que a concertação, elemento central para o Enfoque Territorial, não necessariamente é utilizado nas outras abordagens.

2.2. O modelo de análise.

A partir da literatura previamente analisada, propõe-se o modelo do Quadro 13. As dezoito variáveis descritas pelo modelo são divididas em três níveis de análise: *i*) macro-análise; *ii*) meso-análise; e *iii*) micro-análise (identificadas na primeira coluna). É importante salientar que é possível que alguns aspectos contemplados no modelo transcendam a apenas um nível de análise estando imbricados no funcionamento do sistema sob análise.

Quadro 13 - Modelo de Análise: Ecossistema Industrial como elemento de desenvolvimento.

I. Macro-análise - elementos institucionais, políticos e incentivos.	1. Política Des. Territorial 2. Política Macro-setorial (industrial, ambiental, agrícola, agroenergética, etc.) 3. Política Macroeconômica 4. Incentivo governamental (nacional e sub-nacionais) 5. Estrutura de representação de classe
II. Meso-análise - aspectos econômicos, ambientais e sociais em âmbito regional e local.	A. AMBIENTAL 6. Disponibilidade de Recursos Naturais 7. Ganhos ambientais B. ECONÔMICO 8. Diversificação econômica 9. Disponibilidade de fatores de produção 10. Infra-estrutura 11. Agente central 12. Proximidade Geográfica C. SOCIAL 13. Geração de empregos 14. Grupos de Concertação Local 15. Afinidade histórico-cultural
III. Micro-análise - práticas e desempenho econômico no âmbito da firma.	16. Simbiose Industrial 17. Práticas de produção mais limpa 18. Ganhos econômicos

Fonte: Elaboração própria.

Quanto às variáveis identificadas na segunda coluna do quadro, estas devem ser interpretadas em termos de como condicionam a conformação e evolução do ESI. Muito além de presença ou ausência de determinada variável, ou se esta permite ou não a conformação do arranjo, deve-se levar em consideração se ela condiciona a ação do ESI rumo a um modelo integrado de promoção de desenvolvimento local e regional. Há ainda o reconhecimento de

que cada variável ou nível analítico exige métodos e ferramentas de pesquisa distintos, assim como formas de análise que podem variar quanto ao grau de profundidade - isso evidencia a complexidade de aplicação do modelo. Longe de tentar reduzir a análise proposta pela EI e ET a poucas variáveis, busca-se com o modelo revelar a complexidade, a multidimensionalidade e a profundidade requeridas e preconizadas pelos enfoques combinados.

No nível I aglutinam-se as *características que condicionam o funcionamento dos níveis II e III*. Entende-se que aspectos em termos de políticas públicas de crescimento e desenvolvimento, assim como a estrutura de representação de classe que media todas essas relações são aspectos que **estruturam** o funcionamento do que ocorre nos níveis regional, local e organizacional e permitem o **estabelecimento** dos ESIs. Há de se considerar ainda, os aspectos legais e regulatórios subjacentes a cada um desses elementos. As variáveis que devem ser analisadas dentro desse grupo são: 1) política de desenvolvimento sob o ET; 2) políticas macro-setoriais; 3) política macroeconômica; 4) incentivos governamentais diretos; 5) estrutura de representação de classe.

1. *Política de desenvolvimento sob o ET*: dentro desta variável procura-se analisar como são estruturadas as políticas de desenvolvimento sob o ET e como estas incentivam a conformação e evolução dos arranjos enquanto instrumentos de desenvolvimento regional e local. Esse tipo de política, distintamente das políticas setoriais, possui uma visão mais holística a respeito dos problemas regionais e locais, propondo, ao mesmo tempo, formas de enfrentamento que explorem as sinergias e vantagens locais. Em razão de ser um instrumento de política recente em muitos países, é possível que esta política não se apresente como um aspecto relevante para a análise de ESI, embora seja imprescindível para que se tenha uma visão ampla de desenvolvimento para espaços regionais.

2. *Políticas macro-setoriais*: com esta variável busca-se analisar as políticas mais voltadas a setores específicos, do tipo *top-down*. Aqui entram as políticas industriais e ambientais voltadas aos setores relevantes ao complexo, políticas agrícolas e agroenergéticas (para o caso de ESIs integrados ao setor primário, por exemplo), entre outras. Tais políticas condicionam o processo de tomada de decisão dos agentes em nível meso e micro e seus impactos não devem ser desconsiderados²⁸.

²⁸ É o que ocorre na Coreia do Sul, segundo Park *et al.* (2008), onde políticas ambientais, energéticas e industriais tem estimulado a conformação de um ESI na cidade de Ulsan, litoral sudoeste do país.

3. *Política macroeconômica*: com esta variável busca-se captar os efeitos da política macroeconômica - em seus aspectos monetário, cambial, fiscal e balanço de pagamentos - sobre os setores envolvidos no ESI²⁹. Ao analisar o caso de um ESI em Barceloneta, em Porto Rico, Ashton (2009) imputa ao que chama de “contexto nacional”, assim como a forma de relação entre firmas em uma região, grande relevância para as estratégias

4. *Incentivos governamentais diretos*: observa-se aqui os incentivos fiscais, concessão de estrutura física, mediação entre indústrias, entre outros aspectos, que denotam uma ação direta de entes governamentais na localidade onde se estabelecem os ESIs³⁰.

5. *Estrutura de representação de classe*: esta variável é entendida como a presença de grupos ou associações formalmente instituídos e que buscam realizar as mediações políticas entre - e dentro dos - níveis meso, micro e macro. É essencial compreender como a dinâmica política advinda da relação desses grupos de representação (associações de produtores, sindicatos, confederações e câmaras setoriais, entre outros) cristalizam-se dentro do arranjo. A representação e a mediação política entre atores e instituições está contemplada nesta variável.

Dentro da macrovariável II – meso-análise – estão elencados aspectos econômicos, ambientais e sociais em âmbito regional e local. Nesse nível, para além dos aspectos macro-institucionais, alguns aspectos concretos são relevantes para que o arranjo **se estabeleça e possa agir** como um elemento que possibilite o desenvolvimento das áreas onde se insere. Do ponto de vista ambiental:

6. *Disponibilidade de recursos naturais*: a disponibilidade de recursos no nível regional/local é elemento chave para a dinâmica econômica daquele espaço. A identidade econômica e territorial da região é condicionada fortemente por tal disponibilidade, dado que, em muitos casos, é da base de recursos naturais que advêm as vantagens comparativas e competitivas de determinado espaço. O argumento pode ser estendido para o estabelecimento de ESIs; muitos arranjos surgem a partir da exploração de recursos naturais regionais/locais. Analisar o papel e a natureza da relação entre tais recursos e os ESIs é essencial para que se possa vislumbrar a inserção destes dentro de um contexto de desenvolvimento.

7. *Ganhos ambientais*: analisar a relação entre ESIs e recursos naturais passa pela constatação dos ganhos ambientais advindos da ação desses arranjos. Uma vez que

²⁹ Há casos onde mudanças em termos macroeconômicos foram cruciais na dinâmica dos ESIs, a exemplo do que ocorreu no ESI de Hai Hua, em Weifang, litoral norte da China. Mudanças na forma como foi conduzida a política macroeconômica chinesa fez com que algumas barreiras institucionais fossem derrubadas e permitissem a constituição do arranjo (Liu, Ma e Zhang, 2012).

³⁰ Em Liu, Ma e Zhang (2012) e Veiga e Magrini (2009), estão exemplos de ESI situados na China e Brasil, respectivamente, que reportam grande importância ao incentivo governamental para o estabelecimento do ESI.

preconizam a diminuição da intensidade de utilização de recursos e a maior integração com o ambiente sócio-ambiental, os ESIs devem promover a resiliência de ecossistemas naturais a partir da preservação e restauração de fauna, flora e recursos minerais nativos. Sem tais ganhos é impossível imaginar um arranjo que promova o desenvolvimento sustentável do espaço.

Do ponto de vista econômico, é crucial que se analisem a disponibilidade de alguns elementos, assim como a promoção, por parte dos arranjos, do desenvolvimento desses mesmos aspectos. É importante ter em perspectiva que os três elementos abaixo, assim como os recursos naturais, podem ser fontes significativas de vantagens competitivas e comparativas fornecidas pelo espaço regional/local. Por essa razão, é relevante que o arranjo permita o desenvolvimento de todos eles.

8. *Diversificação econômica*: diz respeito à diversidade de setores e indústrias, o que, por sua vez, se traduz em multiplicidade de atores econômicos – e de seus respectivos fluxos de matéria e energia. Em suma, tal diversidade é pré-condição para que as trocas sejam realizadas e as sinergias exploradas.

9. *Disponibilidade de fatores de produção*: se refere à disponibilidade e natureza dos fatores de produção - trabalho e capital. Especificidades referentes à disponibilidade de mão de obra ou estrutura de financiamento para capital físico ditam os rumos de arranjos industriais de qualquer categoria. Analisar, portanto, a dinâmica da disponibilidade e acesso à fatores de produção é essencial.

10. *Infraestrutura*: assim como é essencial entender a qualidade e disponibilidade dos fatores de produção, o mesmo pode se dizer da infraestrutura física do ambiente em que a firma se insere – disponibilidade de energia e aspectos logísticos são aspectos importantes para que o arranjo possa se estabelecer. Ademais, pode-se considerar aqui, estruturas físicas que suportem o processo de simbiose industrial, a exemplo de plantas de purificação de resíduos, sistemas de tubulação, entre outros.

Outros aspectos importantes relacionados aos ESI em nível local e recorrentemente presentes na literatura:

11. *Agente Central*: arranjos do tipo ESI são frequentemente ancorados por um agente ou atividade central, a exemplo de usinas de cogeração de energia (e.g. Kalundborg), setores dinâmicos (e.g. agroindústrias) ou relação simbiótica central (e.g. troca de excedente de eletricidade por insumos brutos).

12. *Proximidade geográfica*: Ademais, como a troca de matéria e energia envolve custos advindos das especificidades de cada tipo de material, é imprescindível que as firmas envolvidas em um arranjo do tipo ESI estejam localizadas próximas umas das outras. Tal proximidade permite o compartilhamento de estruturas e processos, facilitando a cooperação. Grandes distâncias podem minar a capacidade de o arranjo prover ganhos ambientais e econômicos, conforme destaca Korhonen (2001a).

Do ponto de vista *social*, a meso-análise pode ser encarada sob três aspectos:

13. *Geração de Empregos*: a forma mais concreta de contribuição social realizada por qualquer empreendimento é a geração de empregos; e é esse o único aspecto analisado em estudos que procuram perceber os ganhos sociais de qualquer estratégia econômica. É imprescindível que um ESI gere empregos de qualidade³¹, garantindo boa remuneração e condições dignas de trabalho para a população local. Além disso, o arranjo deve contribuir, como já afirmado, para o aprimoramento da mão de obra, garantindo um cenário de evolução social.

14. *Grupos de Concertação Local*: o ET nos permite vislumbrar outros tipos de ganhos, a exemplo do incentivo à concertação e participação comunitária. Há casos onde a organização comunitária é aspecto chave para a conformação de qualquer estratégia de desenvolvimento³². Incentivar isso permite o fortalecimento da identidade local, bem como aproxima o arranjo da comunidade a qual se relaciona diretamente. Mais que fonte de força de trabalho, a comunidade local deve ser encarada como *stakeholder* importante, afetando – e sendo afetadas pela – as estratégias da firma.

15. *Afinidade Histórico-Cultural*: se a firma se aproxima da comunidade local, a afinidade histórico-cultural pode ser construída. O ET enfatiza a importância dos laços histórico-culturais como elemento constituinte do território. Portanto, é impossível encarar o ESI como elemento de desenvolvimento regional/local/territorial, sem que este tenha – ou ao menos ajude a construir – laços de identificação cultural com a comunidade. A relação entre o arranjo e a comunidade não deve ser apenas de exploração dos recursos humanos e naturais,

³¹ O que se entende por “emprego de qualidade” se aproxima do conceito de “trabalho decente” utilizado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) e pela Agenda Nacional de Trabalho Decente: “um trabalho adequadamente remunerado, exercido em condições de liberdade, equidade e segurança, capaz de garantir uma vida digna” (BRASIL, 2006, p. 5). Tal conceito assenta-se em princípios como: respeito às normas e direitos fundamentais do trabalho, liberdade sindical e reconhecimento efetivo do direito de negociação coletiva, eliminação de todas as formas de trabalho forçado, abolição efetiva do trabalho infantil, eliminação de todas as formas de discriminação, extensão da proteção social e promoção do diálogo social.

³² É o caso dos ESIs de *Portof Cape Charles* e de *Devens*, ambos nos EUA. O engajamento da comunidade local em torno de um projeto de desenvolvimento para as áreas em questão, através de consultas e participação direta, foi primordial para o estabelecimento dos arranjos (Deutz; Gibbs, 2004).

mas de complementaridade. Medir esse tipo de afinidade é tarefa complexa; contudo, uma indicação de afinidade cultural poderia ser o tempo em que a atividade está inserida no local. É razoável admitir que atividades já estabelecidas há décadas em determinado espaço sejam elementos já enraizados na cultura do lugar, ajudando a condicionar – positiva ou negativamente – a cultura local, e igualmente sendo afetados por ela. Outra forma de se analisar esta variável é a forma e intensidade com que as firmas do arranjo contribuem para a melhoria dos quadros humanos e a qualidade de vida da população local em planos que incentivem ou possibilitem o lazer, a educação, saúde, etc.

Dentro da micro-análise, agrupam-se os aspectos no *âmbito das firmas* que as permitem agir como um ESI:

16. Simbiose Industrial: A SI é o processo mais fundamental de um ESI; o fechamento de ciclo, a exploração de sinergias e a cooperação se concretizam através da simbiose industrial. Para análise desse aspecto, é importante contemplar a disponibilidade de matéria e energia passível de intercâmbio, bem como a existência de fluxos de troca concreta. Ademais, é importante saber sobre a disposição por parte das firmas em cooperar com os outros agentes do sistema social e econômico, a partir do entendimento da natureza da comunicação e da integração inter-firmas.

17. Práticas de produção mais limpa: dentro dessa variável, elencam-se outros processos de fechamento de ciclo de matéria e energia, de diminuição da intensidade de uso de recursos naturais e de redução de impactos advindos do processo produtivo, a exemplo da introdução de análise de ciclo do produto, entre outros.

18. Ganhos econômicos: este aspecto é imprescindível para que as firmas possam continuar se reproduzindo enquanto negócio; o sucesso de um ESI não advém somente de seu desempenho ambiental, mas também de sua habilidade de competir no mercado (Coté; Cohen-Rosenthal, 1998). Aqui, a redução de custos advindos das práticas previamente citadas é um elemento relevante. Outros aspectos podem ser analisados em termos de aumento de produtividade, inovação, fatia de mercado e imagem.

De maneira sucinta, o Quadro 14 congrega as características de cada uma das variáveis do modelo:

Quadro 14 - Características resumidas do Modelo de Análise proposto no Quadro 13.

Variável	Características
I. Macroanálise	Elementos macro-institucionais que condicionam o funcionamento dos níveis II e III.
1. Política Des. Territorial	Política pública sob o enfoque territorial e como estas incentivam a conformação e evolução dos arranjos enquanto instrumentos de desenvolvimento regional e local
2. Política Macro-setorial	Políticas mais voltadas a setores específicos, do tipo <i>top-down</i> (industrial, ambiental, agrícola, agroenergética, etc.)
3. Política Macroeconômica	Política macroeconômica (monetária, cambial, fiscal e balanço de pagamentos) e seus efeitos sobre os setores envolvidos no ESI
4. Incentivo governamental	Incentivos fiscais, concessão de estrutura física, mediação entre indústrias, entre outros aspectos, que denotam uma ação direta de entes governamentais (nacional e sub-nacional)
5. Estrutura de representação de classe	Grupos ou associações formalmente constituídos (associações de produtores, sindicatos, confederações e câmaras setoriais, etc.), que mediam e representam politicamente os diversos atores e instituições e suas inter-relações
II. Mesoanálise	Aspectos concretos (ambientais, econômicos e sociais, em escala regional e/ou local) para que o arranjo se estabeleça e possa agir como um elemento que possibilite o desenvolvimento das áreas onde se insere
6. Disponibilidade de Recursos Naturais	Papel e a natureza da relação entre os recursos naturais regionais/locais e os ESIs; como o meio ambiente se relaciona a economia a sociedade
7. Ganhos ambientais	Constatação dos ganhos ambientais advindos da ação dos ESIs: preservação, restauração e diminuição de impactos negativos
8. Diversificação econômica-industrial	Diversidade de setores e indústrias; multiplicidade de atores econômicos – e de seus respectivos fluxos de matéria e energia
9. Disponibilidade de fatores de produção	Disponibilidade e natureza dos fatores de produção trabalho e capital
10. Infraestrutura	Disponibilidade de infraestrutura: energia, logística e formação de mão de obra.
11. Agente Central	Agente, atividade, setor ou relação que possa ancorar a conformação de um arranjo industrial
12. Proximidade Geográfica	Proximidade entre firmas que permita o compartilhamento de estruturas e processos
13. Geração de empregos	Geração de empregos de qualidade à população local
14. Grupos de Concertação Local	Relação entre arranjo e grupos de concertação e participação comunitária; incentivo à conformação de tais arranjos
15. Afinidade histórico-cultural	Grau de complementaridade cultural entre arranjo e comunidade local (tempo em que atua no local, fomento de atividades que contribuam para a evolução mais ampla da comunidade, etc.)

(Continua...)

(...continuação)

Variável	Características
III. Microanálise	Aspectos no âmbito das firmas que as permitem agir como um Ecosistema Industrial
16. Simbiose industrial	Disponibilidade de matéria e energia passível de intercâmbio; existência de fluxos de troca concreta; disposição por parte das firmas em cooperar com os outros agentes do sistema social e econômico
17. Práticas de produção mais limpa	Outros práticas de fechamento de ciclo de matéria e energia (diminuição da intensidade de uso de recursos naturais, redução de impactos advindos do processo produtivo, certificações, etc.)
18. Ganhos econômicos	Habilidade de competir no mercado e continuar funcionando como negócio (redução de custos, ampliação de margens e fatia de mercado, etc.)

Fonte: Elaboração própria.

Capítulo 3 – O complexo sucroalcooleiro.

O setor sucroalcooleiro atual é herdeiro de uma tradição secular advinda desde o auge do ciclo da cana-de-açúcar no Brasil-colônia a partir do século XVI. A planta, de origem asiática, encontrou nos solos brasileiros potencial para se tornar a base de uma cadeia produtiva importante, condicionando os rumos da exploração econômica colonial. Já em fins do século XX e início do XXI, a cana-de-açúcar volta a ter relevância econômica ao fundamentar uma nova cadeia produtiva, baseada, agora, em uma diversidade de produtos além do açúcar. A evolução tecno-produtiva permitiu ao setor, ainda na década de 1980 do século XX, criar, além do açúcar, o álcool combustível em escalas industriais, graças a iniciativas como o Proálcool.

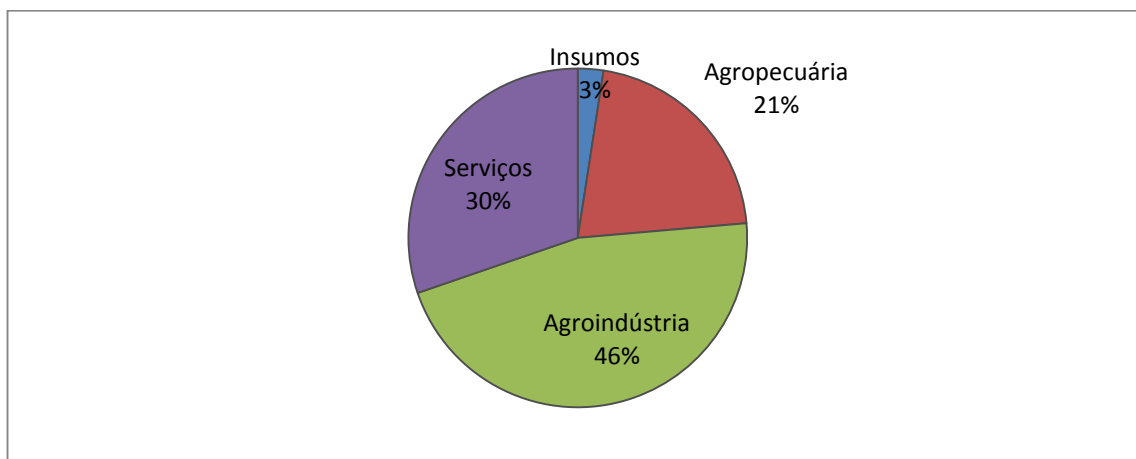
Após alguns anos de declínio – especialmente durante a década de 1990 – o setor, atualmente, se beneficia uma vez mais da evolução tecnológica e institucional em ramos diversos (a exemplo das inovações nos ramos da química, mecânica e agronomia, bem como aspectos relacionados ao marco legal que regulamenta o setor e mesmo às pressões por matrizes energéticas mais limpas) que permitiu a um só tempo *i*) ganhos em produtividade na produção de cana-de-açúcar, etanol e açúcar; *ii*) ampliação da demanda por combustível e açúcar graças, respectivamente, ao advento dos motores automotivos do tipo *flex* e da alteração do perfil de consumo de alimentos em várias partes do mundo; *iii*) evolução de processos inerentes à cadeia produtiva, rumo a um padrão de produção mais eficiente e limpo, a exemplo da reutilização de sub-produtos dentro da própria cadeia, reduzindo externalidades ambientais; e *iv*) diversificação dos produtos derivados da cadeia produtiva sucroalcooleira, rumo a produtos mais sofisticados como leveduras, polímeros, solventes e eletricidade – utilizados graças a inovações no campo da bioquímica e alcoolquímica- e, ainda, créditos de carbono – permitidos graças a evolução institucional no campo da proteção ambiental.

Este capítulo objetiva apresentar o complexo sucroalcooleiro a partir de três sub-seções. Na seção 3.1 há uma visão geral do complexo, a partir de uma série de considerações econômicas do mesmo. Nas seções 3.2 e 3.3 analisam-se, respectivamente, os insumos e os produtos e sub-produtos relacionados à produção do setor. Estas últimas seções objetivam apreender os fluxos e o manejo de matéria e energia dentro do complexo com vistas a entender o mesmo à luz de conceitos como simbiose industrial e fechamento de ciclo.

3.1. Complexo sucroalcooleiro – visão geral.

É este setor altamente eficiente do ponto de vista econômico que surge a partir do início da primeira década do século XXI. Tal eficiência pode ser observada a partir do que é apresentado em Souza; Macedo (2009, p. 11): para o ano de 2008 o setor gerou um produto valorado em cerca de US\$ 28 bilhões – cerca de 2% do PIB nacional -, movimentando ao longo de todos os elos da cadeia US\$ 86 bilhões. Aproximadamente 24% desse valor é produzido antes da e na fazenda, ajudando a dinamizar setores diversos como o de fertilizantes e produtos químicos, auto-peças, veículos tratores, implementos agrícolas, combustível, equipamentos diversos, construção civil e automação (SOUZA; MACEDO, 2009, p. 12). A maior parte do valor movimentado – 76% - advém do processo de transformação e agregação de valor após a fazenda, beneficiando setores relacionados à produção e serviços (equipamentos industriais, serviços de manutenção, produtos químicos, sacarias, materiais de laboratório, processos de pesquisa e desenvolvimento, automação e instrumentação, etc.). O Gráfico 1 abaixo ilustra esse perfil – grande parte do que é gerado de valor dentro do complexo provém das fases de agroindústria e serviços.

Gráfico 1 - Participação de cada elo da cadeia no produto total do complexo sucroalcooleiro em 2008.



Fonte: Elaboração própria a partir de CEPEA (2011) e Souza; Macedo (2009).

De forma mais detalhada os números da Tabela 1³³ demonstram a evolução da produção da cadeia como um todo, bem como o valor gerado em cada um dos elos principais.

³³ Os números, em termos absolutos, diferem dos de Souza e Macedo (2009) por questões metodológicas. Contudo, as proporções de cada elo em relação ao total são semelhantes em ambos os trabalhos.

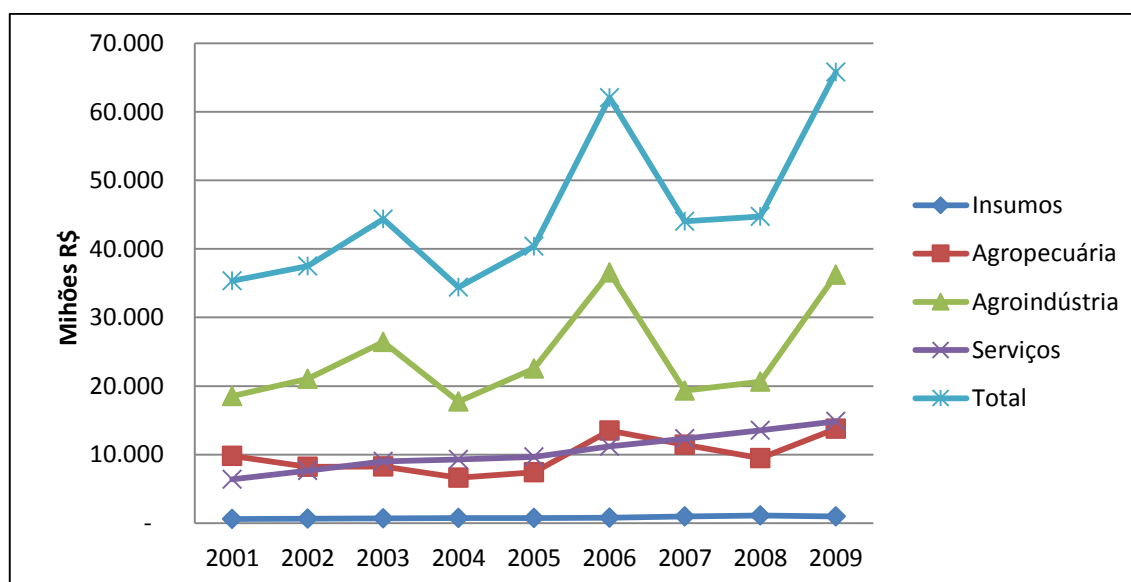
Tabela 1 - Produção do complexo sucroalcooleiro (R\$ milhões de 2007).

Ano	Insumos	Agropecuária	Agroindústria	Serviços	Total
2001	586	9.809	18.555	6.396	35.346
2002	637	8.187	21.045	7.643	37.512
2003	694	8.241	26.438	8.992	44.365
2004	748	6.616	17.729	9.303	34.396
2005	757	7.399	22.570	9.660	40.386
2006	787	13.501	36.549	11.206	62.043
2007	953	11.431	19.333	12.307	44.024
2008	1.090	9.475	20.625	13.541	44.731
2009	989	13.762	36.233	14.823	65.807

Fonte: Elaboração própria a partir de CEPEA (2011).

De forma alternativa, os números acima podem ser visualizados como no Gráfico 2, demonstrando que o perfil da evolução do complexo como um todo é bastante semelhante ao que acontece dentro da agroindústria, se comparado às fases anteriores do processo de transformação na usina (agropecuária e insumos). CEPEA (2011) demonstra que, entre o período de 2001 a 2009, o produto do setor como um todo cresceu 86%, ao passo que as fases da agroindústria e de serviços ampliaram-se à taxa de 95,2% e 131,7%, respectivamente.

Gráfico 2 - Evolução do PIB do complexo sucroalcooleiro: 2001 a 2009.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de CEPEA (2011).

Os benefícios econômicos gerados ao longo da cadeia são relevantes, conforme destaca BNDES e CGEE (2008): colocar em funcionamento uma unidade de processamento

de cana-de-açúcar com capacidade anual de 1 milhão de metros cúbicos, gera em investimentos, direta e indiretamente R\$ 119 milhões anuais. Outros números interessantes podem ser analisados a partir da Tabela 2. Para o ano de 2002, considerando os efeitos diretos, indiretos e induzidos, o processamento de 1 milhão de toneladas de cana-de-açúcar geraram aproximadamente 5.680 empregos, adicionando R\$ 171 milhões ao produto econômico (BNDES; CGEE, 2008).

Tabela 2 - Impactos diretos, indiretos e induzidos do processamento de um milhão de toneladas de cana-de-açúcar (2002).

Setor	Valor da produção (R\$ milhão)	Valor adicionado (R\$ milhão)	Empregos
Cana-de-açúcar	44,5	20,8	1467
Resto da agropecuária	14,3	8,1	697
Açúcar	8,0	2,7	31
Álcool	97,8	38,9	211
Eleticidade	6,8	7,3	37
Extrativa mineral	0,3	0,2	4
Siderurgia, mineração e metalurgia	7,1	2,1	48
Máquinas, veículos e peças	9,3	4,2	51
Petróleo e gás	29,5	12,1	12
Setor químico	13,9	4,7	41
Alimentos	15,4	3,1	93
Construção civil	1,3	0,8	23
Resto da transformação	16,8	5,7	287
Comércio e serviços	81,3	53,0	2679
Famílias	-	7,3	-
Total	346,3	171,0	5683

Fonte: BNDES; CGEE (2008, p. 216).

É razoável admitir que tais números sejam maiores passados uma década. Se considerados os dados da Tabela 1, entre 2002 e 2009, o setor cresceu 75,4%, além de ter se integrado ainda mais com outros setores como a álcoolquímica, farmacêutica e energia elétrica.

O perfil da capacidade de produção das usinas de processamento de cana-de-açúcar pode ser analisado na Tabela 3, o que dá uma breve indicação da capacidade de oferta do complexo. O perfil da estrutura de oferta é dominado por usinas que conseguem processar até 5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por safra – cerca de 89%. Destas, 44,5% processam

até 2 milhões de toneladas e 44,3% de 2 a 5 milhões de toneladas. As usinas do norte-nordeste são relativamente menores que as do resto país - 100% delas produzem até 2 milhões de toneladas.

Tabela 3 - Proporção de usinas quanto à capacidade produtiva (safra 2009/2010).

-	Até 2 milhões de t	De 2 a 5 milhões de t	Acima de 5 milhões de t
Brasil	44,5%	44,3%	11,2%
Centro-sul	38,4%	49,1%	12,5%
Norte-nordeste	100,0%	-	-
São Paulo	28,8%	54,0%	17,2%
Minas Gerais	51,0%	49,0%	-

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2012).

Quanto à utilização da capacidade de produção, dados da Tabela 4 demonstram que, na safra de 2007/2008, as usinas operavam com capacidade ociosa relativamente baixa – as usinas brasileiras, de maneira geral, operavam com 88,6% de sua capacidade produtiva (destaque para as instalações do estado de São Paulo, com 97%). Esse alto índice de utilização da capacidade instalada cai levemente na safra 2008/2009, tendo mais uma queda significativa na safra 2009/2010 em razão dos desdobramentos da crise financeira iniciada em fins de 2008, quando as usinas brasileiras utilizaram, em média, 73,6% de sua capacidade total.

Tabela 4 - Capacidade utilizada das usinas quanto à moagem de cana-de-açúcar.

Recorte	2007/2008	2008/2009	2009/2010
São Paulo	97,0%	93,3%	78,0%
Minas Gerais	84,0%	69,1%	76,6%
Total Centro-Sul	92,6%	86,7%	73,2%
Total Norte-Nordeste	68,5%	76,2%	78,8%
Brasil	88,6%	85,4%	73,6%

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2008, 2010, 2012).

Há de se destacar a flexibilidade de produção de uma usina típica: economias de escopo advêm da possibilidade de uma mesma planta industrial processar a cana-de-açúcar e transformá-la seja em açúcar, seja em etanol, conforme os estímulos de mercado. Tal flexibilidade pode ser vislumbrada na Tabela 5 e no Gráfico 3 que demonstram o percentual da cana-de-açúcar processada que foi destinada à produção de etanol e açúcar. Para o Brasil,

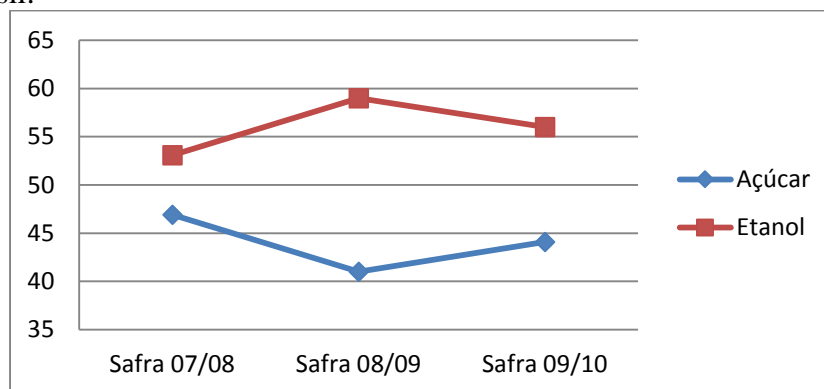
na safra 07/08, do total de cana-de-açúcar processada, 46,9% servia à produção de açúcar, contra 53,1% destinado ao etanol. Na safra 08/09, o total orientado ao etanol sobe a 59%. Analisados os três períodos, verifica-se uma inflexão na safra 09/09, quando há um crescimento do total da cana-de-açúcar orientada à produção de açúcar em razão do aquecimento do mercado internacional da *commodity* e consequente elevação de preços relativos.

Tabela 5 - Porcentagem de cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar e etanol.

-	Açúcar			Etanol		
	07/08	08/09	09/10	07/08	08/09	09/10
Brasil	46,9%	41,0%	44,1%	53,1%	59,0%	56,0%
Centro-Sul	45,7%	39,7%	42,6%	54,3%	60,0%	57,4%
Norte-Nordeste	55,3%	51,9%	57,0%	44,7%	48,1%	43,0%
São Paulo	48,9%	42,2%	46,1%	51,1%	57,8%	53,9%
Minas Gerais	41,2%	38,3%	41,9%	58,8%	61,7%	58,2%

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2008, 2010, 2012).

Gráfico 3 - Evolução da porcentagem de cana-de-açúcar destinada à produção de etanol e açúcar no Brasil.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de CONAB (2008, 2010, 2012).

Também no esforço de entender o complexo sucroalcooleiro brasileiro de maneira geral, CONAB (2011) elenca uma série de números relacionados à instalação de uma usina típica, conforme pode ser vislumbrado no Quadro 15. As demandas são relativamente elevadas, sobretudo os aportes financeiros. Em um cenário de crescimento da demanda por produtos do complexo, a necessidade de financiamento para a instalação de usinas poderá ser um entrave – CONAB (2011) ressalta que o complexo, como um todo, não teria o fôlego necessário para colocar em marcha a instalação de novas usinas, sendo necessário definir fontes de aporte de capital tanto públicas quanto privadas.

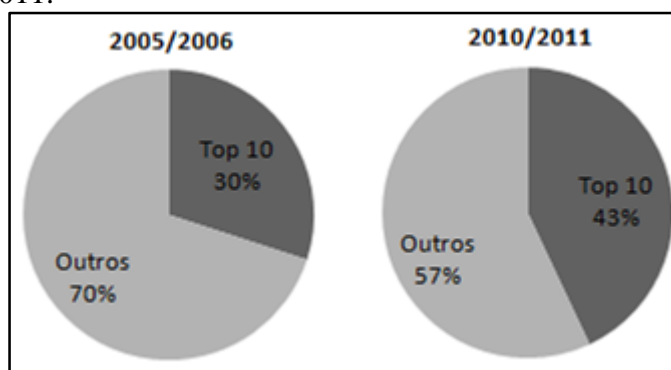
Quadro 15 - Números médios relacionados à uma usina processadora de cana-de-açúcar no Brasil.

Aspecto	Número
Capacidade de moagem anual	2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar
Área total da lavoura	30 mil hectares
Produção anual de açúcar	266 mil toneladas
Produção anual de etanol	166 milhões de litros
Investimento na montagem da indústria	R\$ 150 milhões
Investimento na formação da lavoura	R\$ 105 milhões
Valor estimado do investimento para cada nova unidade	R\$ 225 milhões
Valor estimado para cada milhão de tonelada de cana-de-açúcar processada	R\$ 127,5 milhões

Fonte: CONAB (2011).

Do ponto de vista da concentração setorial, Figliolino (2012) aponta um processo de concentração: para a safra de 2005-2006, os 10 maiores players do complexo respondiam por 30% do setor, ao passo que em 2010-2011, esse número chega a 43%, conforme pode ser visto no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Comparativo da concentração setorial do complexo sucroalcooleiro: safras 2005/2006 e 2010/2011.



Fonte: Figliolino (2012).

Nesse sentido, um aspecto interessante é a **ampliação da participação do capital estrangeiro** nas operações do complexo sucroalcooleiro: na safra 05-06, 100% do capital dos 5 maiores players era totalmente nacional, ao passo que na safra 10-11 todos eles possuem alguma porcentagem de participação de capital estrangeiro (Figliolino, 2012). Neves e Conejero (2010) também destacam esse fenômeno ao apontar que, na safra 07-08, a participação do capital estrangeiro no complexo sucroalcooleiro brasileiro chegou a 23%. Destacam-se nesse sentido os grupos franceses Louis Dreyfus e Tereos; o grupo espanhol

Anbegoa; o fundo de investimentos Infinity Bioenergy, de capital misto (Inglaterra e outros) e o grupo Kuok, da China³⁴.

Relevante também são as estratégias de diversificação produtiva do complexo. Longe de se tornar um sistema que produz apenas etanol ou açúcar, o complexo sucroalcooleiro descobre novas oportunidades a partir do processamento da cana-de-açúcar, ainda que muitas delas exijam progressos importantes em termos de inovações e viabilidade técnica e econômica.

Neves e Conejero (2010) destacam algumas: *i)bioplásticos* - a partir do etanol, já é possível produzir polímeros complexos em substituição aos produzidos via petróleo; *ii)bioeletricidade*³⁵ – a queima da biomassa proveniente do processamento da cana-de-açúcar (palha, pontas, bagaço) em caldeiras especializadas permite a cogeração de energia elétrica, permitindo às usinas se tornarem estruturas auto-suficientes em termos de eletricidade e eventualmente comercializarem o excedente com as concessionárias regionais; *iii)etanol celulósico* – técnicas complexas permitem a quebra da celulose de qualquer tipo vegetal em açúcares, que por seu turno, poderão converter-se em etanol. Isso permitiria que até mesmo o bagaço, as pontas e palhas pudessem ser transformadas em etanol, incrementando radicalmente a produtividade; e *iv)biodiesel* – leveduras geneticamente modificadas teriam a capacidade de processar os açúcares, secretando um tipo de diesel menos poluente e renovável.

De outro lado, BNDES e CGEE (2008) frisam outros novos produtos potenciais do complexo. Sobretudo o melaço, bagaço e vinhaça propiciam oportunidades em setores como *biotecnologia* (defensivos e fertilizantes produzidos enriquecidos a partir dos ácidos, aminoácidos e compostos diversos presentes nos subprodutos do complexo, além de insumos como a lisina), química (ácidos, insumos industriais para setores como papel e celulose e farmacêutico, plásticos, álcoois, etc.), *alimentos* (derivados da levedura, frutose, glicose, xaropes, etc. para alimentação humana e animal) e de *materiais* (mdf, aglomerados de cimento, etc.).

Do ponto de vista da geração de empregos, a despeito das críticas relacionadas à qualidade das condições de trabalho, o complexo sucroalcooleiro é relevante para a absorção

³⁴ A atuação desses grupos é localizada majoritariamente no centro-sul do país. Dos empreendimentos listados por Neves e Conejero (2010), o capital estrangeiro estava situado, em 2007-2008, em 25 usinas paulistas, 10 usinas mineiras, 12 goianas e 14 sul-mato-grossenses, ao passo que estava em apenas 4 da região norte-nordeste como um todo.

³⁵ Tratar-se-á da bioeletricidade com maiores detalhes adiante.

de parte da mão-de-obra no campo. Moraes (2007) demonstra que, em 2005, foram gerados mais de 982.000 empregos diretos no complexo como um todo, ao passo que Neves e Conejero (2010) contabilizam cerca de 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos. Se considerada apenas a atividade agrícola, a cana-de-açúcar é “a maior empregadora da zona rural” (NEVES; CONEJERO, 2010, p. 213): 532 mil empregos gerados nos canaviais contra 216 mil nas lavouras de milho e 107 mil nas de soja (dados de 2006), sendo que estas duas últimas utilizam quase o dobro e o triplo, respectivamente, da área cultivada se comparada às áreas de canaviais. Quanto à remuneração, contudo, há uma discrepância: a soja, em geral, remunera melhor o trabalhador que a cana-de-açúcar e o milho, apesar de Neves e Conejero (2010) destacarem que a remuneração nos canaviais é a que mais tem crescido desde os anos 1990.

Entretanto, apesar de uma efetiva melhora nas condições de trabalho verificadas, se comparadas às dos anos 1980 – Moraes (2007) destaca a eliminação progressiva do trabalho infantil e incorporação do contingente ao trabalho formal –, verifica-se ainda um perfil de baixa qualificação do trabalho. Os dados de Moraes (2007) para o ano de 2005 demonstram que 70% dos trabalhadores do complexo possuíam no máximo 4 anos de estudo. Tal quadro é preocupante quando se considera que o complexo exigirá, cada vez mais, trabalhadores com capacitações mais elevadas, em razão da intensidade da mecanização e ampliação do escopo das atividades industriais. Neves e Conejero (2010), contudo, colocam que a taxa de crescimento do setor vem compensando uma eventual redução do emprego justamente em razão das demandas por mão de obra mais qualificada³⁶.

Para um panorama geral do complexo sucroalcooleiro, vale recorrer novamente a Neves e Conejero (2010), que realizaram o esforço de apresentar um panorama que pode ser analisado no Quadro 16:

³⁶ Esse tipo de interpretação esconde a fragilidade de apoiar-se em taxas de crescimento do setor como forma de absorção de mão-de-obra. Nada garante que as taxas de crescimento futuras do setor, em um cenário de ampliação da mecanização e de crescimento da demanda por trabalhadores qualificados dentro dos processos industriais, possam absorver o contingente de pessoas com baixa escolaridade existente no setor. Faz-se necessário, portanto, ações de requalificação levadas a cabo por entes públicos e privados.

Quadro 16 - Panorama geral do complexo sucroalcooleiro no Brasil (referentes à safra 2008/2009).

Movimenta	R\$ 51 bilhões
Representa	1,76% do PIB
Geração de empregos	4,5 milhões de empregos diretos e indiretos
Fornecedores	14 mil fornecedores independentes vinculados à Orplana (Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil) A área média de produção de cana-de-açúcar é de 60 ha, variando de 20 a 249 ha nas diferentes regiões produtoras. 90% produzem até 10 mil toneladas. 72 mil canavieiros no Brasil
Área cultivada	8,4 milhões de ha (área plantada) 7,3 milhões de ha (área colhida)
Produtividade média	81,5 t de cana por hectare 84,3 t de cana por hectare no Centro-Sul 65,4 t de cana por hectare no Nordeste
Moagem	572,6 milhões de t de cana 508,6 milhões de t no Centro-Sul 63,9 milhões de t no Nordeste
Produção	31,5 milhões de t de Açúcar 27,2 milhões de t no Centro-Sul 4,2 milhões de t no Nordeste 27,6 bilhões de l de etanol (18 bi l hidratado e 9,6 bi l anidro) 25,2 bilhões de l no Centro-Sul 2,4 bilhões de l no Nordeste
Exportações	20,8 milhões de t de açúcar (US\$ 6 bi) 17,7 milhões de t do Centro-Sul 3,1 milhões de t do Nordeste 4,7 bilhões de litros de etanol (us\$ 2,2 bi) 4,2 bi de l do Centro-Sul 0,5 bi de l do Nordeste
Bioeletricidade	2.700 MW médio 3% da matriz elétrica brasileira
Impostos	R\$ 13 bilhões em impostos e taxas
Investimentos	R\$ 6 bilhões/ano 93 novas unidades instaladas nos últimos 5 anos (84 no Centro-Sul) Expectativa de entrada em operação de 23 novas unidades em 2009/2010

Fonte: Neves; Conejero (2010, p. 18).

3.2. Os insumos, os produtos e os sub-produtos do complexo sucroalcooleiro.

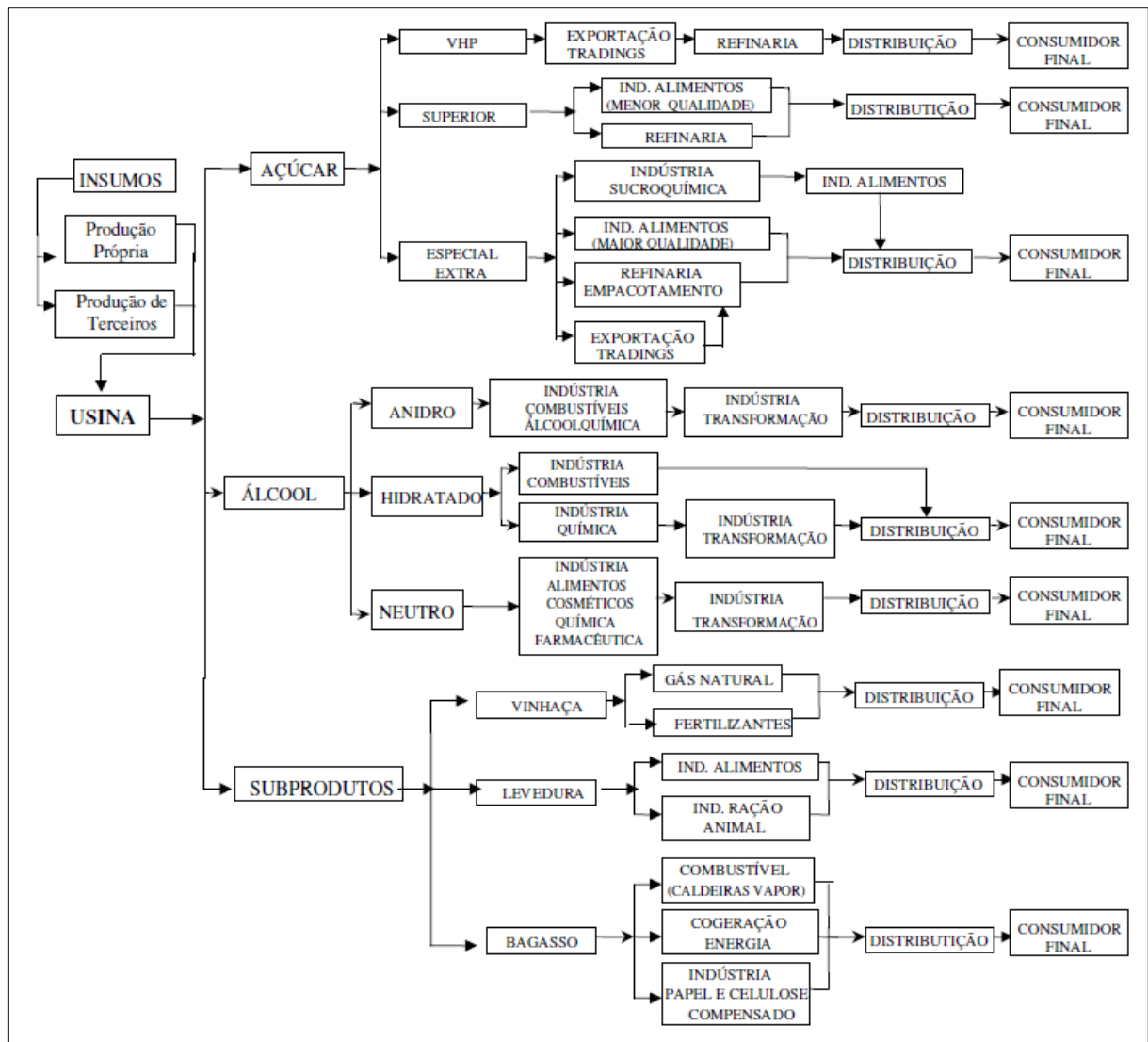
Considerando o quadro da ecologia industrial e da simbiose industrial como parâmetros para análise do complexo, é importante analisar os insumos e os produtos que compõem as atividades do mesmo. Os principais *inputs* do complexo sucroalcooleiro considerados neste trabalho serão considerados: cana-de-açúcar³⁷, energia elétrica e água. Quanto aos *outputs*, como bem demonstram Neves, Waack e Marino (1998, p. 32-38) há uma diversidade considerável de produtos e sub-produtos advindos da cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro. Os *outputs* da indústria em questão são apropriados por uma miríade de outros setores; além da apropriação mais óbvia por parte da indústria alimentícia e de combustíveis, há ainda relações com os setores de alcoolquímica e sucroquímica para a produção de polímeros, solventes e compostos químicos diversos, bem como com os setores de papel e celulose, de fertilizantes e farmacêutico.

Além da integração inter-setorial, é possível observar que o *output* da produção pode ser utilizado dentro da própria cadeia, permitindo a cogeração de energia a partir de biomassa e biogás – provenientes do bagaço da cana-de-açúcar -, bem como a fertirrigação do solo – a partir de resíduos líquidos, como a vinhaça. Isso demonstra que o complexo *é relativamente eficiente em termos de fechamento do ciclo de matéria e energia, mesmo sem haver trocas substanciais com outros setores.*

A Figura 7 demonstra com detalhes o desenho do complexo sucroalcooleiro – chamado de Sistema Agroindustrial da cana-de-açúcar em Neves, Waack e Marino(1998). A partir de insumos agrícolas e bens de capital, realiza-se o plantio e a colheita da cana-de-açúcar (que pode ser de produção própria ou de terceiros). Esta, por sua vez, será processada em uma unidade industrial – a usina -, a partir da inserção de energia elétrica e água e, através desse processo geram-se produtos e sub-produtos diversos que são apropriados por uma série de setores e processos. Em resumo, serão analisados adiante a título de *outputs*: açúcar, etanol, bagaço, leveduras, vinhaça, água residual e palha.

³⁷ Considera-se que a cana-de-açúcar materializa uma série de outros *inputs* naturais. São necessários inputs em termos de gás carbônico, radiação solar, água e sais minerais que, através do processo de fotossíntese, serão convertidos em glicose e oxigênio. BNDES e CGEE (2008) destacam que a formação de 1kg de glicose equivale à fixação de aproximadamente 17MJ de radiação solar e requer, ainda, aproximadamente 0,6kg de água e 1,4kg de CO₂. Ademais, poder-se-ia considerar como insumos, os fertilizantes, pesticidas e herbicidas. Contudo, BNDES e CGEE (2008), assim como Neves e Conejero (2010) afirmam a baixa necessidade desses elementos para o cultivo da cana-de-açúcar – necessita-se, em média, 2,2 kg de herbicida por hectare, ao passo que apenas 0,12 kg/ha de inseticida são utilizados, em média, nos canaviais. O uso de sub-produtos como a torta de filtro e a vinhaça ajudam a manter esses valores baixos, ao mesmo tempo, colaborando para o fechamento do ciclo dentro do complexo.

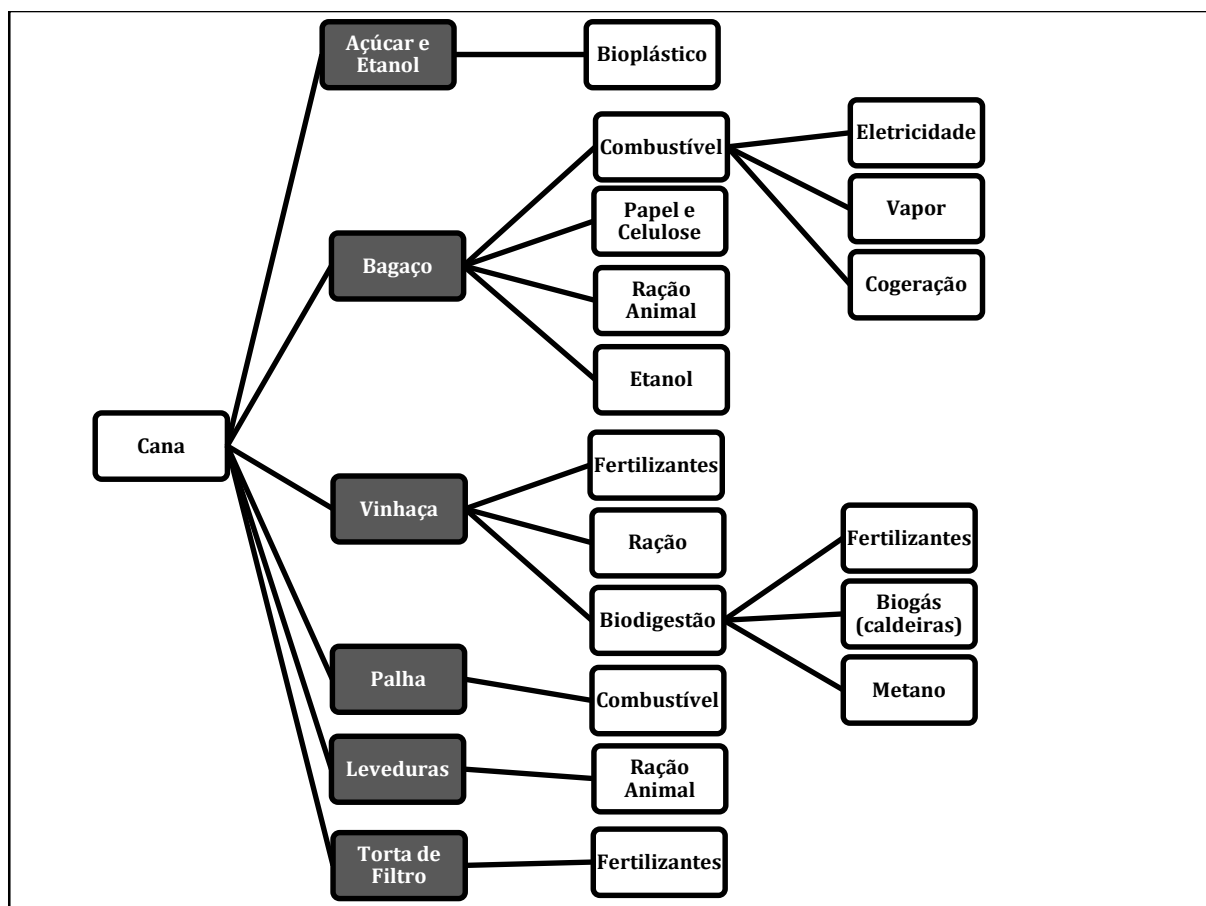
Figura 7 - Um desenho do complexo sucroalcooleiro.



Fonte: Neves, Waack e Marino (1998).

A Figura 8 também demonstra os produtos e sub-produtos derivados da cana-de-açúcar, ajudando a visualizar a diversidade de *outputs* gerados a partir do processamento da cana.

Figura 8 - Alguns produtos e sub-produtos derivados da cana-de-açúcar (inclusive potenciais).



Fonte: Elaboração própria a partir de Neves; Conejero (2010, p. 62).

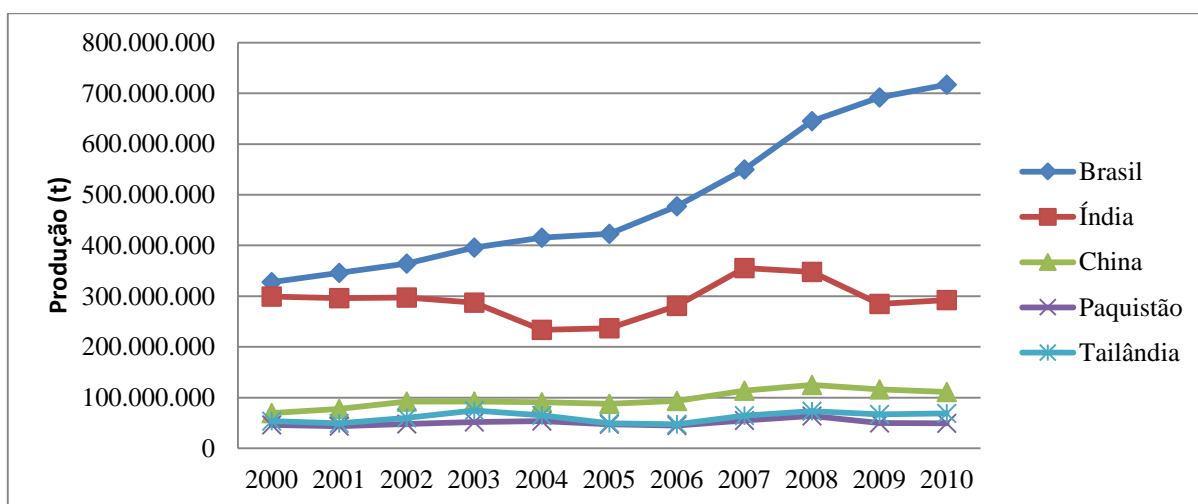
Na próxima seção será feita uma apresentação breve dos principais elementos em termos de *inputs* e *outputs*.

3.2.1. O insumo Cana-de-açúcar.

O etanol pode ser produzido a partir de qualquer tipo de biomassa que apresente algum grau de amido ou açúcar (NEVES; CONEJERO, 2010). Contudo, há de se destacar a grande vantagem da cana-de-açúcar frente a outros tipos de biomassa para a produção de bioenergia em razão das especificidades bioquímicas desta planta. O ciclo fotossintético da cana-de-açúcar é expressão disso: culturas reconhecidas como de ciclo C-4 (cana-de-açúcar, cevada, sorgo e gramíneas tropicais) são bem mais eficientes na absorção e fixação de energia solar em forma de açúcares, logo, estas são muito mais produtivas que as culturas de ciclo C-3 (milho, beterraba, trigo) (BNDES; CGEE, 2008). Considerando que as duas culturas mais utilizadas para produção de etanol são a cana-de-açúcar e o milho, a primeira já possui uma vantagem natural sobre a segunda, apenas considerando esse aspecto bioquímico.

Ainda que tenham se originado no sudeste asiático, as variedades de cana-de-açúcar bem se adaptaram às condições naturais brasileiras, dado que o clima ideal para o crescimento da planta envolve um período chuvoso e outro seco – bastante semelhante ao que é verificado no cerrado, por exemplo. Não é sem estranheza que grande parte da produção nacional de cana-de-açúcar se dá no centro-sul do país. Os dados da FAO (2012) mostram que Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. Em 2010, foram produzidos mais de 717 milhões de toneladas, ao passo que o segundo maior produtor – a Índia – alcançou cerca de 292 milhões de toneladas. A evolução da produção dos cinco maiores produtores de 2000 a 2010, pode ser visualizada no Gráfico 5:

Gráfico 5 - Cinco maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar (em toneladas).



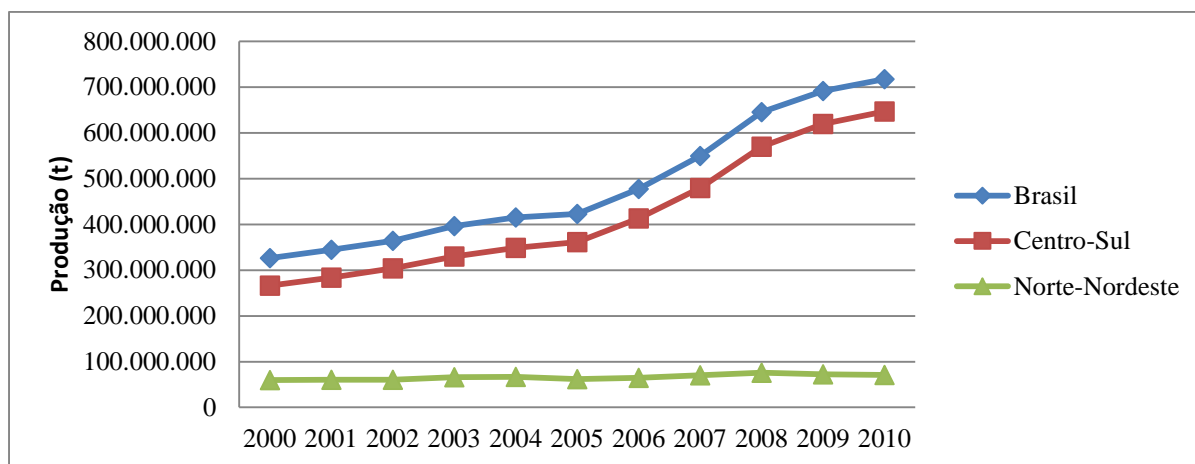
Fonte: FAO (2012).

Verifica-se que a produção brasileira foi distanciando-se de maneira crescente da dos outros produtores, especialmente da Índia. Se considerado apenas o ano de 2010, a produção nacional foi aproximadamente 2,5 vezes maior que a indiana, o que demonstra a posição relevante que o Brasil adquiriu na produção mundial de cana-de-açúcar. Em termos absolutos, a produção brasileira saltou de um patamar próximo a 327 milhões de toneladas em 2000, para 717 milhões de toneladas em 2010 – crescimento de 119%.

A produção brasileira ocorre essencialmente em estados do centro-sul do país: conforme mostra o Gráfico 6, a evolução da produção nacional acompanha o ritmo da produção na região centro-sul, ao passo que o produto da região norte-nordeste se mantém estável ao longo do período analisado. Se considerado apenas o ano de 2010, 90,12% da produção nacional advieram dos estados da região centro-sul. Em termos absolutos, em 2010,

o centro-sul produziu 646,6 milhões de toneladas aproximadamente, ao passo que esse número para o norte-nordeste chegou a 70,8 milhões de toneladas.

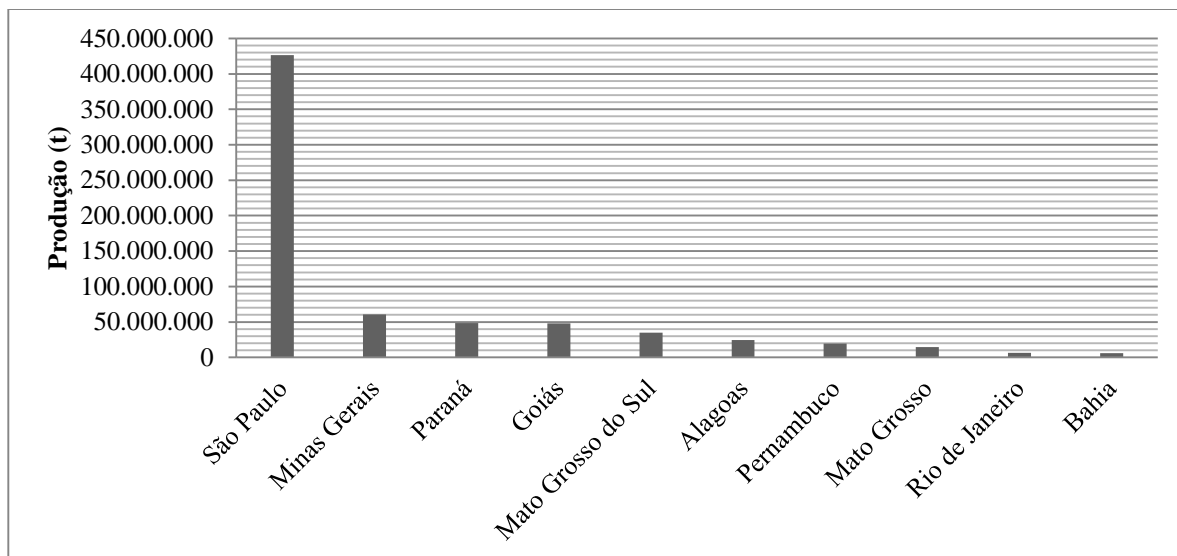
Gráfico 6 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil, Centro-Sul e Norte-Nordeste (2000 a 2010).



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

Se a produção for analisada a partir dos estados da federação, verifica-se uma concentração substancial em São Paulo, conforme demonstra o Gráfico 7. A produção paulista no ano civil de 2010 foi de aproximadamente 426 milhões de toneladas, ao passo que o segundo maior produtor do país, Minas Gerais, produziu cerca de 60 milhões de toneladas – 7 vezes menor. Em seguida, aparece Paraná e Goiás, ambos com aproximadamente 48 milhões de toneladas (IBGE, 2011).

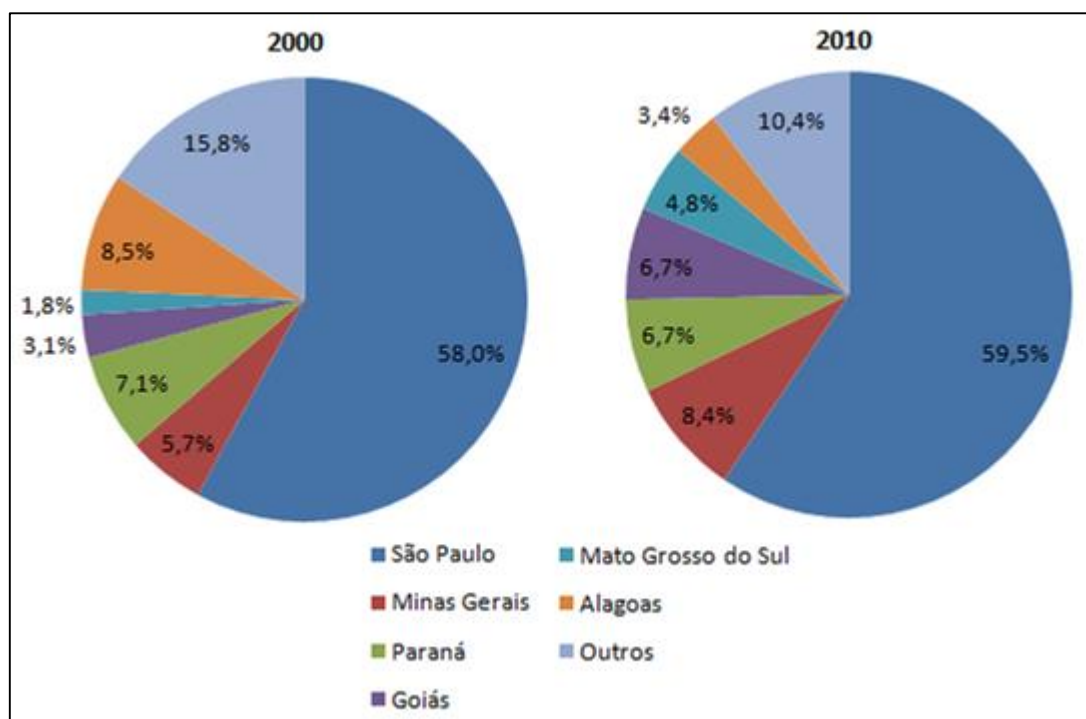
Gráfico 7 - Produção de cana-de-açúcar por estado: 10 maiores no ano de 2010.



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

O Gráfico 8 abaixo consegue ilustrar a produção de alguns estados como proporção do total brasileiro; ele mostra, ademais, a evolução dessa participação se considerado o período de uma década. Tal participação aumenta, sobretudo em estados como Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, enquanto que em São Paulo, se apresenta de maneira relativamente estável. A produção no restante do país cai em participação se comparados os períodos analisados. Os estados do nordeste como Pernambuco e Alagoas também perdem participação ao longo do tempo.

Gráfico 8 - Produção dos principais estados sobre o total do país (%): comparativo entre 2000 e 2010.



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

No que se refere à área colhida de cana-de-açúcar, os números possuem comportamento bastante semelhante – há um crescimento de aproximadamente 88% na área colhida total no país em 2010, se comparado ao ano de 2000. Se considerados os estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, esse número alcança 315% e 303%, respectivamente, denotando um vertiginoso crescimento do complexo sucroalcooleiro nessas regiões ao longo da década. Neves e Conejero (2010) acrescentam que o complexo sucroalcooleiro utiliza ao todo no país, 3,5 milhões de hectares – o que representaria apenas 1% das terras aráveis brasileiras. Ademais para a expansão da produção, haveria cerca de 100 milhões de hectares potenciais, em substituição, sobretudo, às áreas de pastagens degradadas, “sem tocar em biomas frágeis” (NEVES; CONEJERO, 2010, p. 24).

Essas informações denotam o potencial de crescimento da oferta do insumo cana-de-açúcar. Verifica-se, contudo, que o crescimento da área colhida é relativamente menor que o crescimento da produção, o que sugere um quadro de aumento do rendimento da cana-de-açúcar: em 2010, tal rendimento era 16,5% maior que o verificado em 2000. Números relativos ao crescimento da produção, área colhida e rendimento estão na Tabela 6.

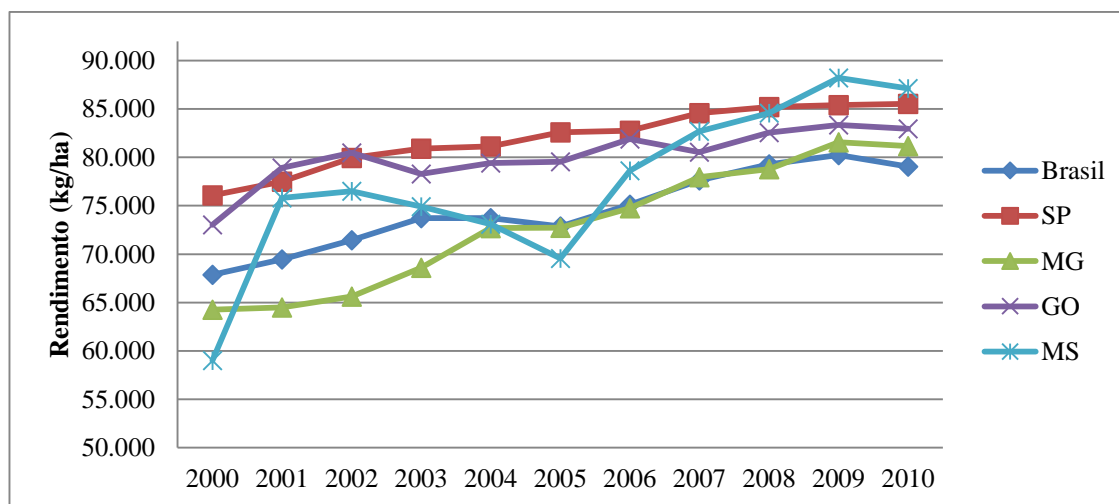
Tabela 6 - Variação da produção, área colhida e rendimento (%) entre 2000 e 2010.

	Crescimento produção	Crescimento área colhida	Crescimento Rendimento
São Paulo	126,0%	100,7%	12,4%
Minas Gerais	224,0%	156,5%	26,3%
Paraná	108,5%	91,3%	9,0%
Goiás	372,3%	315,8%	13,6%
Mato Grosso do Sul	496,1%	303,7%	47,7%
Outros	45,5%	18,9%	20,1%
Brasil	120,0%	88,9%	16,5%

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

O rendimento da cana-de-açúcar é crescente quando se considera o Brasil e alguns dos principais produtores nacionais ao longo da década, conforme pode ser visualizado no Gráfico 9. De acordo com dados de IBGE (2011), colhia-se em média, no Brasil, 67,8 toneladas de cana-de-açúcar por hectare em 2000, ao passo que em 2010, tal rendimento chegou a 79 toneladas. Estados como Goiás, São Paulo e Mato Grosso do Sul possuem rendimento médio superior à média nacional, ao passo que Minas Gerais alcançou rendimentos levemente superiores apenas nos anos de 2009 e 2010.

Gráfico 9 - Rendimento de cana-de-açúcar (kg/ha): 2000 a 2010.



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

Outra indicação do rendimento da cana-de-açúcar pode ser analisada à luz do conceito de Açúcares Totais Reutilizáveis (ATR), que representa a quantidade útil de sacarose presente no caldo da cana-de-açúcar (CONAB, 2012). Segundo BNDES; CGEE (2008), trata-se de

uma medida do rendimento dos açúcares presentes na cana-de-açúcar, que também dá uma base comum de comparação para a produtividade dos vários produtos advindos do processamento da planta. O ATR serve também como uma medida para a remuneração da cana-de-açúcar, uma vez que demonstra sua capacidade efetiva de geração de açúcares, que por sua vez, serão transformados em produtos econômicos.

CONAB (2012) destaca que o ATR gerado é condicionado, sobretudo, por condições climáticas – o regime de chuvas e seca afeta a quantidade de sacarose que pode ser obtida a partir de determinada quantidade de cana-de-açúcar. Portanto, a depender das condições edafo-climáticas, o ATR varia no tempo e no espaço, conforme atestam os números da Tabela 7. Considerando a safra 09/10, no Brasil produzia-se cerca de 130,5 kg de ATR por tonelada de cana-de-açúcar processada, em média. Esse número é relativamente menor que os verificados nas safras anteriores. CONAB (2012) salienta que esse número varia substancialmente ao longo do país: em estados como a Bahia, o ATR médio chega a 161,9 kg/t de cana-de-açúcar, ao passo que no Amazonas esse número é de 80,2 (dados para a safra de 2009/2010).

Tabela 7 - ATR médio (kg/t de cana-de-açúcar processada).

-	07/08	08/09	09/10
Brasil	140,7	140,7	130,5
Centro-Sul	141,7	141,4	130,3
Norte-nordeste	133,8	135,3	131,9
São Paulo	142,3	142,6	130,6
Minas Gerais	143,4	138,5	134,8
Goiás	145,6	132,7	129,9
Mato Grosso do Sul	138,7	139,5	126,4

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2008, 2010, 2012).

A partir do ATR é possível estimar a quantidade de açúcar e etanol produzidos com determinada quantidade de cana-de-açúcar³⁸. A Tabela 8 demonstra esses números para três safras distintas. Acompanhando as tendências do ATR, produziu-se menos açúcar por tonelada de cana-de-açúcar processada em 09/10 que nos outros anos – de 134 kg/t de cana-

³⁸Adota-se, para tanto, uma convenção técnica de equivalência entre ATR, etanol e açúcar, conforme destaca CONAB (2012). Com o padrão tecnológico atual, para a produção de 1kg de açúcar são necessários 1,0495kg de ATR. Para a produção de 1L de etanol anidro e hidratado, por seu turno, são precisos 1,7651 kg e 1,6913 kg de ATR, respectivamente.

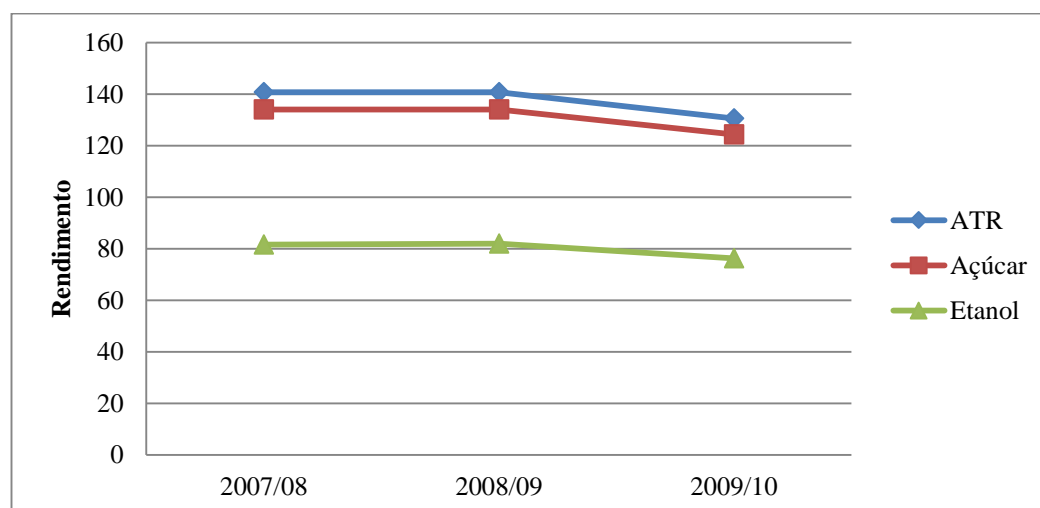
de-açúcar na safra 07/08 para 124,3kg/t na safra 09/10. O mesmo acontece com o etanol. O Gráfico 10 colabora ao ilustrar tais tendências.

Tabela 8 - Quantidade de etanol total e açúcar produzido por tonelada de cana-de-açúcar.

-	07/08		08/09		09/10	
-	Etanol total (L/t cana)	Açúcar (kg/t cana)	Etanol total (L/t cana)	Açúcar (kg/t cana)	Etanol total (L/t cana)	Açúcar (kg/t cana)
Brasil	81,6	134,1	82,0	134,1	76,3	124,3
Centro-Sul	82,2	135,1	82,4	134,7	76,2	124,3
Norte-nordeste	77,6	127,5	78,5	128,9	77,7	124,3
São Paulo	82,5	135,5	83,0	135,9	76,3	124,5
Minas Gerais	83,1	136,6	81,0	131,9	79,0	128,5
Goiás	84,4	138,7	77,5	126,4	76,1	123,8
Mato Grosso do Sul	80,3	132,2	81,7	133,0	74,1	120,5

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2008, 2010, 2012).

Gráfico 10 - Rendimento do ATR (kg/t de cana-de-açúcar), Açúcar (kg/t de cana-de-açúcar) e etanol (l/t de cana-de-açúcar).



Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2008, 2010, 2012).

Quanto aos custos relativos à produção da cana-de-açúcar, parte importante deles advém da fase de colheita e transporte (40%), enquanto o restante está diluído em fases como remuneração da terra, preparo do solo, plantio e tratos culturais. A principal forma de aquisição da cana-de-açúcar no país advém de fontes próprias: 63,3% ante 36,7% advinda de terceiros (arrendamento, cana *spot*, etc.). Esse perfil é visto em todo o país, mas na região

centro-sul essa proporção é menor, conforme pode ser analisado na Tabela 9, indicando que nesta região as usinas recorrem mais a outras formas de aquisição de cana-de-açúcar que não a produção própria se comparado àquelas do norte-nordeste. Neves e Conejero (2010) afirmam que uma tendência verificada ao longo dos últimos vinte anos é o aumento da participação da cana-de-açúcar de terceiros no que se refere à forma de aquisição deste insumo.

Tabela 9 - Perfil da aquisição de cana-de-açúcar (safra 2009/2010).

-	Cana própria	Cana de terceiros
Brasil	63,3%	36,7%
Centro-sul	62,3%	37,7%
Norte-nordeste	71,6%	28,4%
São Paulo	57,2%	42,8%
Minas Gerais	51,6%	48,4%

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2012).

A verticalização, tão característica no setor, vem dando lugar a contratos de aquisição de cana-de-açúcar, ampliando o papel do fornecedor. Neves e Conejero (2010) elencam uma série de elementos relacionados ao processo de tomada de decisão no que se refere à aquisição do insumo cana-de-açúcar, sendo alguns deles: *i)* presença de outras usinas na região; *ii)* custo da terra; *iii)* presença de fornecedores qualificados; *iv)* capacidade financeira da usina; *v)* riscos da produção (riscos climáticos, legais, econômicos, etc.); *vi)* capacidade de coordenação (capacidade de gerenciar a produção, colheita, administrar contratos, etc); *vii)* aspectos culturais e capacidade de associativismo; *viii)* custos gerais (custos de insumos, logística, etc. Tais aspectos³⁹, tem sinalizado aos *players* do complexo, uma maior vantagem na aquisição de cana-de-açúcar via terceiros e arrendamento, em contraponto à forma mais tradicional de verticalização. A desverticalização, segundo Neves e Conejero (2010), faz com que grupos se especializem no suprimento de cana-de-açúcar, ampliando a eficiência produtiva, melhor controle operacional e redução de custos.

³⁹ Ilustrando isso, Figliolino (2012) demonstra que o custo de arrendamento das terras do estado de São Paulo é crescente de 2003 a 2011 (com exceção de 2008): o custo triplica, saindo de um patamar médio de US\$ 150 por hectare por ano em 2003, e alcançando aproximadamente US\$ 450 por hectare por ano em 2011 –em regiões como a de São José do Rio Preto, esse valor chega a US\$ 600.

3.2.2. O insumo água.

Pode-se afirmar que o processo produtivo do complexo sucroalcooleiro é intensivo na utilização de água. ANA *et al.* (2009) apresenta os números relativos ao consumo de água por tonelada de cana-de-açúcar. Considerando uma usina média que destina 50% da cana-de-açúcar processada à produção de etanol e 50% à produção de açúcar, a demanda por água (líquida e vapor) chega a 22m³ por tonelada de cana-de-açúcar, conforme pode ser visto na Tabela 10. Esse número, ressalta ANA *et al.* (2009), muda conforme o tempo e a tecnologia adotada, comportando-se de maneira decrescente ao longo do tempo, contudo, muda pouco de usina para usina. Destaca-se que grande parte da demanda de água advém das fases de transformação do caldo em açúcar e etanol: a fábrica de açúcar demanda 38% da água utilizada, ao passo que os processos relacionados exclusivamente ao etanol (fermentação e destilaria) usam 37%. As outras fases do processo produtivo, juntas, demandam ¼ da água total.

Tabela 10 - Uso médio de água no processamento de uma tonelada de cana-de-açúcar.

Setor/Processo	Consumo (m ³ /t)	%
Alimentação, preparo e extração (lavagem da cana, embebição, resfriamentos, etc.)	2,61	11,80
Tratamento de caldo	0,57	2,60
Fábrica de açúcar	8,36	37,80
Fermentação	4,36	19,70
Destilaria	3,86	17,40
Geração de energia	2,26	10,20
Outros (consumo humano, limpeza, etc.)	0,08	0,40
Total	22,12	100

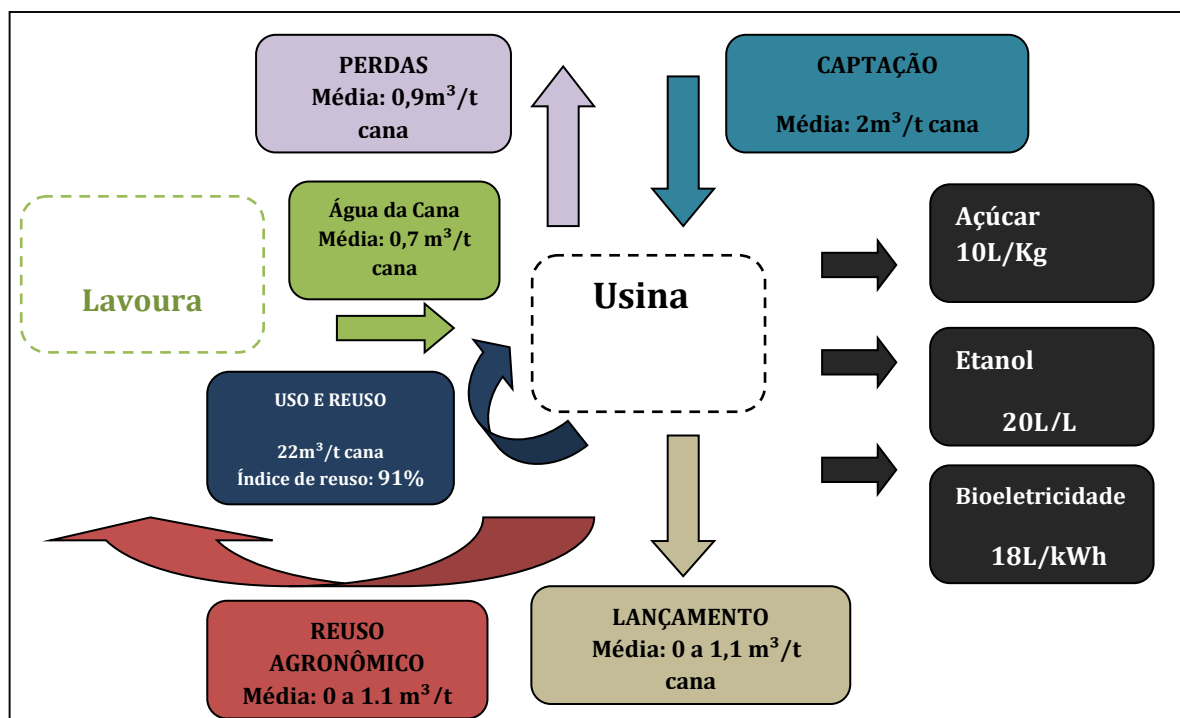
Nota: *Considerando uma usina que destina 50% da cana-de-açúcar processada à produção de açúcar e 50% à produção de etanol. Os números incluem a demanda por água em estado de vapor e líquida.

Fonte: Elaboração própria a partir de ANA *et al.* (2009, p.69).

Entretanto, apesar de demandar 22m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar, o complexo possui uma **alta taxa de reuso** – 91% a 95%, segundo ANA *et al.* (2009) – em razão da natureza relativamente simples dos processos de tratamento dos efluentes líquidos. Tal aspecto faz cair o *consumo efetivo* de água a níveis muito baixos: a retirada efetiva de água dos depósitos de superfície é de aproximadamente 2m³ por tonelada de cana-de-açúcar,

sendo que, nas usinas mais eficientes, esse número chega a $1\text{m}^3/\text{t}^{40}$. A Figura 9 demonstra o balanço médio global da utilização de água nas usinas do complexo sucroalcooleiro, colocando as quantidades médias de água utilizadas em alguns processos.

Figura 9 - Balanço global de água no processamento de uma tonelada de cana-de-açúcar.



Fonte: Elaboração própria a partir de ANA *et al.* (2009, p. 184).

3.2.3. O insumo energia.

No que se refere ao insumo *energia*, ressalta-se o potencial de auto-suficiência das unidades industriais do complexo. Toda a energia consumida no processo “pode ser provida por um sistema de produção combinada de calor e potência (sistema de co-geração) instalado na própria usina, utilizando apenas bagaço como fonte de energia” (BNDES; CGEE, 2008, p. 82). A demanda de energia no processamento da cana-de-açúcar pode ser sub-dividida em três tipos: *i*) térmica (que fornece vapor e aquecimento para os processos); *ii*) mecânica (para o acionamento de sistemas de preparo e moagem da cana-de-açúcar); e *iii*) elétrica (que alimenta motores e equipamentos diversos, serve à iluminação, etc.). Resumem-se alguns aspectos relacionados à demanda de energia na Tabela 11:

⁴⁰ Vislumbra-se a possibilidade de se utilizar a água da própria cana-de-açúcar ($0,7\text{m}^3$ por tonelada) para suprir as necessidades hídricas de uma usina. Caso as técnicas permitam esse cenário, a captação de água pode ser reduzida ainda mais, chegando a $0,5\text{m}^3/\text{t}$ de cana-de-açúcar, conforme ressalta ANA *et al.* (2009).

Tabela 11 - Demanda de energia para o processamento de uma tonelada de cana-de-açúcar.

Energia	Unidade	Açúcar	Bioetanol Hidratado	Bioetanol Anidro
Térmica (vapor)	kg/t cana	470-500	370-410	500-580
Mecânica	kWh/t cana	16	16	16
Elétrica	kWh/t cana	12	12	12

Fonte: BNDES; CGEE (2008, p. 82).

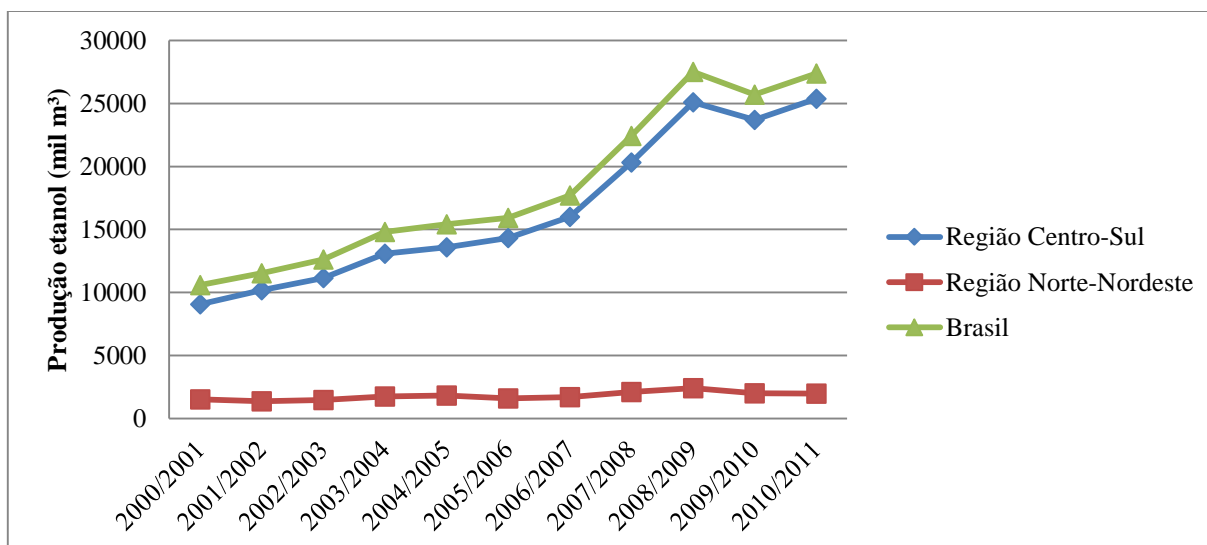
3.3. Produtos e subprodutos do complexo sucroalcooleiro.

3.3.1. Etanol

A atual produção de etanol a partir da cana-de-açúcar é resultado de esforços públicos e privados desde a década de 1970 - a princípio em resposta aos efeitos negativos do primeiro choque do petróleo em 1973, dada a intensa dependência deste combustível, passando pela iniciativa melhor organizada do Proálcool e, mais recentemente, estimulada pelo advento dos motores veiculares do tipo *flex*. A crescente relevância do bioetanol de cana-de-açúcar na matriz energética brasileira é também sustentada em um processo de desenvolvimento tecnológico nas fases de produção, logística e usos finais do mesmo, além de estar associado a um processo mais amplo de relacionamento entre setores privados (setores de insumos, fabricantes de veículos, etc.) e entre estes e o setor público, conforme ressaltam Neves e Conejero (2010). O resultado é a construção de competências e *know-how* na área “sem paralelo em todo o mundo” (NEVES; CONEJERO, 2010, p. 117).

O Gráfico 11 sinaliza que a produção brasileira de etanol é crescente ao longo de toda a década de 2000, tendo alcançado na safra 2010/2011, 27,3 milhões de m³ - ou 27,3 bilhões de litros de etanol total (anidro e hidratado somados). Se comparado à safra de 200/2001, houve um crescimento de 158,5% na produção total de etanol no país.

Gráfico 11 - Produção de etanol total (mil m³): Brasil, Centro-Sul e Norte-Nordeste.

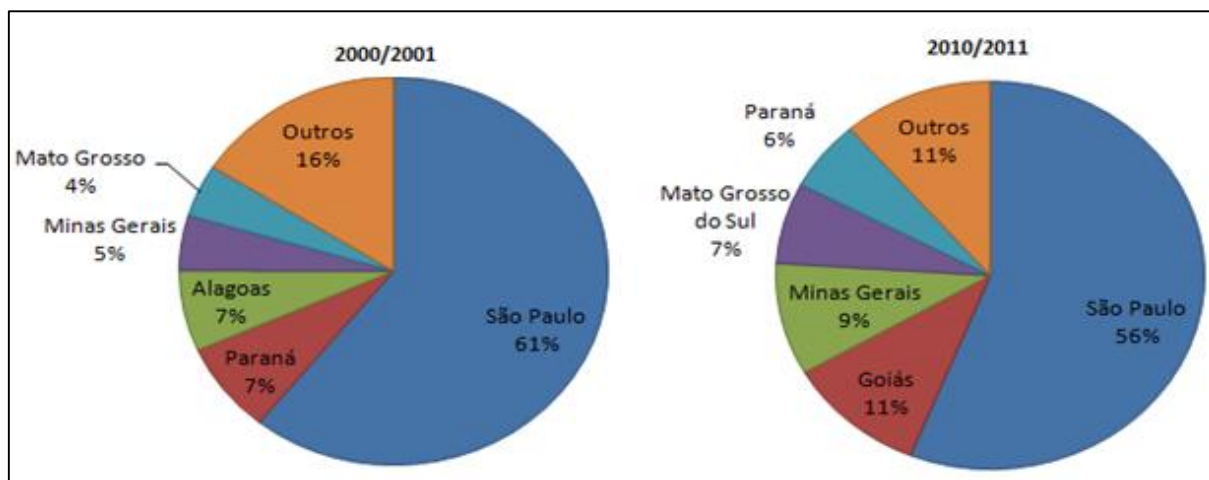


Fonte: Elaboração própria a partir de UNICA (2012).

Na safra 2010/2011, produziu-se mais etanol no estado de São Paulo, cuja participação na produção nacional alcançou 56%, ou 15,35 milhões de m³. A produção paulista é seguida pela produção goiana (11%), mineira (9%), sul-mato-grossense (7%) e paranaense (6%). Se comparado ao início da década, esse perfil é bastante distinto: àquela época, São Paulo produzia 61% do etanol brasileiro, tendo, portanto, sua participação relativa decrescido. Ao mesmo tempo, estados como Goiás e Mato Grosso do Sul entram no rol dos cinco maiores produtores, denotando uma vez mais, o ganho de relevância que o complexo sucroalcooleiro apresenta nas novas fronteiras do agronegócio⁴¹ - o Gráfico 12 ajuda a visualizar isso:

⁴¹ Cálculos realizados a partir dos dados UNICA (2012) mostram que a produção de etanol goiana cresceu 809% de 2000 a 2010, ao passo que a mineira e sul-mato-grossense ampliaram-se em 427% e 487% respectivamente. A paulista, em contraste, cresceu em 138%, ao passo que estados do nordeste mantiveram suas produções de etanol estagnadas (a exemplo de Alagoas, cuja produção cresceu 0,8%). Essa estabilidade da produção dos estados do Norte-nordeste pode ser verificada também no Gráfico 11.

Gráfico 12 - Participação dos principais estados produtores de etanol: comparativo entre safras 2000/2001 e 2010/2011.

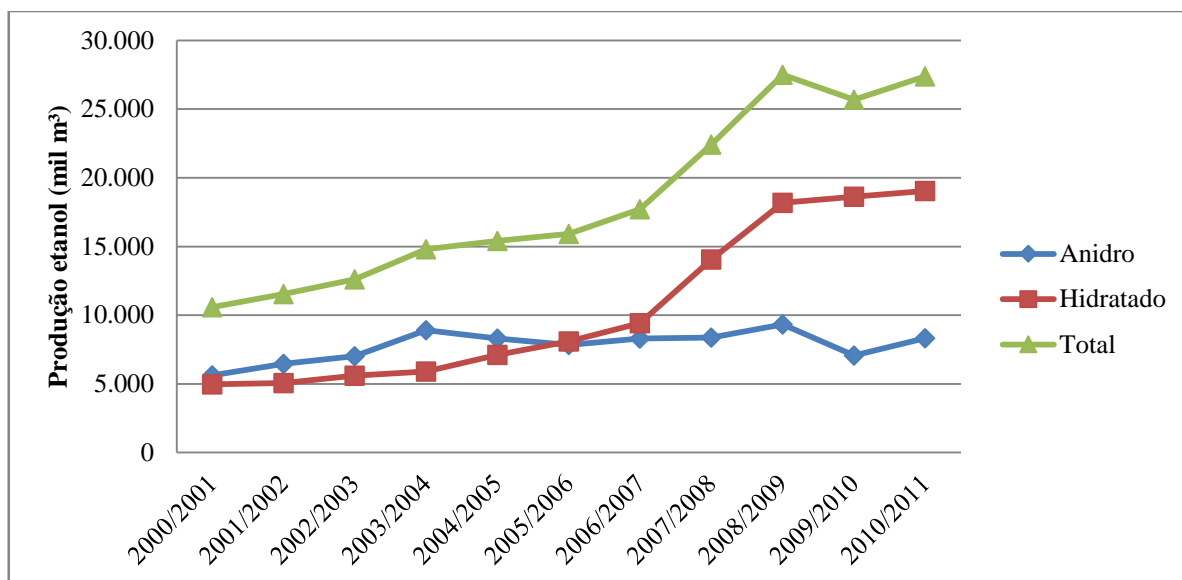


Fonte: Elaboração própria a partir de UNICA (2012).

É importante frisar o comportamento da produção dos dois tipos de etanol existentes. Após o processo de fermentação, destilação e retificação, o melaço se transforma em etanol (hidratado) que, se passado a um processo de desidratação, se torna etanol anidro. A diferença entre os dois tipos de etanol se relaciona às características físicas, além dos usos que se fazem de ambos: o etanol hidratado, ou etanol puro, é uma solução cujo teor de água varia entre 6,2% e 7,4% (BNDES; CGEE, 2008), sendo utilizado amplamente como combustível veicular e insumo de indústrias alimentícias e químicas; o etanol anidro, por seu turno, deve conter menos de 0,6% de água, e é orientado à mistura com a gasolina⁴². O Gráfico 13 demonstra a evolução da produção de ambas as qualidades de etanol: destaca-se a intensificação da produção do etanol hidratado ao longo da década, especialmente a partir da safra 2004/2005. O comportamento da produção total de etanol está relacionado, sobretudo à produção da categoria hidratado, dado que a evolução do anidro se mantém relativamente estável ao longo da década.

⁴² Desde 2007, a gasolina vendida em território nacional possui 25% de etanol anidro em sua composição, segundo a Portaria nº 143 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

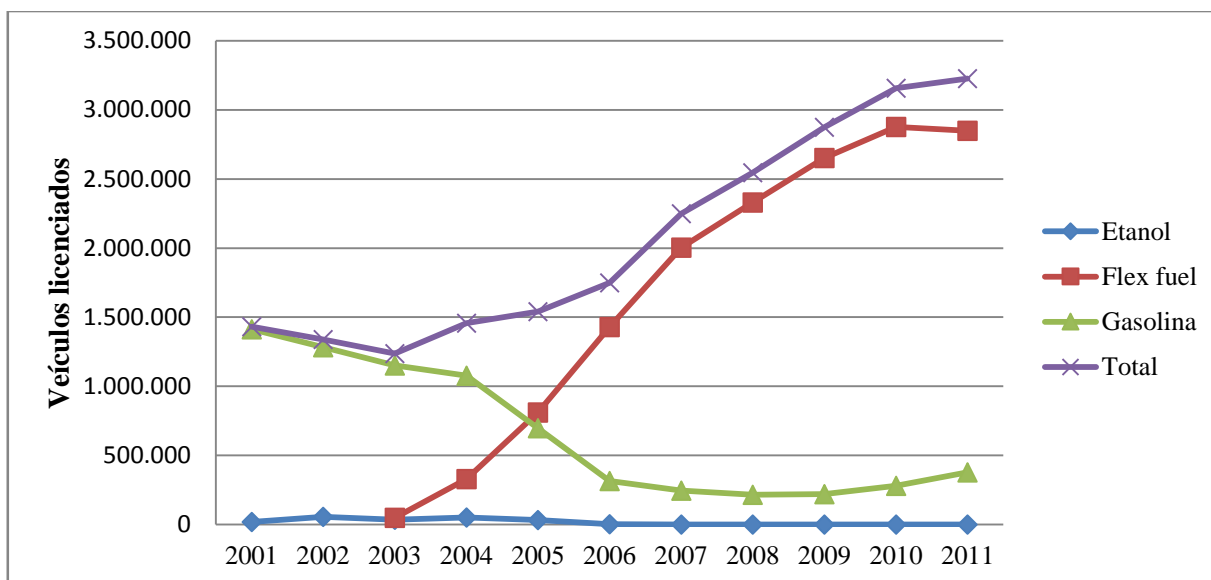
Gráfico 13 - Evolução da produção de etanol anidro, hidratado e total (mil m3).



Fonte: Elaboração própria a partir de UNICA (2012).

Neves e Conejero (2010) sugerem uma correlação entre a evolução da produção do etanol hidratado e o aumento da frota de veículos com motores do tipo flex. A análise conjunta dos Gráficos 13 e 14 ajudam a reforçar essa hipótese. Ocorre, a partir de 2003, uma vertiginosa expansão dos veículos cujos motores podem ser movidos tanto a gasolina quanto a etanol; ao mesmo tempo em que as vendas de veículos movidos exclusivamente com gasolina apresentam tendência de queda. Ora, é justamente a partir da safra 2003/2004 que a produção de etanol hidratado cresce de forma substancial: 223% entre as safras 2003/2004 e 2010/2011. Em 2011, 88% dos veículos licenciados foram do tipo *flexfuel*, contra apenas 12% do tipo gasolina; em 2003, 97% dos veículos comercializados eram movidos a gasolina, ao passo que 4% foram do tipo flex.

Gráfico 14 - Evolução do número de veículos licenciados por tipo de combustível.



Fonte: Elaboração própria a partir de UNICA (2012).

Merece destaque ainda o relevante papel do Brasil no mercado internacional de etanol: considerando o ano de 2011, FAPRI (2012) demonstra que apenas Brasil e China foram exportadores líquidos de etanol, ao passo que os demais países do globo são importadores líquidos deste combustível. A posição brasileira é garantida em razão da competitividade do etanol de cana-de-açúcar frente a suas alternativas. USDA (2012) ressalta que o custo médio do etanol brasileiro é 58% menor que o etanol de milho americano, 30% menor que o etanol de trigo e 28% menor que o etanol de beterraba europeu. O mesmo trabalho imputa esse baixo custo ao preço competitivo da matéria-prima, em um cenário onde o maior componente dos custos é, de fato, o insumo cana-de-açúcar – o Gráfico 15 mostra que desde 2005, o custo da cana-de-açúcar pesa mais no custo total do que aqueles advindos do trabalho⁴³.

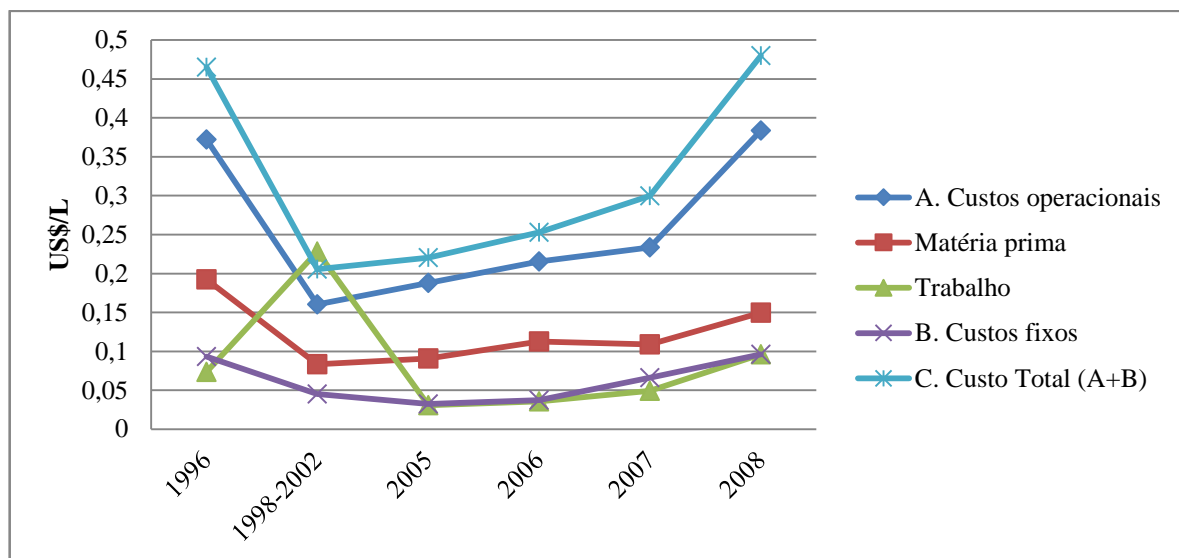
Em que pese o baixo custo do etanol brasileiro e da matéria prima, uma análise temporal demonstra que esses componentes vêm apresentando tendência de elevação ao longo da década de 2000, conforme pode ser vislumbrado no Gráfico 15. Em 2008, produzir um litro de etanol custava US\$ 0,4798, ao passo que em 2002 custava US\$ 0,2054 – um crescimento de 134%⁴⁴. Interessante observar que os custos operacionais (especialmente em

⁴³ Interessante observar, ainda, a queda substancial dos custos advindos do trabalho entre os períodos 1998-2002 e 2005.

⁴⁴ Para números ainda mais detalhados dos componentes de custo da produção de etanol, bem como sua evolução no tempo, conferir USDA (2011).

termos de matéria prima e trabalho) são os grandes responsáveis pela alta dos custos totais, uma vez que os fixos crescem, mas de maneira mais tímida se comparado ao primeiro.

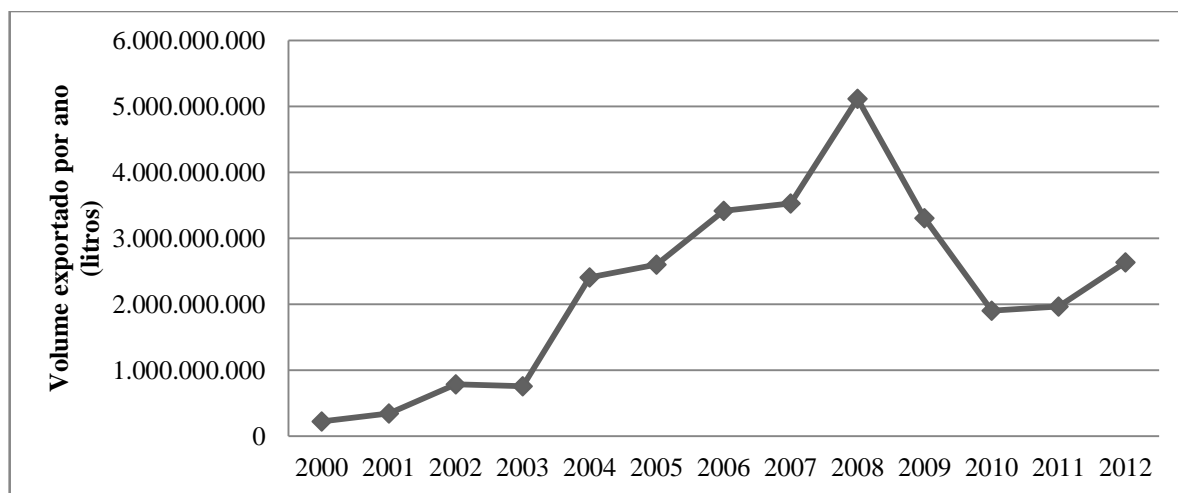
Gráfico 15 - Custo total de produção do etanol brasileiro e seus componentes principais.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de USDA (2011).

Dado o baixo nível de custos do etanol de cana-de-açúcar frente ao etanol de milho, por exemplo, o Gráfico 16 demonstra que o volume exportado do etanol brasileiro é crescente até 2008, alcançando um pico de 5,1 bilhões de litros – tendência esta que é revertida a partir de então em razão dos desdobramentos de crises internacionais, que inevitavelmente afetaram a demanda externa. O etanol brasileiro, em 2010, por exemplo, foi comercializado com uma base de mercados relativamente diversificada, sendo que a maioria da produção foi orientada a países como Coréia do Sul, Estados Unidos, Japão, Países Baixos e Reino Unido, conforme atesta o Gráfico 17. Em 2012, contudo, esse quadro é alterado: os Estados Unidos ampliam sua participação na importação do etanol brasileiro, enquanto o restante do mundo diminui suas participações. Revela-se, assim, um quadro de aumento da dependência da demanda norte-americana com relação aos destinos de nossas exportações.

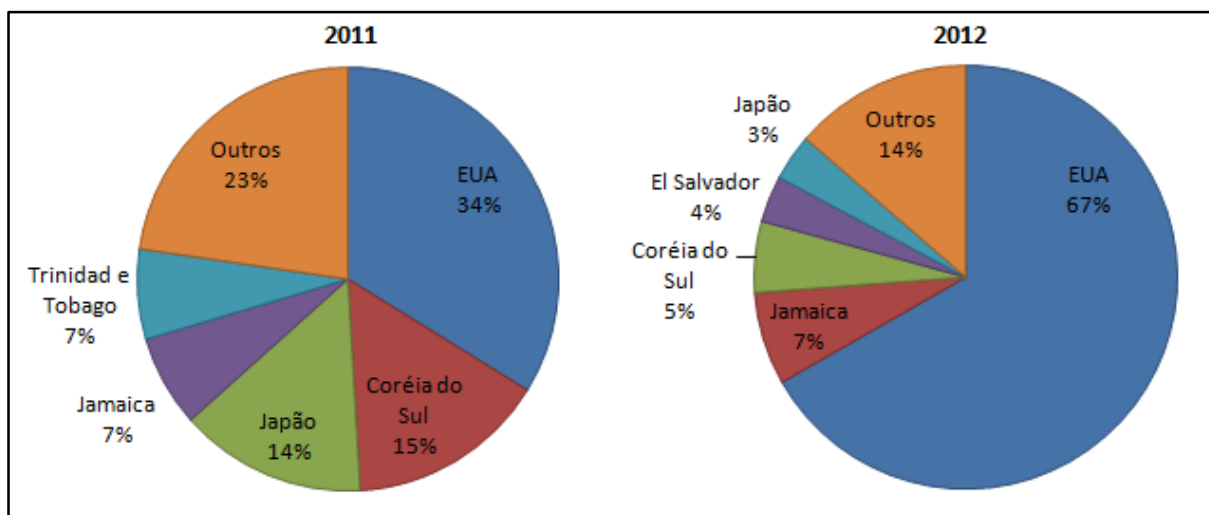
Gráfico 16 - Evolução das exportações brasileiras de etanol (em litros).



Nota: Os valores para 2012 representam o volume exportado entre janeiro e novembro do referido ano.

Fonte: Elaboração própria a partir de UNICA (2012).

Gráfico 17 - Destinos da exportação brasileira de etanol: 2011 e 2012.



Fonte: Elaboração própria a partir de BRASIL (2013).

3.3.2. Açúcar

De especiaria à *commodity*, a evolução histórica do complexo sucroalcooleiro vincula-se aos usos que se fazem do açúcar. Trata-se de um dos compostos alimentares mais consumidos no mundo, estando na base da dieta e dos custos alimentares humanos, tendo a capacidade, portanto, de condicionar os rumos de indústrias diversas como a alimentícia e de bebidas. Na safra 2011/2012 consumiu-se no mundo aproximadamente 161,9 milhões de toneladas de açúcar (USDA, 2012), sendo que os países emergentes vêm ganhando destaque no consumo deste produto. Neves e Conejero (2010) afirmam que o consumo cresce nos

últimos anos sem muita variação e é condicionado principalmente por fatores como renda e crescimento da população (além de fatores mais subjetivos como preferências dos consumidores). A Tabela 12 abaixo colabora no esforço de demonstrar o crescimento do consumo mundial e em alguns países (emergentes e desenvolvidos): verifica-se, de fato, que o consumo por país cresce de maneira muito leve, a exemplo do que ocorre no Brasil e na Rússia.

Tabela 12 - Consumo de açúcar: mundo e países selecionados (em toneladas).

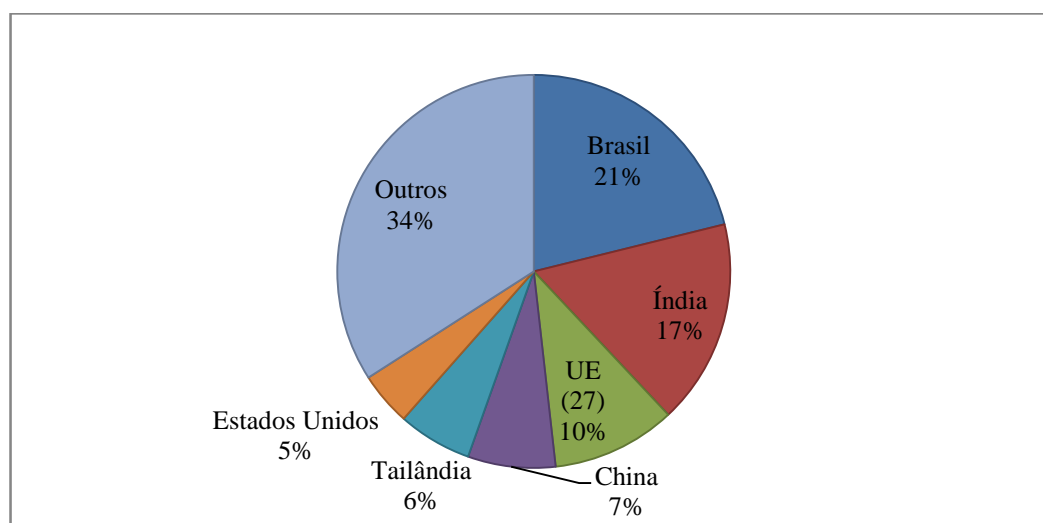
-	08/09	09/10	10/11	11/12
Brasil	11.650.000	11.800.000	12.000.000	11.500.000
Índia	23.500.000	22.500.000	23.500.000	25.500.000
China	14.500.000	14.300.000	14.000.000	14.400.000
Rússia	5.500.000	5.715.000	5.538.000	6.010.000
EUA	9.624.000	10.075.000	10.294.000	10.442.000
EU (27)	16.760.000	17.400.000	17.800.000	17.800.000
Mundo	152.955.000	154.521.000	156.766.000	160.965.000

Fonte: Elaboração própria a partir de USDA (2012).

O Brasil insere-se no rol dos maiores players do mercado mundial da *commodity*, tendo produzido na safra 2011/2012, mais de 36 milhões de toneladas – ou 21% da produção mundial (Gráfico 19), que alcançou naquela safra 170,9 milhões de toneladas (USDA, 2012). É seguido por Índia, União Europeia, China, Tailândia e Estados Unidos, cujas participações podem ser vistas no Gráfico 18. Da produção total brasileira, 68% são direcionados ao mercado internacional⁴⁵, denotando a grande dependência da atividade açucareira dos humores da demanda externa.

⁴⁵ Dados referentes à safra 2011/2012, de acordo com USDA (2012).

Gráfico 18 - Principais países produtores de açúcar e suas participações (%) na produção mundial (safra 2011/2012).



Fonte: Elaboração própria a partir de USDA (2012).

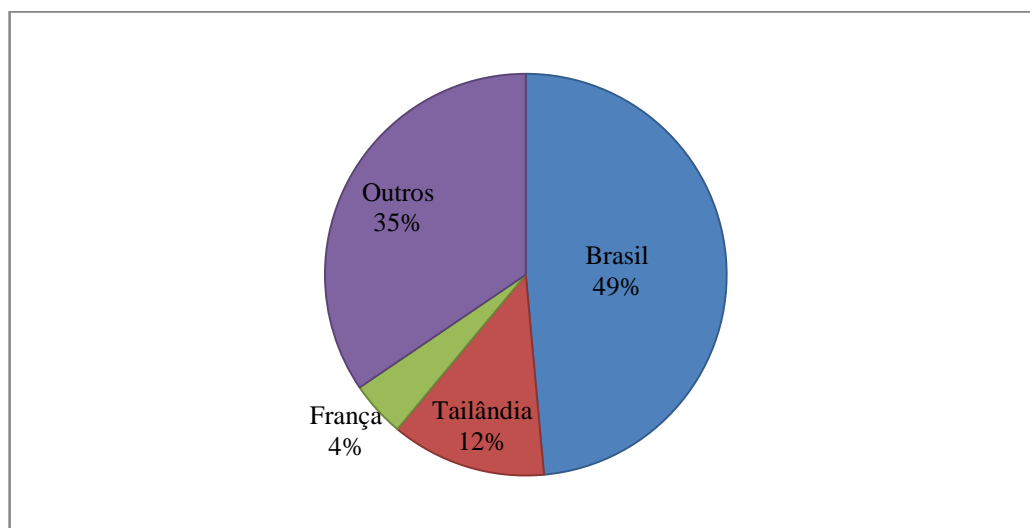
A leitura da Tabela 13 mostra que o país conta também com o maior volume exportado, tendo alcançado em 2011 a marca de 25,3 milhões de toneladas de açúcar enviadas ao exterior, gerando um valor exportado de US\$ 14,9 bilhões (INTRACEN, 2012). Considerando o total de 52,2 milhões de toneladas exportadas no mundo todo, o Brasil participou com 49% do total, conforme o Gráfico 19 ilustra. Os maiores compradores do açúcar brasileiro são Rússia, China e Egito, que, no ano de 2011 absorveram 13%, 8% e 6% do volume exportado pelo país (Gráfico 20). Isso sugere que, a despeito de grande parte da produção nacional ser orientada ao mercado internacional, as exportações brasileiras de açúcar possuem um mercado diversificado, uma vez que os cinco maiores importadores do açúcar nacional aglutinam cerca de 38% do total exportado, enquanto todos os outros países juntos (119 nações) respondem por 62% (INTRACEN, 2012).

Tabela 13 - Exportações de açúcar (t): países selecionados e mundo.

	2007	2008	2009	2010	2011
Brasil	19.359.021	19.472.520	24.294.098	27.999.491	25.359.150
Tailândia	4.408.343	5.011.803	5.052.570	4.500.719	6.520.671
França	1.963.446	1.983.566	2.249.800	2.339.178	2.334.385
México	195.448	983.606	992.616	875.690	1.409.988
Guatemala	1.295.092	1.297.409	1.591.333	1.742.084	1.288.316
Outros	19.353.221	19.100.183	15.252.586	19.522.441	15.316.812
Mundo	46.574.571	47.849.087	49.433.003	56.979.603	52.229.322

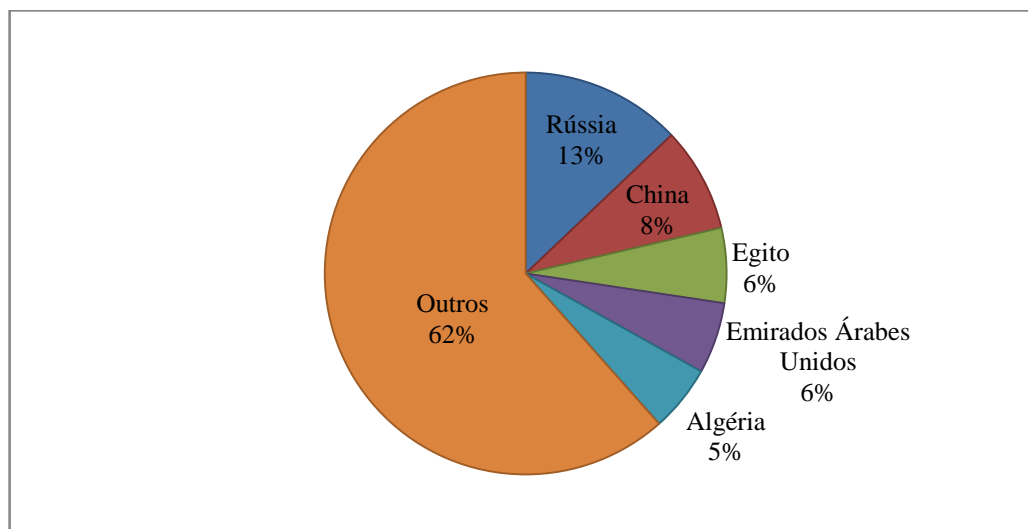
Fonte: Elaboração própria a partir de INTRACEN (2012).

Gráfico 19 - Principais exportadores e suas participações nas exportações mundiais de açúcar (2011).



Fonte: Elaboração própria a partir de INTRACEN (2012).

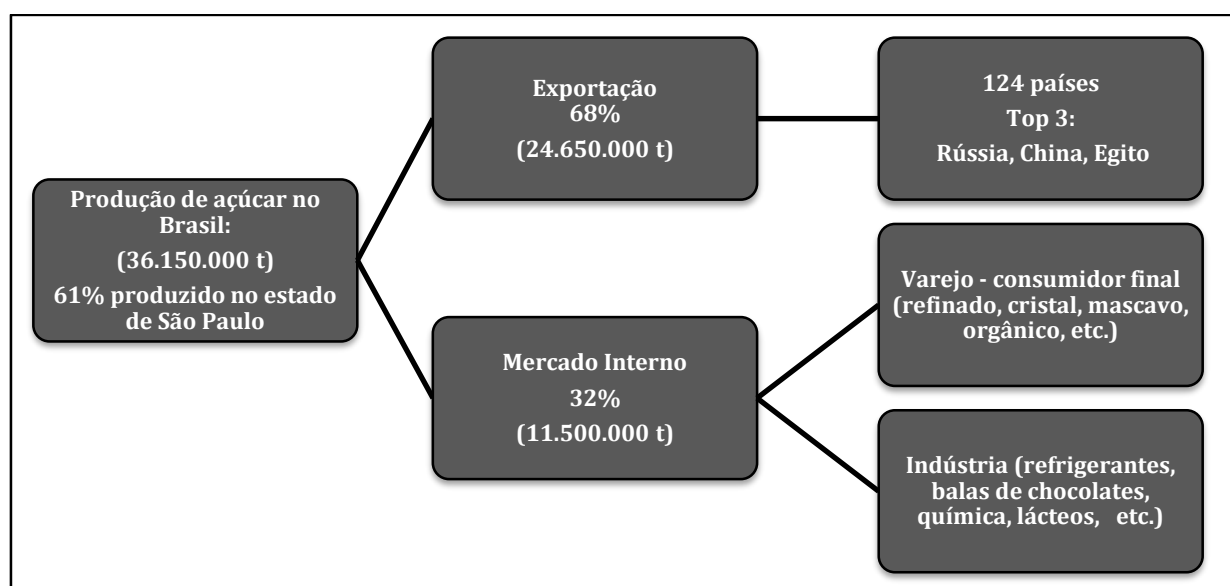
Gráfico 20 - Principais importadores do açúcar brasileiro na safra 2011/2012 e suas participações sobre o total (%).



Fonte: Elaboração própria a partir de INTRACEN (2012).

Cerca de 32% do que foi produzido na safra 2011/2012 orientou-se ao mercado interno (aproximadamente 11,5 milhões de toneladas) (USDA, 2012). Neves e Conejero (2010) apontam que, para a safra 2007/2008, 60% do açúcar foi absorvido pela *indústria* de alimentos e bebidas (sendo a indústria de refrigerantes, a maior consumidora de açúcar da indústria nacional), ao passo que 40% consumiu-se no *varejo*. A Figura 10 colabora para uma visão mais objetiva a respeito do mercado de açúcar.

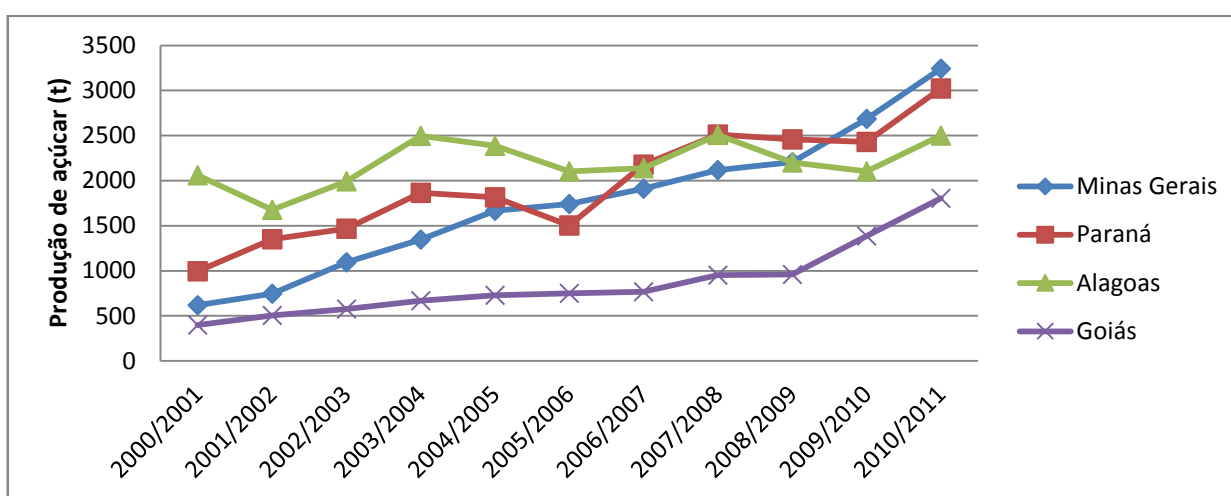
Figura 10 - Síntese das destinações do açúcar produzido no Brasil (safra 2011/2012).



Fonte: Elaboração própria a partir de USDA (2012).

Dentro do país, a produção de açúcar se dá essencialmente no centro-sul do país, sendo o estado de São Paulo, responsável por 61,7% da produção, seguido por Minas Gerais (8,5%) e Paraná (8%). Interessante observar como a produção nesses estados, assim como em Goiás, cresce ao longo da década de 2000, conforme ilustra o Gráfico 21: Minas Gerais, por exemplo, começa a década com uma produção tímida (aproximadamente de 620 toneladas de açúcar) para fechar a década com 3.200 toneladas, ultrapassando estados tradicionais como Paraná e Alagoas (IBGE, 2011).

Gráfico 21 - Evolução da produção de açúcar (em t) em alguns estados selecionados.



Fonte: Elaboração própria a partir de UNICA (2012).

3.3.3. Bagaço e Bioeletricidade

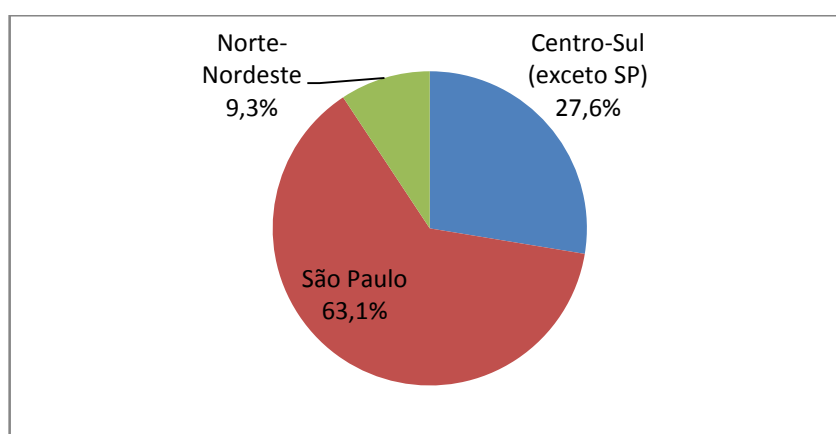
O processamento industrial da cana-de-açúcar necessita, como bem sublinha BNDES; CGEE (2008), três tipos de energia: térmica para os processos de aquecimento, mecânica para a movimentação de moendas, bombas e ventiladores, e elétrica para acionamentos, iluminação, etc. E a cogeração é um processo que permite a geração dos três tipos de energia a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar em caldeiras de alta pressão.

O sistema de cogeração já se consagra como aspecto estratégico dentro das usinas, uma vez que permite, a um só tempo, a *auto-suficiência* em termos de energia elétrica e, eventualmente, *oportunidade extra de negócio*, dado que o excedente produzido pode, no caso do Brasil, ser negociado e cedido às concessionárias do sistema elétrico nacional ou mesmo para consumidores livres (e.g. outras indústrias)⁴⁶. Considerando o ano de 2010, a eletricidade

⁴⁶ Neves e Conejero (2010) fazem uma pertinente análise do quadro regulatório do setor elétrico do país e como o complexo sucroenergético se insere nos canais de geração e distribuição do mesmo.

produzida a partir da biomassa de cana-de-açúcar respondia por 5% da matriz brasileira de geração, sendo maior que a capacidade de geração combinada de fontes como a nuclear (1,7%), eólica (0,7%) e carvão mineral (1,3%) (CONAB, 2011). Para a safra de 2009/2010, foram gerados aproximadamente 20 terawatts (20 milhões de megawatts) e, considerando todo o período da safra (218 dias, ou 4.468 horas), a geração chegou a cerca de 4.300 megawatts por hora⁴⁷. A região centro-sul responde por 90,7% do total gerado de energia elétrica por biomassa de cana-de-açúcar, sendo que apenas o estado de São Paulo produz 63,1% do total do país (Gráfico 22).

Gráfico 22 - Participação na produção brasileira de energia elétrica por biomassa de cana-de-açúcar: São Paulo, Centro-Sul e Norte-Nordeste (em %).



Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2011).

Os dados de CONAB (2011) mostram que aproximadamente 25% a 27% da cana-de-açúcar se transforma em bagaço e, desse total, 91% é destinado à cogeração. Na safra 2009/2010, foram gerados 166,7 milhões de toneladas de bagaço e a geração média de energia elétrica de uma usina brasileira típica foi de 50.971 mWh. Do total gerado, 67,3% foram originados de usinas que vendem energia excedente, ao passo que 32,7% foram gerados e consumidos em unidades não ligadas à rede de distribuição. A cogeração serve à agregação de valor à cana-de-açúcar: CONAB (2011) estima que haveria um acréscimo de 6,3% nas receitas por tonelada de cana-de-açúcar – uma empresa que produz apenas açúcar e etanol conseguiria auferir uma receita de R\$ 72,94 por tonelada de cana-de-açúcar processada, ao passo que, com a cogeração, esse número subiria a R\$ 77,84. A comercialização de energia

⁴⁷ A título de comparação, a usina de Itaipu, que funciona o ano todo, em 2009, gerou aproximadamente 10.400 mW/h.

movimentou na safra 2009/2010, pouco mais de R\$ 1 bilhão, conforme os dados da Tabela 14 – considerando uma remuneração média de R\$ 140,00 por megawatt hora, o que dá uma remuneração média de R\$ 29,93 por tonelada de bagaço (que eventualmente seria descartado, caso não houvesse a alternativa de queimá-lo) – sendo que 71% desse valor foi movimentado apenas no estado de São Paulo.

Tabela 14 - Estimativa de renda obtida com a venda de energia elétrica gerada através da biomassa de cana-de-açúcar.

-	Valor da venda da energia (R\$ 140,00 por mwh)	Receita gerada por tonelada de bagaço (R\$/t)
São Paulo	727.540,76	30,89
Minas Gerais	79.249,00	27,90
Goiás	67.380,00	34,05
Mato Grosso do Sul	30.406,00	27,86
Total Centro-sul	972.361,95	30,33
Total Norte-nordeste	52.128,93	24,02
Total Brasil	1.024.490,89	29,93

Nota: Considerando o pagamento médio de R\$ 140,00 por megawatt hora.

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2011).

A despeito da atratividade econômica da cogeração, uma parte substancial das usinas ainda não comercializa energia elétrica. CONAB (2011) conta 71,8% das usinas brasileiras produzindo energia por cogeração apenas para consumo próprio; e, desse universo, a grande maioria das firmas são de pequeno ou médio porte, sugerindo um quadro de inserção de grandes unidades industriais dentro do esquema geral de comercialização da bioeletricidade.

É razoável afirmar que há uma oportunidade interessante de suprimento de energia elétrica para o sistema nacional de distribuição advindo do potencial de geração das usinas brasileiras: muitas usinas ainda não estão totalmente integradas ao sistema de cogeração além da possibilidade de ampliação da capacidade de geração via técnicas e equipamentos mais eficientes. Estimativas de CONAB (2011) demonstram que, caso todo o potencial de uso do bagaço fosse utilizado, poderia haver um incremento de 99,4% no total de energia produzido – em vez dos 20 terawatts gerados na safra 2009/2010, o número poderia ter chegado aos 39,9 terawatts. Mais ainda, caso pontas, palha e folhas da cana-de-açúcar sejam utilizados efetivamente na cogeração, a quantidade de biomassa disponível para queima aumentaria em 50%, ampliando o potencial de geração em 80%. Em adição a isso, as projeções de

crescimento na demanda de etanol e açúcar até 2020 – e, portanto, da produção do complexo -, conforme destaca CONAB (2011), leva à suposição de que a quantidade de biomassa disponível para a cogeração será crescente nos próximos anos.

A Tabela 15 abaixo mostra que são gerados no Brasil, em média, 33,2 kWh por tonelada de cana-de-açúcar processada, ao passo que a tabela X, que demonstra a demanda de energia elétrica, assinala uma necessidade de 12kWh para o processamento de 1 tonelada de cana-de-açúcar. Isso mostra que um sistema de cogeração a partir da biomassa de cana-de-açúcar, permite um saldo positivo de 21,2 kWh por tonelada de cana processada. Em estados onde predominam técnicas mais eficientes, como São Paulo, esse saldo pode alcançar 22,9 kWh. BNDES (2008), entretanto, ressalta que o excedente de energia gerado varia enormemente conforme os atributos técnicos das caldeiras e do processo utilizados. Em caldeiras mais simples, o excedente ficaria próximo a 10 kWh por tonelada de cana-de-açúcar, ao passo que naquelas de altíssima pressão, o excedente poderia alcançar até 153 kWh/tc.

Tabela 15 - Média de energia gerada por tonelada de cana-de-açúcar e bagaço.

-	Média da Energia gerada por tonelada de cana processada (kWh)	Média da energia gerada por tonelada de bagaço queimado (kWh)
São Paulo	34,90	143,5
Minas Gerais	31,00	129,8
Goiás	28,80	111,4
Mato Grosso do Sul	31,00	134,6
Centro-sul	33,50	137,5
Norte-nordeste	30,90	117,0
Total Brasil	33,20	135,3

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2011).

Destaca-se, com isso, o caráter estratégico da cogeração tanto do ponto de vista privado (conforme se tentou demonstrar como é possível obter ganhos financeiros com a comercialização do excedente), quanto do público, uma vez que o complexo sucroalcooleiro pode complementar a oferta de energia total no país – sobretudo em um cenário de crescente demanda por energia elétrica. O Quadro 17 frisa algumas vantagens do processo de cogeração.

Quadro 17 - Algumas características da cogeração a partir da biomassa de cana-de-açúcar.

Permite a auto-suficiência das usinas e comercialização de excedentes	A partir da queima de um sub-produto, é possível gerar energia térmica, elétrica e mecânica para os processos industriais.
	Gera excedentes da ordem de de 10 a 150 kWh por tonelada de cana-de-açúcar, a depender das condições técnicas que podem ser comercializados com o sistema nacional de distribuição ou consumidores livres
Energia renovável , relativamente limpa e eficiente	Mais eficiente se comparado à outras formas de geração termelétricas (cogeração aproveita 85% do combustível, contra 30% a 50% das termelétricas convencionais)
	Menor impacto ambiental se comparado a outras formas (hidrelétricas, termelétricas a base de petróleo, etc.)
	Proporciona geração de créditos de carbono pelas emissões evitadas
Complemento ao ciclo hidrológico e à oferta de energia elétrica	O período de safra da cana-de-açúcar, e portanto, de cogeração, coincide com o período de seca dos reservatórios das usinas hidrelétricas do centro-sul, complementando a oferta de energia
Localização geográfica da oferta	O centro dinâmico da produção sucroenergética está relativamente próximo ao "coração" do sistema elétrico interligado
Tempo de construção	Tempo reduzido de instalação dos equipamentos de cogeração, se comparado à grandes usinas hidrelétricas
	Processo de licenciamento ambiental é menos complexo
Natureza do projeto	Projetos de menor porte, menor risco, etc.
	Fortalece indústria nacional de equipamentos
	Promove geração de emprego
Desafios	Inovações de processo rumo a maior eficiência energética (técnicas com utilização de turbinas e gaseificadores poderiam elevar o excedente produzido a 180kWh por tonelada de cana-de-açúcar).
	Uso de pontas, palha e folhas como combustível adicional à biomassa
	Infraestrutura: conexões elétricas, caldeiras, etc. mais acessíveis
	Aprimoramento de aspectos regulatórios para geradores e distribuidores

Fonte: Elaboração própria a partir de BNDES; CGEE (2008) e Neves; Conejero (2010).

3.3.4. Outros *outputs*: vinhaça, torta de filtro, leveduras, pontas e palhas e água residual.

Esta seção analisa brevemente os demais sub-produtos do processamento da cana-de-açúcar, quais sejam, vinhaça, torta de filtro, leveduras, palha e pontas e água residual.

A **vinhaça** é um sub-produto relacionado à produção de etanol, derivado do processo de fermentação alcoólica do mosto (que, por sua vez, advém do caldo). Possui “elevada quantidade de matéria orgânica, altas concentrações de sólidos (2,5% em média), sendo reaproveitável como fertilizante pela riqueza em potássio e pelos teores de nitrogênio e micro-nutrientes interessantes para o solo agrícola”(ANA *et al.*, 2009, p. 167). Ademais, como sai do processo a altas temperaturas⁴⁸, é utilizada para aquecer alguns fluidos, diminuindo a necessidade de energia térmica e elétrica para tal aquecimento, ao mesmo tempo em que reduz-se sua temperatura para posterior uso na fertirrigação. A taxa de produção de vinhaça é, em média, de 12 litros por litro de etanol – podendo variar de 7 a 18L/L de etanol (ANA *et al.*, 2009, p. 167) ou 800 a 1.000 L por tonelada de cana-de-açúcar processada (BNDES; CGEE, 2008, p.81). O volume aplicado na fertirrigação depende do tipo de solo e das necessidades do tipo de cana-de-açúcar, mas varia entre 100 a 300m³ por hectare.

É razoável admitir, conforme ressalta ANA *et al.* (2009), que a fertirrigação da lavoura de cana-de-açúcar a partir da vinhaça e de outros efluentes líquidos seja um dos processos responsáveis pela reduzida necessidade de lançamento de resíduos na base de recursos hídricos. Ao mesmo tempo, vislumbra-se a possibilidade de reduzir progressivamente o volume de vinhaça gerado a partir de processos técnicos específicos – a exemplo de inovações relacionadas à otimização da fermentação e recirculação de parte da vinhaça com reaproveitamento da parte líquida da mesma (ANA *et al.*, 2009).

BNDES; CGEE (2008) destaca, ainda, a possibilidade de biodigestão da vinhaça em biogás e eletricidade, o que permitirá gerar excedentes elétricos da ordem de 170 kWh por m³ de etanol produzido, ao passo que ANA *et al.*(2009) calcula 142kwh/m³ de etanol. Além desse rendimento em eletricidade, os sub-produtos decorrentes do processo de biodigestão da vinhaça ainda teriam de ser orientados da mesma maneira que a vinhaça comum. Em outros termos, a vinhaça mesmo biodigerida possui as características positivas (nutrição à cana-de-açúcar) e negativas (potencial de contaminação de água) que a vinhaça “comum”, tendo, portanto, que ser orientada à fertirrigação do solo (ANA *et al.*, 2009). A vinhaça, portanto, representa *elemento estratégico para o fechamento de ciclo do complexo sucroalcooleiro*, servindo a um só tempo à fertilização do solo e à geração de energia⁴⁹.

⁴⁸ O processo de fermentação, por se tratar de uma reação bioquímica exotérmica, dissipa calor. Por essa razão, a vinhaça sai com temperaturas próximas aos 90° C (ANA *et al.*, 2009).

⁴⁹ ANA *et al.* (2009) destacam, contudo, que o processo de biodigestão encontra uma barreira em termos de custo, dado que a energia gerada por essa via não consegue competir com aquela obtida via contratos de longo prazo com concessionárias de energia elétrica. Apenas uma usina tem gerado energia através de biodigestão da vinhaça. Contudo, a possibilidade encontra-se em aberto.

Outro resíduo surge do processo de clarificação do caldo de cana-de-açúcar, o qual gera uma espécie de lodo como sub-produto - conhecido também como **torta de filtro**. Esse resíduo é rico em fósforo e pode ser misturado ou não a outros resíduos sólidos (como a fuligem e cinzas advindas das caldeiras) e direcionado às áreas de reforma do canavial, servindo como fertilizante. A taxa de produção deste resíduo é, em média, de 40kg por tonelada de cana-de-açúcar processada (ANA *et al.*, 2009).

Há de se ressaltar que tanto a vinhaça quanto a torta de filtro colaboram para o quadro de baixa utilização de fertilizantes nos canaviais – conforme destaca BNDES; CGEE (2008), embora não traga efeitos substanciais sobre a oferta de nitrogênio⁵⁰, a reutilização de ambos os resíduos reduz significativamente a demanda de fósforo e potássio.

As **leveduras** são absolutamente relevantes dentro do processamento da cana-de-açúcar para a produção de etanol; é a partir delas que ocorre a fermentação dos açúcares. Ao mosto produzido a partir do caldo, são adicionados os fungos da espécie *Saccharomyces cerevisae* que fermentarão tal solução, produzindo a partir daí, o vinho. Após a fermentação, o vinho é centrifugado, permitindo a recuperação das leveduras, que, depois de tratadas, serão reutilizadas em novas fermentações. Ademais, algumas usinas produzem a levedura seca, “suplemento protéico de baixo custo, empregado como componente de ração animal e na indústria de alimentos” (BNDES; CGEE, 2008, p. 118) e que serve como elemento adicional de diversificação produtiva, uma vez que tais sub-produtos podem ser comercializados. Ressalta-se, portanto, o potencial de integração entre o complexo sucroalcooleiro e os setores alimentícios (humano e animal) a partir da produção de leveduras. Para cada litro de etanol, são produzidos entre 15 e 30 g de levedura seca. BNDES e CGEE (2008) destacam que tais leveduras têm sido, inclusive, exportadas para países do sudeste asiático, servindo como alimento para peixes e camarões, podendo render ao produtor de US\$ 187 a US\$ 375 por m³ de etanol produzido.

Cabe destacar que inovações em termos de cepas de leveduras adaptadas permitem teores maiores de etanol produzido por estes microorganismos – trata-se da fermentação com alto teor alcoólico, que, a um só tempo permite a ampliação do rendimento de etanol e pode reduzir a quantidade de vinhaça gerada, segundo ANA *et al.* (2009).

⁵⁰ Ainda em BNDES e CGEE (2008), ressalta-se a disponibilidade de nitrogênio nos solos dos canaviais, que são superiores aos aportes de fertilizantes nitrogenados. Isso tem se verificado em razão de mecanismos naturais de fixação de nitrogênio por microorganismos nos rizomas da planta. Esse quadro, associado ao reuso, colabora para a redução da intensidade de insumos fertilizantes no processo produtivo.

Outro resíduo a ser considerado surge da produção da matéria-prima. Um terço da cana-de-açúcar é composto de **folhas, pontas e palha** (NEVES; CONEJERO, 2010). A utilização desses elementos é relevante por três razões: *i*) primeiro que amplia a quantidade de biomassa disponível para queima e, automaticamente, incrementa o potencial de cogeração de energia⁵¹; *ii*) em segundo lugar, a depender do uso que se faz desses componentes, reduz-se substancialmente as emissões de gases do efeito estufa (GEE) para a atmosfera, sobretudo quando estes não são queimados na pré-colheita; e *iii*) a palha pode ser utilizada em técnicas agronômicas de forragem do solo, colaborando a um só tempo para a eliminação de plantas daninhas e redução da quantidade de herbicidas utilizados na lavoura. Nesse sentido, aliado a pressões legais, o recurso às queimadas deixa de ser interessante, uma vez que destrói essa biomassa com potencial estratégico de uso.

Vislumbra-se, ainda, a utilização das palhas, pontas e folhas, assim como do bagaço, para a produção do *etanol de 2ª geração*, ou *etanol celulósico*. Trata-se de produzir etanol através das partes celulósicas da planta, com técnicas ainda em desenvolvimento, mas que, sem dúvidas, ampliaria de forma substancial a produtividade de etanol por hectare utilizado com cana-de-açúcar.

Por fim, um último tipo de resíduo vale ser rapidamente analisado. A **água residual** que sai do processo produtivo e não é reutilizada no mesmo, é composta de todos os efluentes líquidos advindos da lavagem da cana-de-açúcar, circuitos de resfriamento, sobras de águas condensadas, além da lavagem de pisos e equipamentos, somando em torno de 1,1 m³ por tonelada de cana-de-açúcar processada (ANA *et al.*, 2009). Tais efluentes são ricos em matéria orgânica e sais, o que abre a possibilidade de reaproveitamento para irrigação dos canaviais – que geralmente ocorre em conjunto com a aplicação da vinhaça no processo de fertirrigação. Cálculos de ANA *et al.* (2009) demonstram que aproximadamente 20% da lavoura pode ser irrigada usando a água residual do processamento da cana-de-açúcar, colaborando sobremodo para o fechamento do ciclo de matéria no complexo sucroalcooleiro.

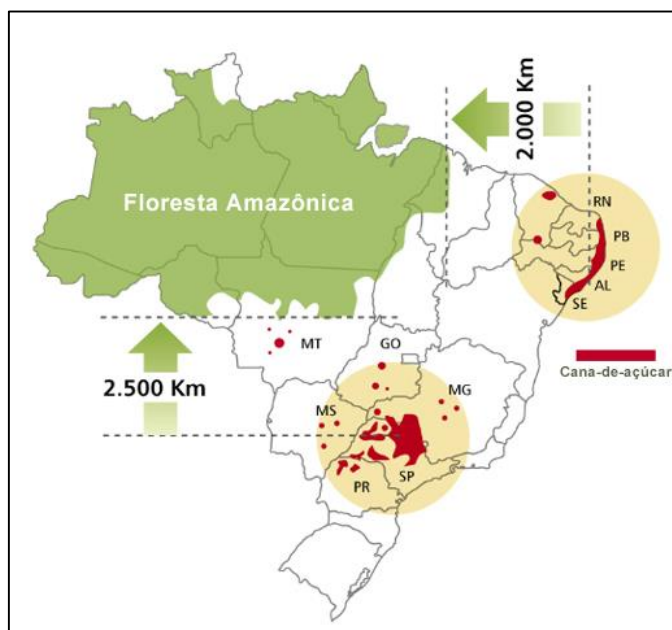
A seguir, no Capítulo 4, será realizada uma análise mais específica do complexo sucroalcooleiro, partir da aplicação do modelo proposto no Capítulo 2, especificamente para o complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro (TM).

⁵¹ BNDES e CGEE (2008) sugerem que, com a agregação da palha ao bagaço para a cogeração, o excedente de energia gerada seja, em média, superior a 100 kw por tonelada de cana-de-açúcar. Conforme já ressaltado na seção que trata da bioeletricidade, CONAB (2011) destaca que essa agregação aumentaria em 50% o volume de biomassa disponível para queima, o que significaria uma ampliação no potencial de cogeração em 80%.

Capítulo 4 – A aplicação do modelo: o complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro

O complexo sucroalcooleiro contemporâneo – ao contrário do que acontecia no período colonial - está geograficamente concentrado no centro-sul do país. Graças à evolução de técnicas agrônômicas e bioquímicas, os solos do bioma do Cerrado se tornaram receptivos a uma série de culturas – dentre elas, a de cana-de-açúcar. Os maiores produtores estão situados nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná e Mato Grosso do Sul. Há ainda um cinturão de produção sucroalcooleira no litoral do nordeste brasileiro, em estados como Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. A Figura 11 ilustra a distribuição espacial no país:

Figura 11 - Distribuição espacial do complexo sucroalcooleiro no Brasil.



Fonte: Unica (2012).

Por motivos de custos e de logística as usinas de transformação devem estar posicionadas nas proximidade das lavouras, de modo que a região de produção de matéria-prima é também o espaço de industrialização dos vários produtos da agroindústria. Isso denota, portanto, que o setor sucroalcooleiro é espacialmente concentrado – tanto do ponto de vista macro-regional (centro-sul e nordeste, por razões naturais de clima e solo), quanto do

ponto de vista micro-regional/local (por concentrar em alguns municípios a maioria das lavouras e usinas)⁵².

Em agosto de 2012, o número de usinas em todo o país chegou a 397 unidades (BRASIL, 2012), sendo que 318 (80,1%) delas se situam na região Centro-Sul do país – 43% (171 usinas) estão instaladas apenas no Estado de São Paulo. Minas Gerais fica em segundo lugar, com 41 unidades (10,3%) e Goiás, em terceiro, com 34 instalações – ou 8,5%. A Tabela 16 abaixo demonstra a distribuição das usinas pelo país. Não é difícil perceber, portanto, que o centro dinâmico do complexo é a *região centro-sul* brasileira, que dispõe de condições naturais, institucionais e econômicas bastante propícias ao desenvolvimento do setor.

Tabela 16 - Número de usinas: Brasil, estados e regiões.

Norte-Nordeste			Centro-Sul		
Estado	Usinas*	%	Estado	Usinas*	%
Acre	1	0,25	Espírito Santo	5	1,26
Alagoas	24	6,05	Goiás	34	8,56
Amazonas	1	0,25	Minas Gerais	41	10,33
Bahia	6	1,51	Mato Grosso do Sul	21	5,29
Ceará	2	0,50	Mato Grosso	11	2,77
Maranhão	4	1,01	Paraná	30	7,56
Pará	1	0,25	Rio de Janeiro	4	1,01
Paraíba	9	2,27	Rio Gde. do Sul	1	0,25
Pernambuco	20	5,04	São Paulo	171	43,07
Piauí	1	0,25	Total CS	318	80,10
Rio Gde. do Norte	4	1,01			
Roraima	1	0,25			
Sergipe	4	1,01			
Tocantins	1	0,25			
Total NN	79	19,90			
			Brasil	397	100,00

*Nota: Dados referentes a 23/08/2012.

Fonte: Elaboração própria a partir de BRASIL (2012a).

Ainda que o Estado de São Paulo seja o grande *player* do complexo sucroalcooleiro brasileiro, há uma clara desconcentração espacial das atividades canavieiras rumo às regiões de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul ao longo dos anos 2000; estes estados

⁵² Em CONAB (2012) há um levantamento da distância média entre a colheita da cana e a unidade de processamento - no Brasil, tal distância é de aproximadamente 24,5km, sendo que 48,59% das usinas ficam a até 20 km do ponto de colheita. Isso ajuda a ilustrar o fato de que o espaço da produção sucroalcooleira é também o espaço da produção do insumo principal: a cana-de-açúcar.

representam, nas palavras de Neves e Conejero (2010) as novas fronteiras da cana-de-açúcar, movimentando vultuosas quantias de investimento (os autores estimam que entre 2008 e 2012, nesses estados, sejam investidos cerca de US\$ 33 bilhões em 76 projetos de novas usinas, além de ampliação do plantio da cana-de-açúcar). Dentre os fatores que explicam tal expansão da fronteira destaca-se a elasticidade da oferta de terras, bem como o custo para o plantio de cana em Minas Gerais e Goiás, por exemplo. O Gráfico 8 e a Tabela 6 mostrados anteriormente⁵³ demonstram essa realocação através da elevação da participação de alguns estados sobre a produção total do país.

Este capítulo, que tem por objetivo apresentar os resultados da aplicação do modelo analítico, estrutura-se da seguinte maneira: no item 4.1 apresenta-se o complexo sucroalcooleiro em Minas Gerais e no Triângulo Mineiro de maneira mais geral; no item 4.2 encontram-se as considerações metodológicas que guiaram a realização deste trabalho; no item 4.3 e em todas as suas sub-seções, o complexo sucroalcooleiro triangulino é analisado à luz do modelo proposto no item 2.2. do Capítulo 2; por fim, no item 4.4, há um breve esforço de sintetizar o que foi apreendido na aplicação do modelo.

4.1. O Complexo sucroalcooleiro em Minas Gerais e no Triângulo Mineiro

Dados da Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais (SIAMIG, 2012) demonstram que o setor representava, em 2010, aproximadamente 18% do PIB do agronegócio mineiro, estando presente em 115 municípios (sendo 35 deles com unidades industriais) e empregando aproximadamente 78 mil pessoas. O movimento de expansão do setor rumo à Minas Gerais gerou investimentos da ordem de US\$ 4 bilhões (de 2003, a partir de quando a expansão se fez com maior intensidade, até 2010). Foram 23 novas unidades instaladas, principalmente a partir de 2006, essencialmente na região do Triângulo Mineiro. Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (BRASIL, 2012) o Triângulo Mineiro contava, em agosto de 2012, com 22 usinas, o que representa 53,7% do total de instalações mineiras ou 5,5% das brasileiras – o número é maior que o verificado em todo o estado de

⁵³Cf. páginas 90 e 91.

Mato Grosso do Sul, por exemplo. A Tabela 17 lista as usinas situadas no Triângulo Mineiro, ao passo que a Figura 1 ilustra a distribuição espacial das mesmas⁵⁴:

Tabela 17 - Usinas de processamento de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro.

Usina	Município
1 Alvorada	Araporã
2 Aroeira	Tupaciguara
3 Cabrera Energética	Limeira do Oeste
4 Cachoeira	Tupaciguara
5 Caeté - Volta Grande	Conceição das Alagoas
6 Cerradão	Frutal
7 Companhia Energética Vale do São Simão	Santa Vitória
8 Conquista de Minas	Conquista
9 Coruripe - Carneirinho	Carneirinho
10 Coruripe - Limeira do Oeste	Limeira do Oeste
11 Coruripe - Campo Florido	Campo Florido
12 DAMFI	Canápolis
13 Delta	Delta
14 Frutal	Frutal
15 Itapagipe	Itapagipe
16 Ituiutaba Bioenergia	Ituiutaba
17 Iturama	Iturama
18 Santo Ângelo	Pirajuba
19 Triálcool	Canápolis
20 Uberaba	Uberaba
21 Vale do Paranaíba	Capinópolis
22 Vale do Tijuco	Uberaba
- Total	22
- Total/MG	53,7%
- Total/BR	5,50%

Fonte: Elaboração própria a partir de BRASIL (2012a).

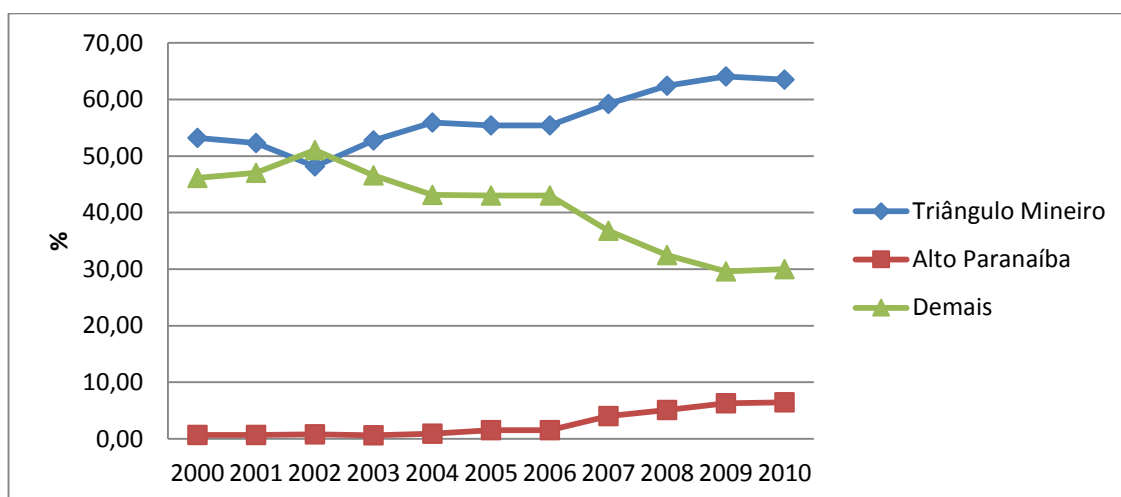
Previtali *et al.* (2010) atentam para o movimento de realocação geográfica do setor sucroalcooleiro advindo de regiões como interior do estado de São Paulo rumo ao Triângulo Mineiro. Tal expansão geográfica do complexo se dá em razão de uma série de fatores relacionados à qualidade física do solo, à posição geográfica estratégica da região – que garante vantagens logísticas -, bem como graças a incentivos públicos e disponibilidade de mão de obra. É importante ter em perspectiva que o movimento de consolidação recente do setor sucroalcooleiro na região vem condicionando alterações importantes nas relações sociais, ambientais e econômicas, trazendo à tona velhos e novos problemas.

Siqueira e Reis (2006) ajudam a corroborar a ideia de que o movimento de expansão do complexo sucroalcooleiro em Minas Gerais se deu majoritariamente na região do

⁵⁴ Em que pese o fato de que todos os municípios do Triângulo Mineiro – à exceção de Cascalho Rico – produzirem cana-de-açúcar, segundo a Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2011) é interessante notar que as usinas estão espacialmente concentradas em municípios que margeiam os rios Grande e Paranaíba.

Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, ao afirmarem que, entre 1990 e 2004, a produção de cana-de-açúcar cresceu 88%, ao passo que, em regiões como a Zona da Mata – onde a produção era significativa -, houve um decréscimo da ordem de 25%. Os dados de IBGE (2011) ajudam a ilustrar esse fato. No Gráfico 23, estão os percentuais de participação de todas as mesorregiões mineiras na produção de cana-de-açúcar. Ali fica claro que as demais regiões mineiras⁵⁵ perdem importância relativa, caindo de 46% a 30% entre 2000 e 2010. Comportamento distinto das regiões Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, as únicas que ampliam suas participações – para o mesmo período, o Triângulo amplia sua participação de 53,2 % a 63,5%, à medida que o Alto Paranaíba passa de 0,6% a 6,5%⁵⁶ (IBGE, 2011).

Gráfico 23 - Evolução da participação (%) de mesorregiões mineiras sobre o total produzido de cana-de-açúcar em Minas Gerais: 2000 a 2010.



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

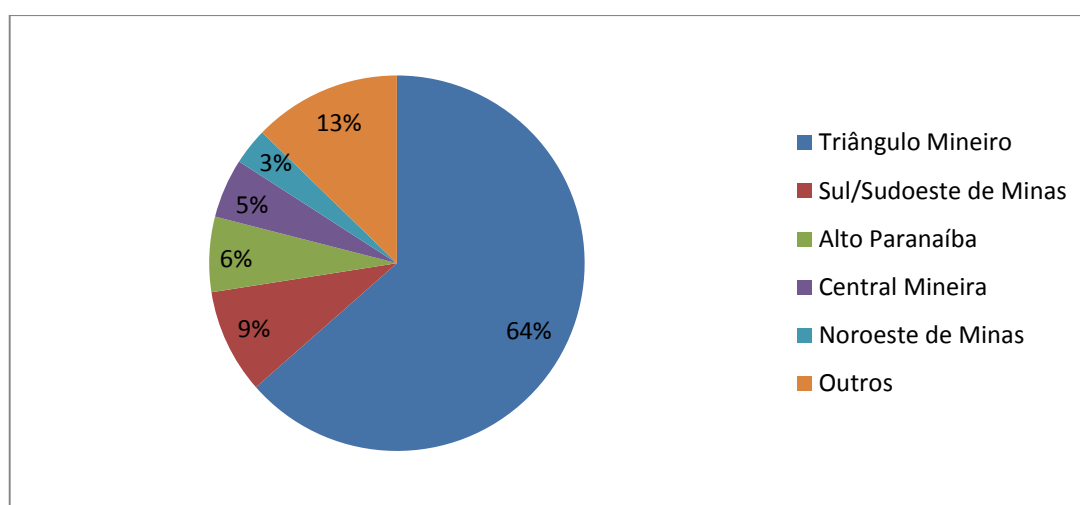
Ademais, ainda de acordo com dados da SIAMIG (2012), o Triângulo Mineiro sozinho responde por 64% do etanol e 77% do açúcar produzidos no Estado. Para os mesmos itens, a região do Alto Paranaíba, por sua vez, produz 7% e 3%, respectivamente. Fica patente, desde logo, que o complexo sucroalcooleiro mineiro tem sua dinâmica condicionada majoritariamente pelo que ocorre no Triângulo Mineiro, conforme demonstram os dados de

⁵⁵ Destaca-se, de acordo com dados de IBGE (2011), a perda relativa de mesorregiões como Sul/Sudoeste de Minas, Central Mineira e Zona da Mata perdem posições relativas: Sul/Sudoeste de Minas cai de 12,5% a 9%; a região Central Mineira parte de 8%, ampliando levemente sua participação até 2002, quando começa a decair até alcançar 5% em 2010; a Zona da Mata, por seu turno, também sai de um patamar próximo a 8%, terminando em 3%.

⁵⁶ É importante ressaltar o relevante processo de crescimento na produção para a mesorregião do Alto Paranaíba: os números de IBGE (2011) demonstram que naquela região produziu-se 125.060 t de cana em 2000, ao passo que em 2010 o total chegou a 3.923.200 t.

IBGE (2011). Considerando-se o estado, constata-se que Minas Gerais, em 2010, produziu 8,4% da cana-de-açúcar nacional, sendo que 5,9% foram produzidas no TM. Em termos absolutos, aproximadamente 42,4 milhões de toneladas de foram produzidas no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – destes, 38,4 milhões de toneladas vieram unicamente do Triângulo Mineiro, contra 3,9 milhões de toneladas do Alto Paranaíba. Outra forma de visualizar o que foi descrito, está no Gráfico 24, onde se observam as participações das mesorregiões na produção de cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais:

Gráfico 24 - Participação das mesorregiões na produção total mineira em 2010.

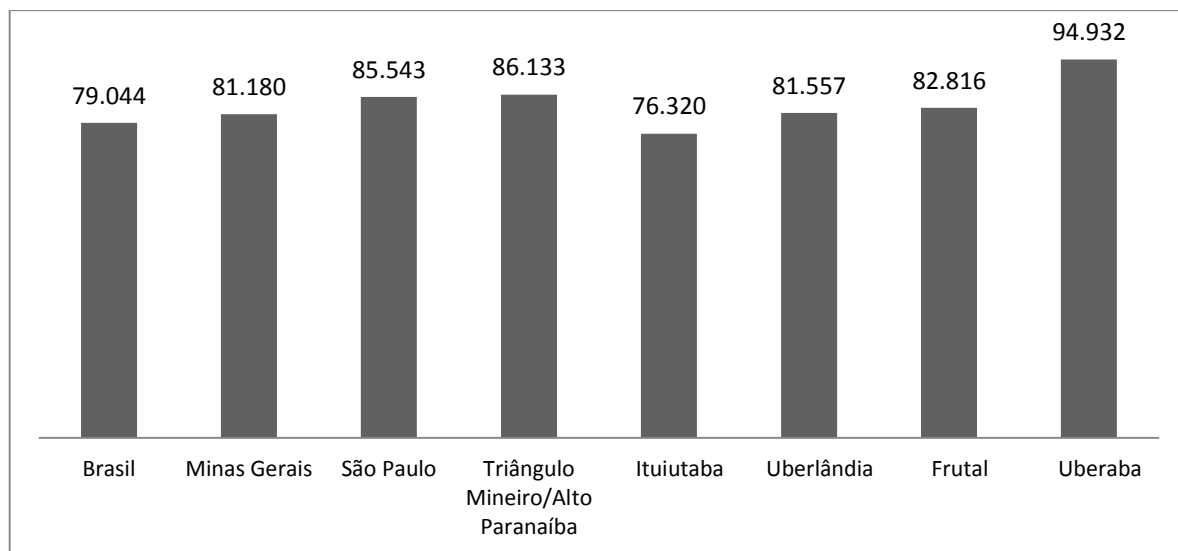


Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

Os condicionantes da expansão do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro são tratados em Siqueira e Reis (2006). Os autores, com o auxílio de representantes das usinas da região, buscaram elencar os elementos relacionados ao estabelecimento do setor na região. Destacam, em primeiro lugar, as características físicas e naturais do Triangulo Mineiro, como a topografia, tipo de solo e condições agroclimáticas. Isso condiciona fortemente o rendimento das safras; para o ano de 2004, apontam os autores, a o rendimento da cana-de-açúcar na região chegou a 83,6 toneladas por hectare, superando as médias nacional e paulista (73,7 e 81,1 ton./ha, respectivamente). IBGE (2011) corrobora esses números indicando que a produtividade média da região alcançou 86, 1 t/ha no ano de 2010. O Gráfico 25 exhibe os rendimentos médios de regiões selecionadas, demonstrando que no Triângulo Mineiro, de maneira geral, se produz mais por hectare que as médias nacionais, mineira e paulista, chegando a um patamar de 86 t/ha. Se considerados os números das microrregiões do Triangulo Mineiro, verifica-se que esse valor é puxado, sobretudo, pelodesempenho da

microrregião de Uberaba, onde um hectare rende quase 95 toneladas de cana-de-açúcar, ao passo que as outras microrregiões apresentam números entre 76 e 82 t/ha.

Gráfico 25 - Rendimento médio da cana-de-açúcar (kg/ha) no ano de 2010.



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

Associados ao rendimento do solo proporcionado pelas condições físicas da região estão a disponibilidade e o preço dos insumos, que são adquiridos e negociados, de modo geral, com associações de fornecedores de cana-de-açúcar. Uma parte reduzida da produção de cana-de-açúcar, principal insumo da cadeia, é realizada pela usina, sendo comum a utilização de contratos de arrendamento ou a aquisição via relacionamento com tais associações de produtores. Para o Triângulo Mineiro, Siqueira e Reis (2006) afirmam que o desenho dos contratos e o modo de relacionamento entre usinas e produtores rurais faz com que o poder de barganha destes últimos seja relativamente reduzido, traduzindo-se em vantagens para as usinas. Destacam ainda que, do ponto de vista das usinas, o preço e a disponibilidade de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro, são elementos favoráveis para a competitividade do setor.

Ambas as vantagens mencionadas são contrabalanceadas por outros elementos não tão favoráveis. O determinante “Estrutura e Relações de Mercado” não se apresentou plenamente favorável. Isso aconteceu, basicamente, por três motivos: alta concentração de alguns elementos a jusante e a montante da agroindústria sucroalcooleira na região, dificuldades no relacionamento com esses elementos e concorrência com os produtos paulistas (SIQUEIRA; REIS, 2006, p. 214).

Tais dificuldades se traduzem em termos de concentração no setor de fertilizantes e maquinário agrícola (levando a dificuldades na negociação de preços e disponibilidade de insumos); dificuldades de relacionamento com os mercados de açúcar e etanol, cada vez mais exigentes quanto à qualidade dos produtos (especialmente os para exportação); e forte concorrência das usinas paulistas, caracteristicamente maiores e com melhores condições para condicionarem preços e quantidades.

Como mencionado anteriormente, a expansão do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro vem trazendo uma série de modificações econômicas, sociais e ambientais para a região. Pode-se dizer que a região passa por um processo de desterritorialização e reterritorialização⁵⁷; a transformação de uma série de elementos territoriais em razão do estabelecimento de um “novo setor”. Carvalho e Cleps Jr. (2008) chamam a atenção para alguns destes elementos que vêm sendo modificados de maneira sensível. Para além da incorporação de um setor que fornece nova dinâmica econômica a uma série de municípios – e da região como um todo –, os autores salientam fenômenos tais como novos fluxos de migração e concentração fundiária, que por sua vez, levam a alterações substantivas nas relações de trabalho. Novos perfis econômicos e demográficos em municípios relativamente pequenos e mal servidos de infra-estrutura urbana básica, também levam a novas dinâmicas urbanas – algumas positivas, a exemplo do florescimento de atividades mais sofisticadas de serviços, e outras negativas, a exemplo do encarecimento serviços ou tensão entre população local e imigrantes.

Os dados da Tabela 18 talvez ajudem a elucidar e perceber a mudança de dinâmicas territoriais a partir da evolução espacial e econômica do complexo sucroalcooleiro em substituição a atividades tradicionais. Os números mostram a área de expansão da lavoura de cana-de-açúcar em substituição a determinadas culturas: há um claro processo de substituição de lavouras como milho e soja, cujas terras são orientadas à produção de cana-de-açúcar. Na safra 2009/2010, quase 50.000 hectares de soja cederam lugar aos canaviais. Mas nenhuma dessas culturas perde tanto espaço para as atividades canavieiras quanto a pecuária. Percebe-

⁵⁷ Os processos dinâmicos de Territorialização, desterritorialização e reterritorialização são trabalhados teoricamente por Raffestin (2009) e Saquet (2009). Como já abordado, o território é produto de *relações humanas no espaço e no tempo* e, portanto, *historicamente definido e dinâmico*. O processo de territorialização, desterritorialização e reterritorialização (TDR) é reflexo de tal dinamismo e fluidez e permite vislumbrar o território também como *processo*, não apenas como *coisa*. Os elementos que territorializam determinado espaço são os mesmos que o desterritorializam e o reterritorializam. Saquet (2009) define sucintamente a desterritorialização como a “destruição” ou “desintegração” de antigos território, ao passo que a reterritorialização se relaciona ao estabelecimento de novos territórios com uma *nova apropriação* política, simbólica, econômica, etc. do espaço.

se que para a safra de 2009/2009, em todo o país, aproximadamente 226 mil hectares de pastagens deram lugar a plantações de cana-de-açúcar.

Tabela 18 - Área de expansão da lavoura de cana-de-açúcar sobre determinadas culturas (em ha): safra 2009/2010.

-	Milho	Soja	Café	Pastagens
Brasil	9.570	49.585	820	226.340
Centro-Sul	9.570	40.887	820	216.897
Norte-Nordeste	-	8.698	-	9.443
Minas Gerais	3.006	3.682	270	27.554
Goiás	2.567	26.871	-	45.620
Mato Grosso do Sul	-	4.691	-	69.424
Mato Grosso	3.185	1.145	-	3.803

Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2012).

Se analisada a evolução da expansão da lavoura de cana-de-açúcar apenas sobre as áreas de pastagens (Tabela 19), CONAB (2008, 2010, 2012) demonstra que mesmo em estados onde a cultura canavieira já é bem estabelecida, como São Paulo, a área de terras substituídas por canaviais é elevada. Contudo, apenas nas novíssimas fronteiras agrícolas do complexo é que a área substituída é crescente nos três períodos analisados: Goiás e Mato Grosso do Sul. Ao contrário, em São Paulo, Paraná e mesmo Minas Gerais, há um decréscimo da substituição entre as safras de 08/09 e 09/10.

Tabela 19 - Área de expansão da lavoura de cana-de-açúcar sobre áreas de pastagens (ha).

-	07/08	08/09	09/10
Brasil	423.120	349.248	226.340
Centro-Sul	409.421	328.540	216.897
Norte-Nordeste	13.699	20.709	9.443
Minas Gerais	48.562	56.500	27.554
Goiás	28.170	35.494	45.620
Mato Grosso do Sul	35.542	40.347	69.424
Mato Grosso	2.685	2.335	3.803
São Paulo	242.146	160.647	65.026
Paraná	45.545	30.841	4.407

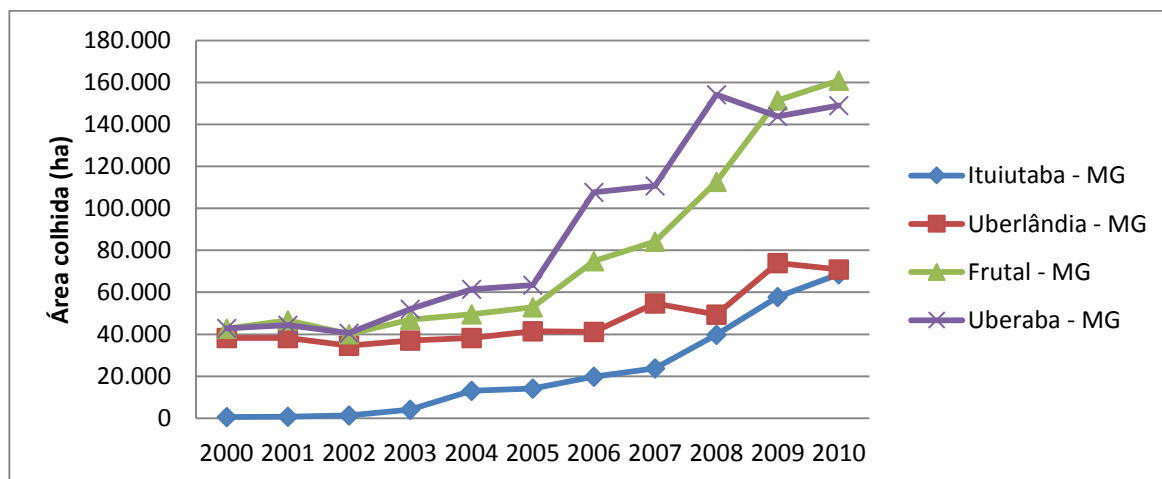
Fonte: Elaboração própria a partir de CONAB (2008, 2010, 2012).

Teixeira; Nascimento (2012) também analisam esse processo de substituição à luz do processo de desterritorialização no Triângulo Mineiro. Concluem que o avanço da cana-de-açúcar ocorre concomitante a um decréscimo da importância de culturas de soja, milho e pecuária bovina – sobretudo esta última. A depender do município, ou da microrregião,

contudo, esse movimento é sentido com maior ou menor intensidade em razão de fatores diversos, o que demonstra que a expansão do complexo, não se dá de maneira uniforme no espaço. Esta constatação é semelhante à de Michelotto (2008).

As microrregiões de Uberaba e Frutal, imediatamente próximas ao vale do rio Grande, são aquelas onde mais fortemente se verifica a expansão da cana-de-açúcar desde os anos 1970. Isso pode ser visualizado a partir do Gráfico 26, que demonstra, de fato, que a área colhida nessas duas regiões é substancialmente maior que nas microrregiões situadas mais próximas da bacia do Rio Paranaíba – Uberlândia e Ituiutaba – e que a diferença na dinâmica produtiva entre essas microrregiões acentua-se a partir de 2005, em que pese o crescimento verificado na microrregião de Ituiutaba desde 2004. Em 2010, a área colhida nas microrregiões de Ituiutaba e Uberlândia chegou a um patamar próximo a 70.000 hectares, ao passo que nas de Frutal e Uberaba tal grandeza alcançou aproximadamente 160.000 hectares. A partir disso pode-se afirmar que o complexo sucroalcooleiro triangulino é relativamente mais maduro nas áreas do vale do Rio Grande. De outro lado, a expansão mais recente se dá no vale do Rio Paranaíba, com a introdução recente de usinas em municípios como Santa Vitória e Araguari.

Gráfico 26 - Evolução da área colhida de cana-de-açúcar (em ha) por microrregião do Triângulo Mineiro.

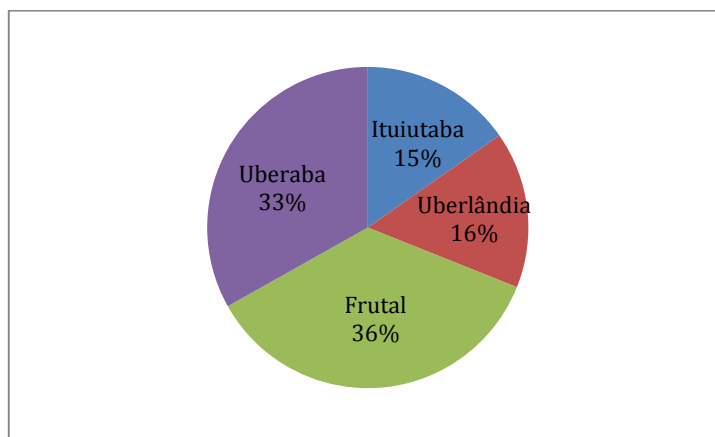


Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2011).

Ainda considerando a área colhida em 2010, a região de Frutal respondeu por 36% e a de Uberaba 33%, conforme ilustra o Gráfico 27. Se analisado por município, verifica-se a preponderância de Uberaba, Conceição das Alagoas, Iturama e Frutal (IBGE, 2011). Do ponto de vista da produção de cana-de-açúcar em toneladas, a composição é semelhante. A

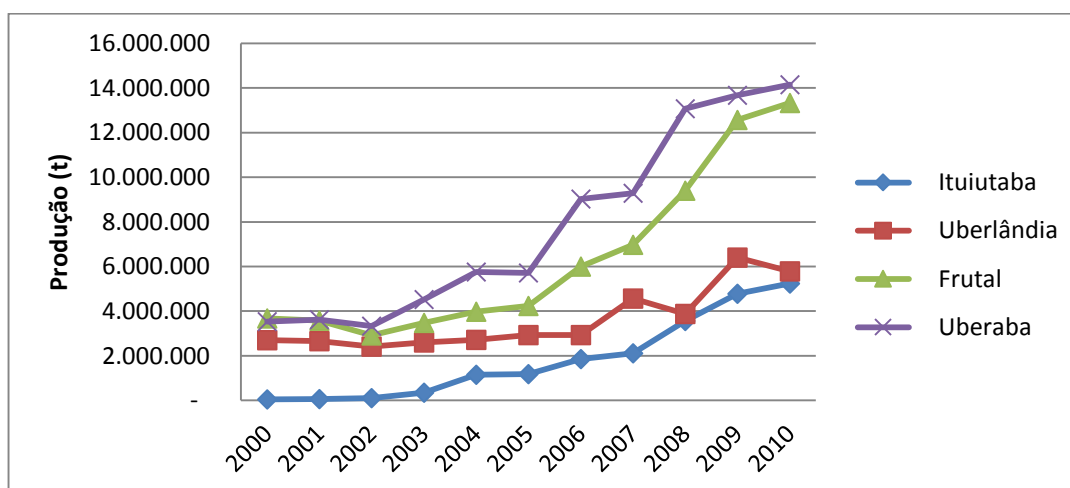
microrregião de Uberaba é a maior produtora (14,1 milhões de toneladas produzidas naquele ano, conforme atesta o Gráfico 28, que demonstra a evolução da produção por microrregião), assim como a mais produtiva (94,9 t de cana/ha) (conforme já analisado no Gráfico 25 sobre o rendimento por hectare).

Gráfico 27 - Porcentagem da área colhida no Triângulo Mineiro por microrregião (2010).



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE-PAM (2011).

Gráfico 28 - Evolução da produção de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro por microrregião.



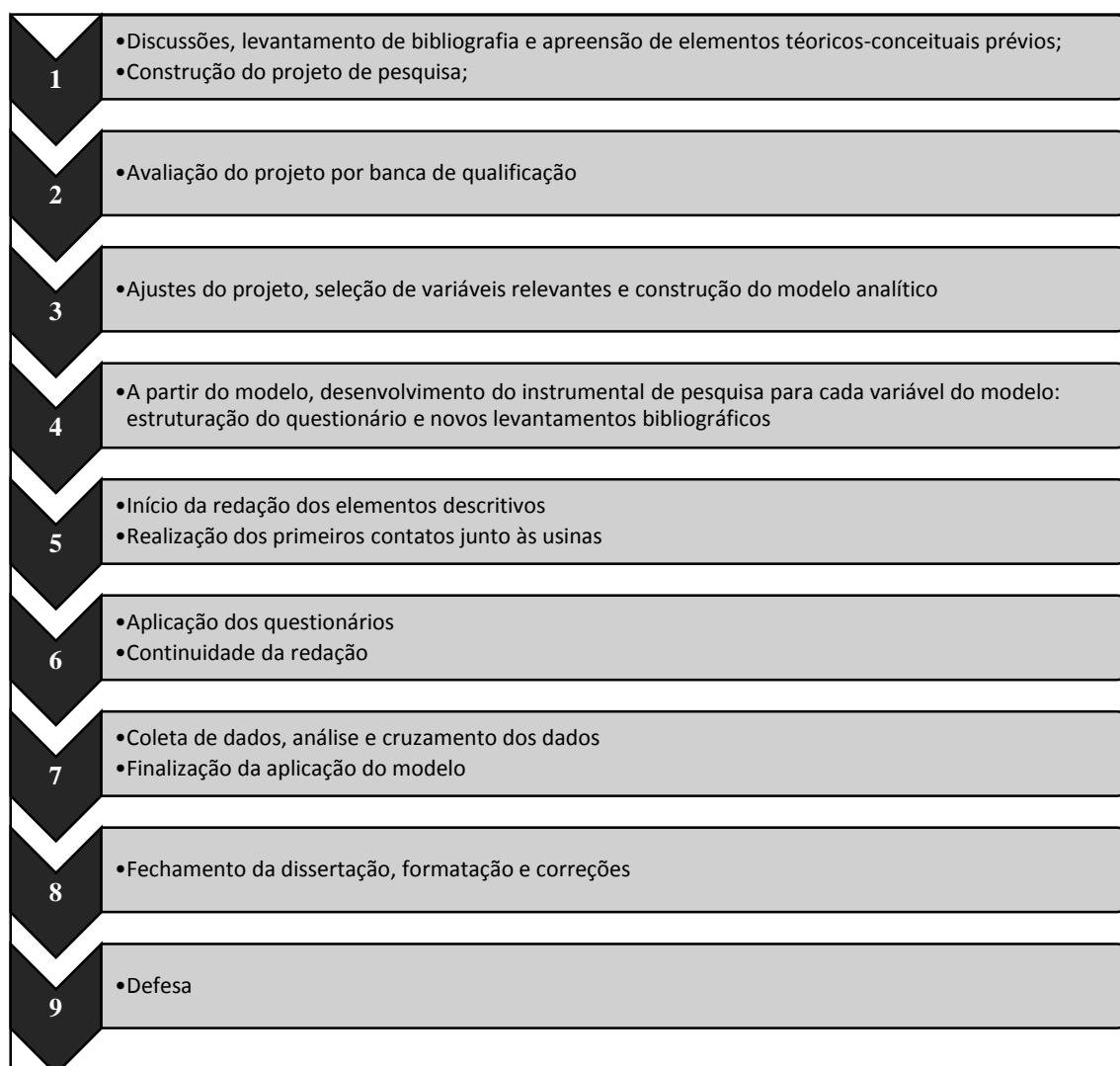
Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE-PAM (2011).

Para que seja possível apresentar os resultados da análise do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro, é necessária uma breve descrição dos métodos e instrumentos utilizados objetivando tal análise. A próxima seção tem por objetivo apresentar os principais elementos do método, técnica e instrumentos utilizados na pesquisa.

4.2. Considerações metodológicas a respeito da pesquisa e aplicação do modelo

Esta dissertação adota, essencialmente, um tipo de **pesquisa descritiva**⁵⁸ para alcançar os objetivos previamente listados na Introdução. Uma forma de visualizar como se deram as fases de pesquisa que culminaram nesta dissertação pode ser vislumbrado na Figura 12, abaixo:

Figura 12 - Desenho da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria.

⁵⁸A pesquisa descritiva “tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 1987, p. 45).

Além da utilização de *dados secundários* a partir de levantamentos bibliográficos e documentais a partir de fontes diversas⁵⁹, optou-se por levantar *informações primárias* obtidas a partir de um questionário⁶⁰ elaborado especificamente para o modelo de análise proposto. Para cada variável do modelo foram estabelecidas uma ou mais perguntas que pudessem captar a percepção das usinas. As respostas, em sua maioria, deviam ser dadas em termos de “SIM/NÃO/NÃO SABE” ou em Escala Likert.

O período de aproximação com funcionários das usinas para a aplicação dos questionários durou 4 meses (maio a setembro de 2012). Após este período de aproximação, os questionários foram enviados aos *responsáveis pela gestão ambiental* das firmas, utilizando-se o instrumental fornecido pelo *Survey Monkey*, uma plataforma *online* especializada em aplicação e coleta de questionários. Todos os questionários possuíam, como primeira questão, a seleção de um termo de livre consentimento de participação na pesquisa, de modo que todos os envolvidos estavam cientes das questões relacionadas à mesma. O período de resposta dos questionários e coleta dos dados abrangeu os meses de outubro, novembro e dezembro de 2012.

Das 22 usinas da região, 10 funcionários⁶¹ responsáveis por 13 usinas se dispuseram a participar da pesquisa - o que quer dizer que 59% das firmas tiveram suas percepções captadas através do instrumento. Em função das especificidades inerentes à pesquisa e ao objeto⁶², esta dissertação, assim como ocorre em Shikida *et al.* (2010), se utiliza do que Gil (1987) caracteriza como *amostragem por acessibilidade*. Em que pese a dificuldade de acesso aos atores ligados ao objeto de estudo e apesar de relativa falta de rigor estatístico gerada por este tipo de amostragem, alcançou-se uma marca bastante elevada de respostas, aproximadamente 60% do universo⁶³. Para sustentar a representatividade da amostra é importante destacar que 70% das usinas respondentes se consideram bastante semelhantes às

⁵⁹ Revistas científicas especializadas (a exemplo do *Journal of Industrial Ecology*), relatórios e bases de dados de grupos ligados ao complexo sucroalcooleiro (como os da União da Indústria da Cana-de-Açúcar) ou do governo brasileiro (CONAB e Ministérios), além de livros, teses e dissertações diversas, elencadas nas Referências.

⁶⁰ O questionário com todas as respostas encontra-se no Anexo A desta dissertação.

⁶¹ Portanto, nas tabelas onde se apresentam o resumo das respostas dos questionários, o número máximo de respondentes é 10 (n=10). Em algumas questões, este número pode ser menor, uma vez que foi dada a opção de não resposta à todas as perguntas.

⁶² Como, por exemplo, dificuldade de acesso físico ou simbólico às empresas, indisposição ou falta de cultura por parte das firmas em colaborar com pesquisas acadêmicas, temor de vazamento de informações que julgam como confidenciais, entre outros.

⁶³ O trabalho de Shikida *et al.* (2010), por exemplo, utilizando a mesma abordagem, consegue 35% de amostra.

outras usinas da região, o que dá margem para afirmar que a amostra pesquisada é semelhante ao universo.

O método geral desta pesquisa pode ser caracterizado como **método qualitativo**. Nesse sentido,

(...) as investigações que se voltam para uma análise qualitativa tem como objeto situações complexas ou estritamente particulares. Os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais, contribuir no processo de mudança de determinado grupo [entre outros] (RICHARDSON *et al.*, 2011, p. 96).

Em suma, este é um trabalho descritivo, que se utiliza majoritariamente de métodos qualitativos. Os dados primários, obtidos com a aplicação de questionários a uma amostra substancial da população de empresas que compõem o complexo sucroalcooleiro do Triângulo Mineiro, complementam os dados secundários obtidos com o uso de técnicas de pesquisa bibliográficas-documentais. É esta complementação informacional que permite a análise das variáveis proposta no modelo analítico apresentado na Seção 2.2.

Dito isso, a próxima seção tem por objetivo apresentar os resultados da aplicação do modelo analítico ao setor selecionado.

4.3. O complexo sucroalcooleiro do Triângulo Mineiro à luz do modelo proposto

Resgatando o que propõe o modelo de análise apresentado no Capítulo 2, o Quadro 18 demonstra quais são as variáveis consideradas relevantes para o entendimento de determinado setor econômico à luz da formação de ecossistemas industriais que tenham impacto no desenvolvimento regional. Elencam-se, ademais, os princípios gerais relacionados à EI, PCS e ET; ou seja, os elementos mais subjetivos preconizados pelos arcabouços conceituais utilizados para a construção do modelo.

Quadro 18 - O Modelo de Análise: variáveis e princípios gerais.

Nível de Análise	Variável	Aspectos a serem analisados	Princípios ET/EI
I. Macro análise - aspectos institucionais, políticas públicas e incentivos	1. Política Des. Territorial	Política de desenvolvimento de longo prazo que estimule o arranjo	Desenvolvimento espacial/ Estratégias de Longo prazo
	2. Política Macro-setorial (industrial, ambiental, agrícola, agroenergética, etc.)	Políticas de cunho setorial e seus efeitos sobre o arranjo	Estratégias de Longo prazo/Top-down
	3. Política Macroeconômica	Política cambial, monetária e fiscal e seus efeitos sobre o arranjo	Condição econômica geral
	4. Incentivo governamental (nacional e sub-nacionais)	Incentivos públicos diretos (doação de estrutura física, subsídios, etc.)	Estratégias Top-down / diversidade de atores
	5. Estrutura de representação de classe	Papel de organizações de classe (associações de produtores, sindicatos e outros grupos de representação)	Instituições/Conflito/participação/descentralização
	6. Arcabouço Legal e regulatório	Papel de arcabouço legal-regulatório que permita o estabelecimento e evolução do arranjo	Instituições formalmente estabelecidas
II. Meso análise - aspectos econômicos, ambientais e sociais em âmbito regional e local	7. Recursos Naturais	Disponibilidade de recursos naturais que permitam o desenvolvimento das atividades econômicas ligadas ao arranjo	Espaço físico/fonte de recursos e vantagens econômicas
	8. Ganhos ambientais	Recuperação, preservação e resiliência do meio ambiente natural a partir das atividades do arranjo	Ganho ambiental
	9. Diversificação econômica	Diversidade econômica e industrial que permita a conformação de arranjos integrados	Diversidade econômica
	10. Fatores de Produção	Disponibilidade de capital e mão-de-obra	Elemento econômico geral
	11. Agente Central	Setor, firma ou agente público que sirva como âncora para o arranjo	<i>Anchor-tenant</i> , centralização
	12. Proximidade geográfica	Proximidade geográfica entre firmas do arranjo	Localidade / abordagem local
	13. Infra-estrutura	Infra-estrutura locacional - transporte, energia, formação de mão de obra	Elemento econômico geral
	14. Concertação comunitária local	Existência ou criação de grupos comunitários de deliberação, consulta e/ou ação que se relacionam com as firmas do arranjo	Cooperação, integração social, participação, <i>bottom-up</i> , descentralização
	15. Afinidade histórico-cultural	Laços de identidade histórica ou cultural entre o setor/firma e a comunidade local	Integração histórico-cultural-econômica/ Instituições informais
III. Micro análise - práticas e desempenho econômico no âmbito da firma	16. Geração emprego	Capacidade de geração de empregos de qualidade no local	Integração e ganho social
	17. Simbiose Industrial	Disponibilidade inputs e outputs (sub-produtos e resíduos intercambiáveis, em termos de matéria e energia); Disposição à integração rumo a simbiose; troca concreta de matéria e energia	Cooperação, exploração de sinergias / integração econômica / <i>roundput</i>
	18. Práticas de produção mais limpa	Práticas de produção mais limpa, reutilização de sub-produtos, reciclagem, RSC, etc.	<i>Roundput</i> , ecoeficiência
	19. Ganhos econômicos	Redução de custos, ampliação de oportunidades econômicas, etc.	Eficiência econômica

Fonte: Elaboração própria.

4.3.1. Macro-análise – aspectos institucionais, políticas públicas e incentivos

Conforme se buscou ressaltar na seção 2.2, esse nível de análise é relevante uma vez que engloba aspectos em termos de políticas públicas de crescimento e desenvolvimento, assim como a estrutura de representação de classe que media todas essas relações, bem como os aspectos legais e institucionais subjacentes a cada um desses elementos. Trata-se, afinal de contemplar os fundamentos institucionais que **estruturam** o funcionamento do que ocorre nos níveis regional, local e organizacional e permitem o **estabelecimento** dos ESIs.

No entanto, por serem temas complexos, cujas múltiplas relações de causa e efeito exigem, por si só, um trabalho igualmente profundo, optou-se por não incluí-los na análise feita nesta dissertação. Os mesmos estão sendo foco de outra dissertação⁶⁴ por serem importantes para o entendimento do processo de emergência dos ecossistemas industriais dentro das estruturas produtivas estabelecidas em uma região.

4.3.2. Meso-análise - aspectos econômicos, ambientais e sociais em âmbito regional e local.

Neste nível, a análise se pauta em observar como os elementos sociais, econômicos e ambientais regional e localmente estabelecidos permitem a conformação de um ESI. Para tanto esta sub-seção irá tratar das seguintes variáveis: Recursos Naturais; Ganhos ambientais; Diversificação econômica; Fatores de Produção; Agente Central; Proximidade geográfica; Infraestrutura; Concertação comunitária local; Afinidade histórico-cultural; Geração de emprego.

Importante destacar que foram mencionadas na análise apenas as respostas de maior intensidade. A tabulação completa do questionário encontra-se no Apêndice A desta dissertação.

4.3.2.1. Recursos naturais

No que se refere à agroindústria em geral, esse aspecto tem grande relevância em razão da evidente dependência do setor primário com relação aos fatores naturais (clima, qualidade do solo e disponibilidade de recursos hídricos, por exemplo). Esses elementos condicionam fortemente o rendimento das culturas agrícolas e a qualidade final seus produtos e respectivamente dos produtos industrializados. No caso específico da cana-de-açúcar já foi

⁶⁴ A dissertação que trata do macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais está em fase de qualificação e é orientada pela Profa. Dra. Debora Nayar Hoff.

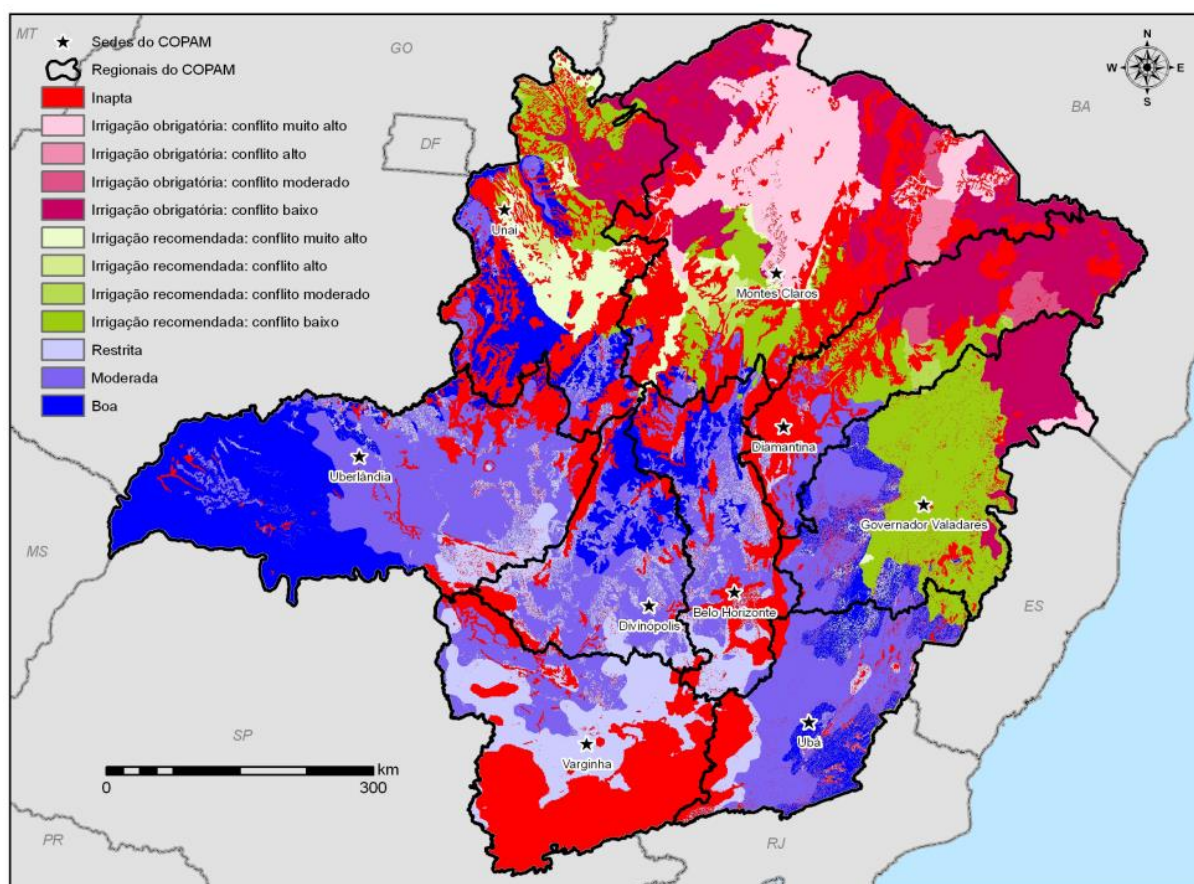
dito que o grau de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) gerado, que por sua vez, condiciona a produção dos principais produtos do complexo, depende do regime climático da safra. É importante ressaltar que o complexo sucroalcooleiro se instala na região buscando o objetivo mais geral de valorização de seu capital. Em outros termos “o capital também escolhe as áreas onde as características naturais possibilitam a instalação de todo seu aparelho reprodutivo” (MICHELOTTO, 2008, p. 28).

A cultura da cana-de-açúcar é enormemente favorecida por um regime climático caracterizado pela alternância de períodos úmidos e secos. Ora, é exatamente este o regime encontrado no TM, conforme destaca Michelotto (2008): a região insere-se dentro de sistemas tropicais típicos, sendo que o regime de precipitação presente na região é o elemento mais relevante na definição do clima e aproximadamente 50% da precipitação anual concentram-se nos meses de dezembro a fevereiro – período de maturação dos canaviais⁶⁵. Além disso, o solo, naturalmente de cerrado, foi modificado em razão das transformações agrícolas ocorridas ao longo dos anos 1960 e 1970 na região. O movimento de adição de elementos químicos nos solos do cerrado com vistas à torná-lo mais receptivo à certos plantios, permitiu que culturas diversas como as de soja e cana-de-açúcar pudessem avançar na região. A disponibilidade de recursos hídricos também não representou ou representa grandes entraves, uma vez que o TM situa-se entre dois grandes rios: o rio Grande, ao sul, e o Paranaíba, ao norte.

A Figura 13 adiante, demonstra que o TM possui boas aptidões para o cultivo de cana-de-açúcar, sem necessidades de irrigação e sem conflito pelo uso da água. Áreas muito pequenas, contudo, são consideradas inaptas.

⁶⁵ CONAB (2012) demonstra que, para a safra de 2009/2010 em Minas Gerais, 88,7% da colheita de cana ocorreu entre maio e novembro de 2009, período majoritariamente de seca na região do TM. Por outro lado, na mesma safra, as plantações de cana ocorreram essencialmente entre fevereiro e maio (64,3% da cana foi plantada nesse período), aproveitando os meses de fevereiro e março, cujas precipitações são razoáveis, para maturação da cana-planta (a cana em seu primeiro plantio).

Figura 13 - Mapa de aptidão edafo-climática da cana-de-açúcar, associada à possibilidade de risco de conflito por água.



Fonte: Scolforo *et. al.* (2008, p. 59).

A análise das respostas obtidas com o questionário, apresentadas na Tabela 20, atesta a importância das características naturais da região como elementos estratégicos para o estabelecimento e evolução do complexo sucroalcooleiro no TM. Destaca-se, de fato, a importância do clima e regime de chuvas, assim como a qualidade do solo como os itens que mais têm relevância para o complexo na região: 100% das usinas imputaram grande importância ao Clima e Regime de Chuvas, 90% delas deram grande ênfase à qualidade do solo e 70% creditaram grande importância à base de recursos hídricos. A biodiversidade da região não tem a mesma importância que os itens citados, na visão dos entrevistados, sendo indicada como de média importância por 50% dos respondentes e de pouca importância por 20% da amostra.

Tabela 20 - Percepção das usinas com respeito à importância de alguns aspectos naturais do Triângulo Mineiro.

-	Pouca importância	Média importância	Grande importância	N/A	n
Recursos Hídricos	10%	20%	70%	-	10
Clima e regime de chuvas	-	-	100%	-	10
Qualidade do solo	-	10%	90%	-	10
Biodiversidade (flora e fauna)	20%	50%	10%	20%	10

Nota: n representa o número de respondentes.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

4.3.2.2. Ganhos ambientais

Qualquer atividade antrópica necessariamente gera impactos sobre a base de recursos naturais do espaço onde se realiza. O discurso da sustentabilidade deve balizar-se, contudo, pela busca do objetivo de mitigar os efeitos adversos sobre a capacidade de suporte do meio-ambiente natural. Dessa maneira, é imprescindível que o complexo sucroalcooleiro minimize os impactos de suas atividades sobre a base de recursos naturais do TM. Já foi observado que o complexo, no TM, vem ocupando áreas anteriormente ocupadas (e já degradadas⁶⁶) pela pecuária e outras culturas agrícolas. Isso quer dizer que, no que tange à degradação ambiental do TM, o complexo ocupa áreas que já sofreram o impacto em outro período do tempo, não sendo, portanto, o causador primeiro de degradação. O que vem ocorrendo, por outro lado, conforme ressalta Michelotto (2008), é que o complexo vem recuperando áreas de preservação permanente em reposta à pressões legais.

Dizer isso, contudo, não é afirmar que as atividades do complexo estão livres de causarem impactos potenciais importantes. Com a ajuda de alguns autores, foi possível resumir alguns dos impactos causados pelo complexo, bem como algumas das formas com as quais o mesmo lida com as questões. O Quadro 19 abaixo contempla essa análise.

⁶⁶ Michelotto (2008) e Teixeira; Nascimento (2012) também mostram que a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro se dá majoritariamente sobre áreas já degradadas pelas atividades previamente estabelecidas na região.

Quadro 19 - Impactos ambientais potenciais e ações do complexo sucroalcooleiro rumo à sua mitigação.

Impacto ambiental potencial	Como o complexo lida com a questão
Perda de biodiversidade por desmatamento	Complexo utiliza áreas já degradadas pela pecuária, por exemplo, não ampliando o desmatamento. Ademais, em resposta à legislação, vem atuando para a recuperação de áreas de preservação.
Uso intensivo do solo e consequentes processos erosivos e assoreamentos	Controle dos processos erosivos para viabilizar mecanização. Além disso, na entressafra o solo é coberto por outras culturas, o que garante o processo de nitrificação, ajuda a conter a erosão e consequentemente reduzir os assoreamentos.
Aumento de escoamento superficial, infiltração e processos erosivos	O uso de cobertura do solo com outras culturas também colabora para diminuir o escoamento, transporte de materiais e infiltrações
Desequilíbrios no ciclo hidrológico em razão da utilização intensiva da água	O complexo tem atuado rumo ao fechamento do ciclo na utilização de água, reutilizando grande parte da água que entra no sistema. ANA ET AL. (2009) aponta que o complexo reutiliza, em média, 95% da água que entra no processo.
Alteração na regularidade dos canais fluviais	O uso intensivo de recursos hídricos pode afetar a vazão dos cursos fluviais, mas a progressiva redução no uso da água também pode reduzir a pressão do complexo sobre os rios
Aumento do risco de baixa na geração de energia elétrica nas épocas de seca	A cogeração ocorre com mais frequência nos meses de safra, que coincide, em parte com a época de seca, onde a capacidade de geração por parte das hidrelétricas no centro-sul é reduzida; logo, diante dos incentivos adequados, o complexo pode complementar a matriz hidrelétrica com o excedente da cogeração
Aumento no consumo de água	As ações de fechamento de ciclo em termos de reutilização e reaproveitamento de água tem mudado esse quadro. Contudo, há de se avaliar o uso da água para irrigação, que, ao contrário, pode tornar o complexo ainda mais intensivo no uso de água.
Risco de contaminações pelo uso indiscriminado de agrotóxicos	A cana-de-açúcar possui baixo grau de utilização de agrotóxicos (fertilizantes, pesticidas e herbicidas); o reuso de sub-produtos como a vinhaça tratada, e a utilização de controle biológico de pragas reduzem ainda mais a necessidade de fertilizantes e agrotóxicos. Ademais, conforme demonstra BNDES E CGEE (2008) o recurso ao melhoramento genético permite a seleção de variedades mais resistentes de cana-de-açúcar o que também contribui para a redução de uso destes insumos.
Repetição do uso do solo pode acarretar sua compactação e perda de fertilidade	A cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene e, segundo, Neves;Conejero (2010), é muito menos danosa aos solo que culturas como a da soja. Ademais, novas técnicas agrônômicas como a rotação de culturas (com sorgo, por exemplo) vêm sendo aplicada em terras onde a cana-de-açúcar é plantada, o que reduziria o impacto sobre a perda de fertilidade do solo.
Poluição atmosférica decorrente das queimadas	Em resposta à legislação ambiental, o recurso às queimadas tem sido reduzido em todo o país, dando lugar à colheita mecanizada. Em Minas Gerais, foi assinado entre o governo do Estado, associações de produtores e entidades da sociedade civil, um protocolo (Protocolo de Intenções de Eliminação da Queima da Cana no Setor Sucroalcooleiro) que prevê a redução gradativa do uso da queimada até 2014.
Risco de contaminação pela vinhaça	A vinhaça é, atualmente, tratada e reutilizada dentro do complexo, voltando para as lavouras como fertilizante para o solo; se utilizada de forma adequada, os impactos sobre os recursos hídricos superficiais é mínimo. Contudo, em razão de especificidades geomorfológicas da região (alta permeabilidade dos arenitos), os lençóis freáticos podem ser contaminados, comprometendo a qualidade da água que volta à superfície e dos reservatórios do Aquífero Guarani. Neves;Conejero (2010) apontam que, se utilizada em uma proporção de até 300m³/ha, mesmo os danos aos reservatórios subterrâneos seriam evitados.

(Continua...)

(...continuação)

Impacto ambiental potencial	Como o complexo lida com a questão
Uso intensivo de combustíveis fósseis na logística dos produtos finais; emissões de gases do efeito estufa	Tomando como base uma unidade de energia fóssil, o complexo sucroalcooleiro produz, com o etanol, 8 unidades de energia renovável, conforme mostra Neves; Conejero (2010). Isso demonstra que o complexo mais que compensa a energia fóssil utilizada no processo produtivo como um todo. Contudo, fica o desafio para que essa proporção aumente, como por exemplo, a adoção de frotas movidas a etanol/ biodiesel nas fases de distribuição dos produtos finais e transporte de insumos.

Fonte: Elaboração própria a partir de Michelotto (2008), Neves; Conejero (2010), ANA et al. (2009), Sawyer (2008) e BNDES; CGEE (2008).

Os ganhos ambientais promovidos pelo complexo advêm de pressões distintas tanto em termos de adequação à legislação ambiental dos mais variados agentes (municipais, estaduais e federais), quanto de estímulos mercadológicos (pressão por parte da demanda ou competidores que passam a valorizar os atributos ambientalmente responsáveis)⁶⁷. Vale ressaltar que o complexo recorre a inovações em termos de práticas agronômicas, reutilização de sub-produtos, racionalização no uso de perdas, adoção de melhoramento genético, controle biológico de pragas, modernização de máquinas e equipamentos, entre outras práticas correntes. Todo esse “*pacote técnico-científico*” colabora de maneira importante para a redução da pressão causada pelas atividades do complexo sobre o meio ambiente.

Em Mateus (2010) há uma avaliação qualitativa do desempenho ambiental das usinas do estado de Minas Gerais. Esse mesmo trabalho aponta que, de todas as unidades pesquisadas, 100% apresentam licença ambiental, 88% possuem outorga para uso de águas públicas e 95% fizeram o Estudo de Análise de Risco de suas atividades. Além disso, 91% contam com sistemas de controle de emissões de gases de efeito estufa. Com relação ao tratamento de resíduos sólidos, 70% apresentam Inventários de Resíduos Sólidos Industriais, enquanto 30% possuem projetos de disposição de resíduos sólidos em solo agrícola. Do ponto de vista dos efluentes líquidos, 44% das usinas possuem sistemas de impermeabilização de reservatórios de tais efluentes.

Suas conclusões, contudo,

⁶⁷ Essa constatação é muito afeita às considerações advindas dos autores que estudam a Responsabilidade Social Corporativa, que demonstram que a firma é uma unidade aberta aos estímulos externos e ao “*mindset*” do momento histórico em que se insere, assim como a sociedade é afetada pelas ações da organização, numa relação dialética. A respeito disso, vale recorrer a estudos como o de Elkington (1994), Hoff (2008), Hoffman (2001) e Steurer *et al.* (2005).

(...) demonstram a conveniência dos empreendimentos atenderem inicialmente os parâmetros vinculados às exigências de mercado ou aqueles que, notadamente, a população do entorno percebe, tal como a obtenção da licença ambiental ou a adoção de sistemas de controle das emissões atmosféricas, parâmetros que atingiram os maiores percentuais, assim como o percentual de empreendimentos com outorga de uso de águas públicas, principal insumo dessa atividade industrial. Em relação aos demais parâmetros, principalmente, aqueles que se referem ao efetivo controle e ao monitoramento dos impactos inerentes a suas atividades, constatou-se um baixo percentual de atendimento à sua realização, exigindo, portanto, maior controle do setor sucroalcooleiro pelo órgão ambiental (MATEUS, 2010, p.130).

Diante desse quadro, quando questionadas sobre o impacto que o complexo sucroalcooleiro causa sobre os biomas do TM, 50% das usinas afirmaram que o complexo causa pouco impacto, ao passo que 30% admitiram que as atividades sucroalcooleiras causam impactos relativamente altos (questão 5). Das respondentes, 80%, contudo, acreditam que as práticas de preservação e recuperação realizadas nos últimos 5 anos tem resultado em melhorias consideráveis e 22,2% não souberam opinar (questão 6).

Das práticas de redução de impactos ambientais listadas no questionário (manejo de resíduos, redução de queimadas, proteção e recuperação de matas nativas, proteção e recuperação de nascentes e rios, e busca de alternativas para sub-produtos indesejados), as usinas deram grande grau de importância a todas elas – destaca-se, contudo, os itens *Manejo de Resíduos*, *Redução de Queimadas* (com 90% das usinas imputando nota máxima no grau de importância a ambos os itens) e Proteção de nascentes e rios (100% das usinas deram importância máxima a este item) (cf. pergunta 7).

Em suma, ao que diz respeito aos ganhos ambientais promovidos pelo complexo, é possível afirmar que ocorre um duplo esforço: i) recuperar áreas previamente degradadas; e ii) ao mesmo tempo reduzir o impacto das atividades do complexo sobre o meio ambiente.

4.3.2.3. Diversificação econômica-industrial

É evidente que a diversidade dos agentes econômicos é elemento importante quando se vislumbra a possibilidade de arranjos integrados, a exemplo dos que propõe a ecologia industrial. A diversidade de outputs e usos potenciais destes como elementos promotores de integração industrial do tipo ESI é diretamente proporcional à diversidade econômica e industrial do espaço em questão: quanto mais diversa é a economia de determinada região, mais *outputs* são gerados e, portanto, maiores são as possibilidades de alocação desses outputs (reuso, troca, etc.) entre os agentes.

Trabalhos como o de Guimarães (2010) e Martins (1998) demonstram que o processo mais acentuado de diversificação produtiva no TM ocorre a partir de meados da década de 1950, com a ampliação de investimentos públicos e privados, além de uma intensificação das interconexões entre os capitais comercial, agropecuário e industrial. Tal confluência de projetos e capitais é associada, inicialmente, ao processo de construção de Brasília, no que o Triângulo Mineiro beneficiou-se de maneira importante, dado que a região funcionava como “entreposto” entre o núcleo industrial paulista e a nova capital. Nesse sentido, capitais de diferentes origens se inter-relacionam no espaço triangulino, que, ao mesmo tempo, sofre as modificações do pacote tecnológico de adequação dos solos dos cerrados e beneficia-se de projetos governamentais diversos⁶⁸, tendo como resultado mais concreto o estabelecimento dos complexos agroindustriais. Em outros termos,

A diversificação das atividades econômicas ocorreu paralelamente à montagem de um complexo agroindustrial regional. Essas duas tendências não foram contraditórias entre si, pois a diversificação não ocorreu de forma aleatória e esparsa, mas, desde o início, foi canalizada para a agroindústria e se deu dentre as atividades componentes do setor agroindustrial (MARTINS, 1998, p. 177).

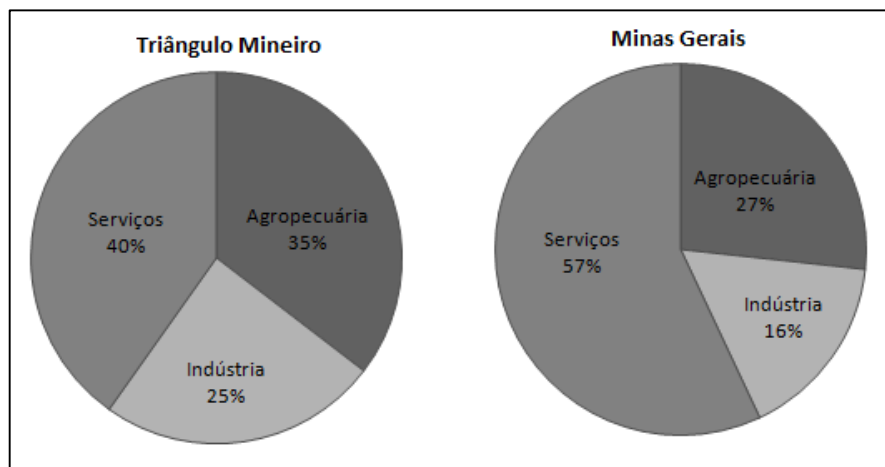
A indústria que se desenvolve na região aproveita esse cenário: “desenvolveram-se, de um lado, as indústrias que transformavam produtos agrícolas (e pecuários em menor grau), e, de outro, as indústrias que produziam bens a serem utilizados na produção agrícola.” (MARTINS, 1998, p. 180).

Outra expressão da diversificação produtiva do TM é a ampliação dos setores de serviços. O estabelecimento dos complexos agroindustriais ocorreu *pari passu* a uma intensificação do processo de urbanização da região, aprofundando, inclusive, alguns aspectos da hierarquia urbana regional, conforme pode ser apreendido em Guimarães (2010). Tal urbanização, por sua vez, estimula o crescimento de atividades ligadas ao comércio varejista e atacadista, assim como atividades de telecomunicações intensificando, mais ainda a diversificação produtiva regional.

Resultado de todas essas forças de desenvolvimento produtivo pode ser visualizado no Gráfico 29. Se comparado à média dos municípios mineiros, o TM apresenta um perfil produtivo relativamente mais equilibrado, um indicativo de que a economia triangulina é mais diversificada.

⁶⁸ Martins (1998) destaca programas como “Programa Corredores de Exportação”, o projeto “Bases para uma ação integrada na região IV”, do BDMG (ambos em 1972) e o “Programa de Desenvolvimento dos Cerrados” (PRODECER), inserido no âmbito do II PND, lançado em 1974 prevendo ações até 1979.

Gráfico 29 - Participação de cada um dos setores da economia sobre o Valor Adicionado: Triângulo Mineiro e Minas Gerais (2008).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de FJP (2011).

O que se quer demonstrar, afinal, é que o TM é **uma região que possui os atributos de diversificação produtiva que se busca para o estabelecimento de arranjos produtivos – especialmente os agroindustriais**. Parece razoável afirmar que há diversidade de firmas e setores que possam gerar outputs intercambiáveis. Ainda que a atividade industrial seja menos relevante no TM, a agropecuária regional formatada ao longo das últimas décadas é intimamente ligada aos outros setores da economia. Logo, imaginar um complexo agroindustrial integrado, com vistas a explorar sinergias entre firmas diversas rumo a ganhos sociais, ambientais e econômicos no âmbito do TM parece ser plausível.

4.3.2.4. Fatores de produção.

Esta seção busca analisar como se dispõem o capital e a mão de obra para o caso do complexo sucroalcooleiro no TM. Trata-se de elementos econômicos importantes sem os quais nenhuma atividade econômica avança: estrutura de financiamento para determinado tipo de negócio, modelo de aquisição de máquinas e equipamentos e disponibilidade de mão de obra são considerados nesse aspecto. Exemplo da importância desse item é a relevância das máquinas e equipamentos de uma usina, que condicionam fortemente a capacidade de moagem, destilação e produção de determinada unidade industrial. Ademais, conforme destaca Abarca (1999), o papel dos fornecedores de máquinas e equipamentos é absolutamente relevante no processo de adoção de inovações no complexo. Isso porque, muitas vezes, as inovações tecnológicas adotadas no complexo sucroalcooleiro advém da aquisição de implementos e maquinário, conforme será visto adiante

Quanto ao acesso ao maquinário, Siqueira e Reis (2006) fizeram um estudo empírico com empresários do setor na região, onde estes apontam que a disponibilidade de máquinas, equipamentos e insumos agrícolas na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba é muito desfavorável para a competitividade do complexo. Isso decorre do centro dinâmico para a aquisição destes itens situar-se muito distante das usinas triangulinas (geralmente no interior de São Paulo). Em contraponto a isso, 57,2% das usinas respondentes apontaram que há uma boa disponibilidade na oferta de máquinas e equipamentos na região, apenas 14,3% delas afirmaram que tais elementos estão indisponíveis (cf. questão 20). Essa discrepância pode ser explicada pela inserção de novas empresas fornecedoras de implementos para o complexo em períodos mais recentes⁶⁹.

Da mesma forma, disponibilidade de mão de obra é relevante para a produtividade do setor. Pereira *et al.* (2010) ajudam a entender as correlações entre as dinâmicas das inovações técnicas no campo e o perfil do tipo de trabalho que se emprega no complexo sucroalcooleiro. A adoção de novos padrões técnicos nas lavouras e usinas implica em uma necessidade menor de contingente de trabalhadores, ao mesmo tempo em que estimula a procura por indivíduos de maior qualificação e altera substancialmente a correlação de forças entre empregadores e sindicatos. Ademais, os autores parecem céticos com relação ao poder de melhoria das condições de vida do trabalhador a partir da necessidade de mão-de-obra qualificada por parte do complexo sucroalcooleiro.

O movimento mais recente de expansão do complexo no Triângulo Mineiro ocorreu em consonância com a necessidade de importação de mão-de-obra de outras regiões do país, Como alguns grupos atuam também no nordeste do país foi comum verificar em algumas cidades da região (a exemplo de Ituiutaba) a chegada de grupos de trabalhadores nordestinos nos períodos de safra. Esse fato é um indicativo de que a mão-de-obra triangulina pode não ser adequada para atender aos anseios do complexo na região, seja porque a mão-de-obra doméstica é relativamente mais cara, ou por não existir o contingente necessário para a lida nas lavouras, ou ambos, mesmo em um cenário onde a colheita manual perde espaço para a mecanizada. Com respeito à disponibilidade de mão de obra qualificada na região, 66,7% das usinas respondentes sinalizaram que há relativa disponibilidade, ao passo que 33,3% delas acreditam que há pouca disponibilidade (cf. questão 18). Isso corrobora, portanto, a necessidade de importação desse fator de produção

⁶⁹ Como máquinas e itens de tubulação que começaram a ser fornecidos pela John Deere na região (Assessoria de Imprensa John Deere Water, 2011).

No que se refere à qualidade da mão de obra empregada, 57,1% imputam baixa qualificação nas fases agrícolas e de moagem e produção. Há uma minoria de indivíduos com alto grau de capacitação nessas fases, conforme a opinião das usinas respondentes. De outro lado, nas fases de serviços do complexo, a maioria do emprego é de alta qualificação. Segundo as usinas, 37,5% disseram que o trabalhador de processos administrativos e comercialização possui baixa ou média qualificação, ao passo que 50% delas consideram que os trabalhadores dessas fases possuem alta qualificação (conferir Tabela 21, abaixo, ou Questão 19 da tabulação em anexo). Em suma: o trabalho menos qualificado está, de fato, no campo e no chão de fábrica.

Tabela 21 - Porcentagem de usinas que percebem o grau de qualificação da mão de obra disponível no Triângulo Mineiro, segundo fases de produção.

-	Baixa Qualificação	Média qualificação	Alta qualificação	n
Cultivo e colheita (campo)	62,5%	25,0%	12,5%	8
Moagem e produção (usina)	62,5%	25,0%	12,5%	8
Processos administrativos e comercialização	37,5%	12,5%	50,0%	8

Nota: n representa o número de respondentes.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

4.3.2.5. Agente Central e Proximidade Geográfica

Conforme se tentou demonstrar ao longo da construção conceitual sobre ecossistemas industriais, uma série de autores a exemplo de Korhonen (2001a, 2001b), imputa grande importância à questão da existência de um agente que suporte ou que dê sentido ao processo de troca de matéria e energia dentro do arranjo. O exemplo de Kalundborg mostra que o arranjo desenvolveu-se em torno de uma relação simbiótica cujo agente central foi uma usina termelétrica, que por sua vez, deu origem a outras relações de troca ao longo do tempo.

Parece acertado considerar que, na possibilidade de vislumbrar um ecossistema agroindustrial a partir do complexo sucroalcooleiro, a usina seria o agente central do arranjo, dado que é o *locus* das atividades mais complexas de processamento industrial que requerem uma série de insumos específicos (que, por seu turno, poderiam advir de outros setores e/ou firmas), gerando uma miríade de produtos e sub-produtos potencialmente úteis para o processo de fechamento de ciclo.

Conforme demonstram as respostas dos questionários, 87,5% das usinas se percebem como elemento central para a conformação de qualquer tipo de arranjo industrial dentro do complexo sucroalcooleiro: destas, 37,5% considera a usina como o *único elemento âncora de estratégias* quaisquer, ao passo que outros 50% já demonstram uma *visão mais integradora e admitem que há outros agentes* que compartilham a centralidade de estratégias de integração. De outro lado, uma minoria, 12,5% das respondentes, credita papel coadjuvante para a usina. (cf. questão 21).

Interessante observar ainda que 87,5% das usinas reconhecem a grande importância que agentes governamentais (de todas as esferas) possuem nos processos de expansão e integração do complexo sucroalcooleiro na região (cf. questão 22). Esses dados ajudam a supor que planejar e implementar estratégias de integração do tipo simbiose industrial dentro do complexo sucroalcooleiro devem necessariamente prescindir de esforços públicos e privados. Há ainda, indicações de que as firmas, de maneira geral, possuem uma disposição média-alta para participar de arranjos industriais com outras firmas ou setores, conforme mostra a questão 45, onde 62,5% das usinas demonstram “alta disposição” e 37,5% “média disposição” para tanto. Em suma: **as usinas reconhecem que a integração é um esforço público-privado e há alguma disposição para torná-la concreta.**

Contudo, não se pode afirmar que a usina seja o agente central de maneira estrita. À luz da EI, o agente central é aquele que aglutina ou facilita a **troca** de matéria e energia entre os vários atores envolvidos no arranjo. Conforme já demonstrado no Capítulo 3 (e conforme será analisado adiante na variável Simbiose Industrial), o complexo fecha seus ciclos de matéria e energia através das altas taxas de reuso. Não é, portanto, um agente central à luz de um ESI, embora possa se vislumbrar tal protagonismo em potencial. A usina é o agente central do complexo e das ações de reuso, mas não o agente central da troca – portanto não se comporta à maneira do que se vislumbra em um ESI.

Além disso, é importante que todo o arranjo de trocas se dê de maneira concentrada no espaço. Isso quer dizer que **a proximidade geográfica** facilita e estimula a simbiose industrial em razão de diminuir proporcionalmente os custos de armazenagem e transporte de produtos e sub-produtos. Cabe ressaltar que sub-produtos industriais, a exemplo da vinhaça e outros efluentes, geralmente caracterizam-se pelo alto potencial contaminante; logo, requerem estruturas específicas de armazenagem, tratamento e transporte. conforme ressalta ANA *et al.* (2009) ao descrever de maneira técnica o processo de tratamento de alguns sub-produtos do complexo. Amplas distâncias fariam com que o manejo desses resíduos para o reuso se

dessem de maneira menos atrativa. Em outras palavras, seria imprescindível que o espaço de reutilização do resíduo fosse o mais próximo possível do ponto onde é gerado⁷⁰. As usinas triangulinas situam-se relativamente próximas dos centros urbanos. Os questionários mostraram que 87,5% delas situam-se entre 11 a 30 km dos municípios, destas, 50% estão entre 11 e 20 km (cf. Questão 30).

Uma possibilidade que surge dessas constatações é a de que comunidades rurais ou mesmo as cidades que se situem a distâncias relativamente pequenas das usinas e dos canaviais poderiam explorar essa vantagem, num processo de troca de lixo orgânico (que poderia ser utilizado como adubo ou fonte para a geração de biogás e cogeração) e eletricidade (das usinas para as comunidades do entorno).

4.3.2.6. Infraestrutura

Este item tenta trazer para a análise a importância de elementos infraestruturais na dinâmica dos negócios envolvidos em um arranjo do tipo ESI. Optou-se, para fins de simplificação, por focar em três elementos de infraestrutura: transportes, energia e estrutura de formação de mão de obra. No que se refere ao item energia, já foi dito que as usinas do complexo, em razão de especificidades técnicas (como a grande presença de biomassa residual) conseguem ser auto-suficiente na geração de energia elétrica, de modo que este item não configura elemento que dificulte a evolução do complexo. Ademais, a cogeração representa elemento importante na consideração de possibilidades de integração do complexo com outros setores ou comunidades, uma vez que o excedente de energia gerado pode alimentar as atividades desses grupos, desde que haja os incentivos para tanto. Em adição, o excedente de energia elétrica gerado pode incrementar o potencial de geração das usinas hidrelétricas da região em períodos de seca, quando o nível dos reservatórios é baixo.

Com respeito à infraestrutura de transporte e logística, o complexo sucroalcooleiro triangulino goza de benefícios que são inerentes ao TM. A região, especialmente centros como Uberlândia e Uberaba, é reconhecida nacionalmente pelas competências nessa área em razão da posição geográfica central, assim como pela malha ferroviária e rodoviária que a

⁷⁰ O que é verdade para muitos dos sub-produtos que são reutilizados dentro da usina ou nas lavouras. No caso da vinhaça, após ser tratada, volta para as lavouras, que por seu turno, não se situam a grandes distâncias da usina: CONAB (2012) mostra que, em Minas Gerais, a usina situa-se em média a 24,9km do ponto de colheita da cana. Logo, não se exige grandes estruturas para sua armazenagem e transporte (apenas caminhões e canais no próprio solo). Outros efluentes, como são reutilizados dentro da própria usina, também gozam de reduzidos custos para transporte e armazenagem.

transpõe. Guimarães (2010), conforme já mencionado, destaca o papel central da construção de Brasília dentro do quadro de desenvolvimento da infraestrutura geral do TM e como isso condicionou o desenvolvimento regional, hierarquias urbanas, opções de investimentos setoriais, e o desenvolvimento dos complexos agroindustriais em terras triangulinas. Nesse sentido, as décadas de 1950 e 1960 são relevantes para as estruturas regionais de energia, telecomunicações e transportes, sendo dinamizadas dentro de um processo mais geral de interiorização do desenvolvimento.

Outro aspecto relevante, conforme destaca Guimarães (2010), e também já mencionado, é a *convergência das demandas dos grupos de interesse do TM com os projetos do governo federal*, em um momento onde a inépcia do governo estadual parecia não colaborar para o desenvolvimento dessa porção do estado. Sobretudo no contexto do Plano de Metas, o TM ganha as “condições potenciais, políticas e econômicas que dariam sustentação a uma interligação da economia paulista ao Centro-Oeste” (GUIMARÃES, 2010, p. 149).

Destacam-se as competências em termos logísticos, em razão da presença de uma estrutura de transportes diversificada, o que permite, segundo demonstra Silva (2008), *intermodalidade e multimodalidade*. Do ponto de vista das ferrovias, a *Ferrovia Centro-Atlântica* liga o TM (especialmente Uberlândia e Uberaba) a centros distantes como Vitória, Brasília e Santos. Associados a essa estrutura ferroviária, estão as Estações Aduaneiras do Interior⁷¹ (EADI, popularmente chamadas de “portos secos”) de Uberlândia e Uberaba. Tais estruturas atuam como centros avançados de logística, flexibilizando o escoamento da produção, bem como agilizam o processo de importação e exportação.

É razoável supor, portanto, que o açúcar e o etanol produzido pelas usinas do TM, especialmente as mais próximas à Uberaba, possam se utilizar do porto seco desta cidade como solução logística para exportação de seus produtos. Esse EADI traria a vantagem de ligar, via ferrovia, Uberaba aos portos de Santos e Vitória. Silva (2008), contudo, mostra que dentre os itens exportados que passam por aquele terminal, não se encontram nenhum dos produtos do complexo sucroalcooleiro (destaca-se, pelo menos para o ano de 2006, a

⁷¹Uma Estação dessa natureza tem o objetivo de “aliviar o fluxo de mercadorias nos portos, aeroportos e pontos de fronteira em todo o país, oferecendo agilidade na liberação das mercadorias uma vez que os procedimentos aduaneiros são executados próximo ao estabelecimento dos importadores/exportadores” (SEBRAE, 2005, p. 5). Busca “facilitar o comércio em regiões distantes dos portos, aeroportos ou pontos de fronteira que apresentam expressiva concentração de cargas importadas ou a exportar. Ou seja, os portos secos são os locais fora das áreas de armazenagem de portos e aeroportos em que é possível o armazenamento, por certo período, de mercadorias estrangeiras importadas antes de sua nacionalização, ou de mercadorias desnacionalizadas, antes de sua definitiva exportação” (SEBRAE, 2005, p. 5). Ademais, permitem uma redução nos custos das operações aduaneiras de até 30% se comparado aos realizados nos portos, além de prestarem serviços diversos como consertos e reparos gerais (Silva, 2008). Tratam-se, enfim, de centros avançados de logística que flexibilizam e agilizam o processo de escoamento da produção.

passagem de itens como eletrodomésticos, móveis, cosméticos e equipamentos para irrigação). O questionário enviado às usinas no âmbito desta dissertação também apontam que o modal ferroviário não é utilizado por nenhuma das firmas.

Do ponto de vista das rodovias, destacam-se: i) BR-262, que corta o estado de Minas Gerais, ligando Vitória ao Triângulo Mineiro, passando por centros importantes como Araxá e Belo Horizonte; ii) BR-365, conectando a região com o Sul de Goiás, Norte de Minas e Bahia; iii) BR-153 e iv) BR-050, ambas ligando o estado de São Paulo ao centro-oeste e norte do país, atuando como decisivos corredores de tráfego de pessoas e mercadorias (Minas Gerais, 2012). Vale destacar ainda a presença de uma miríade de rodovias estaduais, que representam rotas extras para o transporte intermunicipal, a exemplo da MG-255 que liga importantes cidades canavieiras do Triângulo (Iturama, São Francisco de Sales, Itapagipe e Frutal). A malha rodoviária relativamente diversificada da região se estabelece no bloco de ações de modernização e ampliação do modal de transportes do Brasil Central desde o Plano de Metas. Este movimento é acompanhado por uma evolução importante do capital comercial na região, especialmente em cidades como Uberlândia, que ao longo da segunda metade do século XX acumula uma notável aptidão para o comércio atacadista (GUIMARÃES, 2010). Essa confluência de fatores faz o TM criar certa *expertise* em logística, aproveitando de sua posição geográfica favorável (entre os centros dinâmicos de São Paulo e o Centro-Oeste e Norte do país) e de toda a estrutura viária existente.

Diante de toda as competências logísticas da região, é razoável admitir que o complexo pode aproveitar facilidades para o escoamento da produção ou mesmo a integração econômica à jusante: centros de distribuição, *tradings* e postos de combustível representam oportunidades potenciais em uma região de intenso fluxo de veículos, com reconhecida estrutura de logística e transportes, situada geograficamente em posição estratégica e economicamente dinâmica.

No que tange às infraestruturas que permitem a formação da mão-de-obra, a região conta com alguns elementos que permitem o aperfeiçoamento e consequente oferta de mão-de-obra qualificada aos trabalhos no complexo. Destaca-se, nesse sentido, o curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira, fornecido pela Fundação Educacional de Ituiutaba, uma entidade de direito privado associada à Universidade Estadual de Minas Gerais (FEIT-UEMG). O curso de nível superior, criado em 2007, tem o potencial para formar até 60 tecnólogos em produção sucroalcooleira por semestre, cujas capacitações permitem a compreensão do processo geral de produção do complexo, sustentada em conhecimentos nas

áreas de mecânica, química industrial, gestão, técnicas agrícolas e ambientais. Em suma, o profissional teria a capacidade de:

conhecer os fatores de produção e combiná-los com eficiência técnica e econômica, compatíveis com a realidade local (...); planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços; atuar no sistema operacional das usinas, entendendo o contexto tecnológico em que elas estão inseridas, desde a logística de captação de matéria-prima e distribuição de produtos, até o entendimento dos mecanismos do mercado, sejam esses efetivos (etanol e diferentes tipos de açúcares), ou potenciais (álcoolquímica, sucroquímica) passando por boa compreensão das questões técnicas do processo e dos impactos ambientais; [podendo, inclusive] atuar como empresário prestador de serviços ou fornecedor de produtos e equipamentos para todos os setores que atuam direta ou indiretamente no setor sucroenergético (UEMG-FEIT, 2012).

Outro tipo de ação é a qualificação dos trabalhadores via alianças entre as firmas, entes públicos e grupos de representação como a FIEMG/SENAI (exemplos nesse sentido podem ser vistos em Ituiutaba e Santa Vitória). Essas ações inserem-se no bojo do Plano Nacional de Qualificação para o Setor Sucroalcooleiro, iniciativa do Ministério do Trabalho e Emprego e da Secretaria Geral da Presidência da República, que, com recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador(FAT) e a colaboração de entes como as federações de indústria, oferta cursos de aperfeiçoamento em áreas como operação de máquinas e equipamentos tanto na fase agrícola quanto na industrial. A meta do Plano Nacional de Qualificação é beneficiar cerca de 25.000 trabalhadores em todo o país. No caso específico do Triângulo Mineiro, existem ações em municípios como Campo Florido, Conceição das Alagoas, Frutal, Itapagipe e Iturama (Brasil, 2011).

Os cursos oferecidos no âmbito desses programas são diversos (operador de máquina agrícola, operador eletrotécnico, mecânico de trator, mecânico de caldeira, etc.), com abordagens técnicas e teóricas. Além disso, o curso objetiva beneficiar tanto trabalhadores que estão empregados quanto os desempregados, dado que 30% das vagas são destinadas a este último grupo (Brasil, 2011).

Diante do que foi exposto, o Quadro 20 a seguir resume algumas características infraestruturais da região.

Quadro 20 - Algumas características infra estruturais do Triângulo Mineiro.

Aspecto	Características	
Energia	Anos 50 e 60: construção de hidrelétricas para abastecimento de energia para o Brasil central; a convergência de interesses permite o estabelecimento de linhas de transmissão que beneficiam a região	
	Atualmente: 11 hidrelétricas (operadas pela CEMIG) em rios que banham a região que, em conjunto, possuem capacidade de geração de, no mínimo 3.700.00 KW	
	Duas das maiores hidrelétricas do estado situam-se na região (divisa com Goiás): Emborcação e São Simão	
	Estrutura de energia tem potencial para ser complementada pela cogeração das usinas	
Transportes	Ferrovias	História da região desde fins do século XIX relaciona-se ao avanço de linhas férreas
		Atualmente: presença da Ferrovia Centro-Atlântica, ligando a região a uma série de portos (Vitória e Santos, por exemplo), permitindo a intermodalidade e multimodalidade de transporte de cargas
		Associadas à Ferrovia Centro-Atlântica a região conta com os portos secos em Uberlândia e Uberaba, o que permite agilidade em processos relacionados ao comércio internacional
	Rodovias	Seis rodovias federais que permitem à região ser parte estratégica de rotas que ligam o país de norte a sul, leste a oeste.
		Rodovias estaduais que representam rotas extras para o transporte inter-municipal (ligando uma série de municípios canavieiros uns aos outros, a exemplo da MG-255 e MG-427)
		Competências em termos logísticos graças a presença de grandes empresas atacadistas que usufruem da posição geográfica e malha viária favoráveis
Formação de mão-de-obra	A região conta com estruturas de formação e qualificação de mão de obra graças a alianças entre agentes públicos e privados.	
	A região conta com ações de qualificação de mão de obra no âmbito dos programas governamentais, como o Plano Nacional de Qualificação para o Setor Sucroalcooleiro em municípios como Campo Florido, Conceição das Alagoas, Frutal, Itapagipe e Iturama.	
	Parcerias entre FIEMG/SENAI e usinas tem realizado cursos de aperfeiçoamento de mão de obra para as variadas fases da produção (ex. operação de colheitadeiras e caldeiras)	
	Há estrutura para formação de mão de obra com ensino superior com competências técnicas específicas às demandas do complexo: técnico em produção sucroalcooleira em Ituiutaba (FEIT-UEMG)	

Fonte: Elaboração própria.

A exposição precedente parece sinalizar que, do ponto de vista infraestrutural, não há grandes entraves para a evolução de arranjos baseados no complexo sucroalcooleiro, uma vez que a região conta com suporte logístico, energético e de formação de mão de obra que atendem aos anseios de complexos agroindustriais.

A totalidade das firmas que responderam ao questionário afirmou que o principal modal utilizado pelo complexo é o rodoviário (questão 23). A mesma questão mostra que nenhuma delas utiliza as estruturas ferroviárias, mas interessante é observar que uma usina se utiliza do modal aquaviário. A opinião das firmas no que tange à forma como essa infraestrutura beneficia o complexo sucroalcooleiro mostra o seguinte: 55,5% delas consideraram que a infraestrutura de transporte existentes na região *é muito favorável* ao estabelecimento e evolução do complexo, e 33,3% tiveram uma opinião intermediária. Ou seja, 88,8% acreditam que a infraestrutura geral de transportes no TM favorece medianamente a elevadamente a evolução do complexo (questão 24).

Quanto à avaliação da infraestrutura de energia, 77,8% das usinas a consideraram muito favorável ao estabelecimento do complexo e apenas 11,1% consideraram pouco favorável (questão 26). Tal resultado talvez sugira que a estrutura energética regional não seja um elemento tão fundamental para as estratégias do setor, uma vez que 88,9% das usinas que responderam ao questionário produzem energia via cogeração (questão 27) e 90% das respondentes creditam alta importância à cogeração em suas estratégias mais gerais (questão 28). O Quadro 21 demonstra resumidamente as opiniões das firmas do complexo com respeito à estrutura de transporte e energia regionais.

Quadro 21 - Percepção das usinas com respeito à estrutura de energia e transportes.

Energia
88,9% produz energia por cogeração e tem baixa dependência da energia fornecida pelas concessionárias
90% imputam grande importância à cogeração em suas estratégias gerais
88,9% conferem alta importância à cogeração para substituir a energia fornecida pelas concessionárias (e reduzir custos, portanto)
77,8% conferem alta importância à cogeração para vender o excedente
88,9% conferem alta importância à cogeração para reduzir impacto ambiental pelo reaproveitamento de biomassa
77,8% acreditam que a estrutura energética fornecida pelas concessionárias é bastante favorável ao complexo, de qualquer maneira
Transportes
100% das usinas se utilizam do modal rodoviário
A malha ferroviária não é utilizada por nenhuma das usinas pesquisadas
1 usina pesquisada afirmou utilizar-se do modal aquaviário
55,5% das usinas consideram a infraestrutura geral de transportes bastante favorável
33,3% consideram tal infraestrutura relativamente favorável
11,1% consideram tal infraestrutura pouco favorável

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

4.3.2.7. Concertação comunitária

Esse item, claramente advindo das contribuições do ET, busca observar a existência de grupos comunitários da sociedade civil de caráter deliberativo e consultivo que dialoguem com os diversos outros grupos locais rumo a um processo concertado e participativo de desenvolvimento. Ora, esta dissertação considera que o elemento *concertação comunitária* é um elemento importante se se quer encarar o processo de desenvolvimento social sob novas bases. A variável *concertação comunitária* insere-se no contexto de reconhecimento da necessidade de inclusão dos diversos atores sociais que se inserem no espaço e, portanto, devem ter parte nos arranjos estabelecidos para o desenvolvimento socioeconômico das áreas onde se inserem.

As ações sustentadas pela Secretaria de Desenvolvimento Territorial, no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Agrário (SDE/MDA), são exemplos nesse sentido. As mesmas contribuem para o estabelecimento formal de grupos comunitários locais, que, por sua vez, passam a ser consultados e deliberam sobre uma série de aspectos relacionados aos destinos do espaço de sua vivência, contribuindo para a auto-gestão dos territórios estabelecidos. São grupos desta natureza que se espera observar em estratégias melhor acabadas de desenvolvimento regional. É neste espírito que se considera, no modelo de análise proposto, aspectos relacionados à concertação e participação comunitária.

Os municípios do Triângulo Mineiro, contudo, não são contemplados por nenhuma das ações da SDE/MDA (Territórios da Cidadania e Territórios Rurais). Logo, do ponto de vista do governo federal, não existem ações que contribuam para a conformação de grupos de ação local que dialoguem com os outros setores da sociedade – ou mais especificamente, com os grupos ligados ao complexo sucroalcooleiro. Espera-se, portanto, que esses grupos surjam de maneira “espontânea” a partir de estímulos diversos com vistas ao estabelecimento de diálogo com o complexo sucroalcooleiro. Os questionários mostraram que 87,5% das usinas percebem a existência de grupos comunitários organizados de consulta e deliberação no âmbito da localidade onde se inserem e 75% já foi abordada por algum desses grupos (cf. questões 31 e 32). Isso sugere que, de acordo com as firmas, há comunicação entre grupos organizados locais e a usina. Não foi questionado, contudo, qual a natureza dos assuntos tratados entre os grupos nem o “grau de solução” de eventuais problemas tratados nesses diálogos. Ainda neste sentido, vale destacar que 100% das respondentes afirmaram que levariam em consideração as demandas advindas de tais grupos comunitários.

De todo modo, este trabalho manifesta a necessidade de avanço nas formas de diálogo entre firmas e sociedade civil local. Diante da inexistência de grupos locais que façam a intermediação entre comunidade e firma, seria razoável supor que *as próprias usinas tomassem a iniciativa de criá-los*, de modo a tornar mais aprimorada, objetiva e orgânica a troca de informações com a população local. Parcerias dessa natureza tendem a possibilitar a integração da comunidade local nos rumos do espaço onde vivem e respeitam aquele princípio de novas formas de governança proposto pelo ET.

Neste sentido, quando questionadas se incentivam, via algum programa interno, a organização de grupos comunitários locais para diálogo, 50% das usinas que responderam à pesquisa afirmaram que *não o fazem*, ante 25% (2 usinas) que afirmaram incentivar tal conformação (25% não sabiam se havia algum programa dentro da usina nesse aspecto) (questão 34). Mais uma vez, argumenta-se que a necessidade de maior fluidez e transparência na comunicação entre usinas e comunidade local, via a conformação de grupos locais, traz o potencial de dar novo sentido às relações socioeconômicas do espaço, ampliando, inclusive os laços de afinidade histórico-cultural entre o complexo e as comunidades – o que será analisado a seguir.

4.3.2.8. Afinidade histórico-cultural

Outra variável advinda dos enfoques que consideram a territorialidade como elemento importante para o desenvolvimento é o que se chama aqui de “afinidade histórico-cultural”. Entende-se que é imprescindível que a atividade econômica que explora recursos e mão-de-obra locais tenha complementaridades culturais e históricas com o espaço onde se estabelece. O que se espera é que os negócios que exploram as oportunidades econômicas locais o façam de maneira mais “orgânica” e “sinérgica” com o *ethos* da população local, contribuindo de maneira significativa para o desenvolvimento cultural e histórico daquele povo.

Há de se reconhecer que medir essa dimensão do desenvolvimento local é tarefa árdua, pois levanta questões diversas e complexas a exemplo do que é cultura local e até que ponto determinada atividade econômica a deturpa ou a complementa. Tais questões são dificultadas pelo caráter fluido, subjetivo e dinâmico dos elementos envolvidos. Em que pese o reconhecimento dessas dificuldades, este trabalho tenta vislumbrar, mesmo que de maneira muito primária, qual a afinidade do complexo sucroalcooleiro com a população e a história do TM. Para tanto, utiliza-se uma medida simples, mas que, contudo, pode fornecer algumas indicações interessantes: quanto tempo o complexo está inserido na região.

É importante ter em perspectiva que o complexo insere-se no TM a partir de uma tendência global de busca por valorização dos capitais ligados ao agronegócio. Essa inserção, ainda que tenha se intensificado mais recentemente, acontece desde a primeira onda de modernização e estabelecimento do agronegócio em terras triangulinas, nas décadas de 1960 e 1970. Como já ressaltado, Guimarães (2010) demonstra de maneira mais geral como as atividades agroindustriais evoluíram na região em razão da confluência de uma série de fatores. Mas é Garlipp (1999) e Michelotto (2008) que fazem uma análise mais bem acabada do estabelecimento do complexo sucroalcooleiro no TM, mostrando que desde o ano de 1960, as usinas se estabelecem naquelas áreas mais próximas do estado de São Paulo, no vale do rio Grande, em municípios como Conquista (com a Usina Mendonça em 1960) e Delta (Usina do Delta, 1969).

Nos anos 1970 e 1980, o complexo se espalha rumo ao vale do rio Paranaíba, estabelecendo-se em cidades como Araporã (Usina Alvorada, de 1973) e Canápolis (Usina Triálcool, 1981), assim como nos anos 1990, quando grupos ligados ao complexo sucroalcooleiro nordestino (Grupo João Lyra e Carlos Lyra, por exemplo) inserem-se na região. O que se busca ressaltar aqui é que o complexo sucroalcooleiro *não configura novidade* para a população da região, dado que desde os anos 1960, populações triangulinas dividem espaço com as atividades canavieiras.

Michelotto (2008) destaca que o complexo sucroalcooleiro não encontrou ou encontra grandes obstáculos para a realização de seus objetivos, passando a condicionar novas dinâmicas regionais⁷² e exemplifica:

[Com o estabelecimento do complexo na região] Ocorre uma mudança no uso e ocupação das terras, que engendram novos fluxos que começam a dar uma nova dinâmica às áreas produtoras, impondo um novo tipo de vida ao conjunto de relações socioespaciais estabelecidos nas localidades, caracterizadores do meio técnico científico informacional e das relações não contíguas dos círculos produtivos do setor canavieiro e do agronegócio em geral (Michelotto, 2008, p. 99).

Mais ainda, a nova realidade trazida pelo complexo à região, além de expandir as competências do “meio técnico científico informacional”, a insere em novos processos de globalização econômica e cultural. Assim, a ação do complexo é revestida de estratégias “que são definidas fora do lugar, nas grandes metrópoles do país e do mundo, fazendo confluir para

⁷² Estas considerações estão intimamente relacionadas aos processos de territorialização, desterritorialização e reterritorialização já discutidos previamente.

o espaço da produção as tendências modernizadoras e excludentes do período atual” (MICHELOTTO, 2008, p. 86). Em outras palavras, a inserção do complexo na região se deu de maneira que readequou as formas de uso da natureza e as funções dos núcleos urbanos, trazendo consigo conflitos e desigualdades.

A análise precedente permite a seguinte consideração: a presença do capital sucroalcooleiro que segue uma lógica mundializada, que explora recursos naturais e humanos locais, e que leva conflito à região, aprofundando antagonismos, exportando os lucros econômicos e não colaborando para a evolução socioespacial da região não casa com os modelos propostos pelo ET ou a EI. Cenários desse tipo podem se tornar realidade em um contexto de crescimento da participação do capital internacional em usinas regionais⁷³, que exploram os recursos, privatizando e exportando os benefícios.

De outro lado, a fase mais recente de evolução do complexo no TM se dá em um *novo contexto histórico* e sob *novo aparato institucional*, distintos daqueles dos anos 1970, 1980 e 1990, quando os conflitos e externalidades negativas sociais, econômicas e ambientais causadas pelas atividades do complexo o tornaram uma espécie de vilão do desenvolvimento social. *Os novos contextos* exigem das firmas do complexo maiores contrapartidas sociais, econômicas e ambientais. E buscando se adequar a pressões mercadológicas e legais, as atividades sucroalcooleiras tornam-se *relativamente* mais próximas dos anseios da população em termos de geração de empregos de qualidade, colaboração para o desenvolvimento municipal, entre outros. Não cabe mais ao complexo sucroalcooleiro do início do século XXI, o *modus operandi* das décadas de 1970, 1980 e 1990, cujas ações abriram caminho ao conflito e à exploração desmedida de recursos humanos e naturais.

Logo, este trabalho adota a posição relativamente otimista de que, a partir de aprimoramento institucional e pressões mercadológicas (concorrência e demanda), o complexo sucroalcooleiro de maneira geral (mesmo que contenha os atributos da mundialização) *pode se tornar mais responsável* e, portanto, mais afinado com os anseios da população de seu entorno, reduzindo conflitos sociais e pressões ambientais. Nesse sentido, as firmas e os arranjos deveriam se balizar por ações que as aproximem da cultura local. A cultura da firma – do arranjo, e por extensão do complexo – deveria se aproximar da cultura

⁷³ Como de fato ocorreu em 2012, quando funcionários de usinas da região (em Ituiutaba e Campina Verde) comandadas pela internacional BP Biocombustíveis paralisaram os trabalhos em razão de mudanças bruscas nos acordos trabalhistas. Cf. <http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2012/03/funcionarios-de-usina-paralisam-atividades-em-ituiutaba-mg.html>

da comunidade de seu entorno, *respeitando limites biofísicos, culturais e institucionais e localizando ganhos econômicos*, com vistas a fugir de um modelo estritamente explorador⁷⁴.

Disso pode-se afirmar que outra forma de medir a afinidade histórico-cultural do complexo com a região – estando intimamente relacionada ao tempo de existência do arranjo no espaço - se dá através do desenvolvimento socioeconômico estimulado pelas atividades sucroalcooleiras. Michelotto (2008) analisa o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de cidades triangulinas tipicamente canavieiras - embora reconheça que seja difícil traçar correlações diretas entre o estabelecimento de usinas e as tendências do IDH, e também aponte os efeitos negativos que atividades agrícolas monocultoras tendem a provocar⁷⁵.

Suas conclusões apontam que o IDHM de todos os municípios onde o complexo sucroalcooleiro está presente ampliou-se de maneira significativa, o que sugere um quadro de contribuição mínima do complexo para o desenvolvimento humano da região. Ainda que não tenha sido somente o complexo sucroalcooleiro que provocou tal crescimento (há de se considerar a confluência de esforços públicos e do desenvolvimento produtivo geral), “a introdução das atividades canavieiras está associada ao crescimento do IDHM, visto que no mesmo período cresceram também a quantidade e área destinada ao seu cultivo” (MICHELOTTO, 2008, p.136).

Outro aspecto relacionado à afinidade cultural do complexo com as comunidades triangulinas diz respeito ao conflito gerado por novas dinâmicas migratórias. Michelotto (2008) destaca que a instalação de usinas no TM amplia a demanda por mão de obra, trazendo oportunidades econômicas e investimentos setoriais, além de contribuir para a elevação dos salários médios dos municípios. Outro efeito da evolução do complexo diz respeito à dinamização fluxos migratórios: parte da mão de obra do complexo advém de outras regiões do país – especialmente do nordeste. Esse movimento acaba por revelar fragilidades

⁷⁴ Este seria o comportamento esperado das firmas já orientadas pelo Paradigma Centrado na Sustentabilidade ou que, ao menos, começam a ficar contaminadas por tendências deste paradigma (com base nas afirmativas de HOFF (2008)). Numa visão otimista, que considere que o paradigma centrado na sustentabilidade já se encontra em desenvolvimento, é possível ter este tipo de expectativa das firmas. No entanto, a confirmação deste comportamento só se dará com observações de médio e longo prazo.

⁷⁵ Como a concentração fundiária, concentração de renda, não incorporação de boa parte da população rural com consequente êxodo para as áreas urbanas, ampliação de desigualdades intra-regionais, semi-proletarização dos trabalhadores com jornadas de trabalho extenuantes, baixa remuneração, etc. Com respeito à questão fundiária, BNDES; CGEE (2008) aponta que é preciso remodelar a produção de biocombustíveis com vistas a inserir o pequeno produtor nas cadeias produtivas de maneira descentralizada. Ainda que reconheça que os modelos familiares de produção não permitam a escala e a produtividade com as quais o complexo trabalha, fica a indicação da necessidade de pensar formas de ampliar as capacidades de micro e pequenas destilarias, de modo a inseri-las nas cadeias do complexo sucroalcooleiro.

infraestruturais dos municípios que não conseguem servir ao novo contingente de moradores os serviços de saúde, educação e saneamento básicos. Esse cenário, por conseguinte, é campo fértil para *conflitos* diversos – inclusive a segregação e o preconceito com relação aos “alagoanos” (forma com que os emigrados são denominados por alguns da população local em Ituiutaba, por exemplo) (MICHELOTTO, 2008).

Nesse sentido, o complexo colabora para uma espécie de “desarmonização” sócio-espacial e cultural. Espera-se, com respeito a isso, que as usinas posicionem-se de forma ativa em conjunto com a sociedade local rumo a modelos que reduzam essas “externalidades culturais negativas”, buscando soluções que harmonizem os traços culturais triangulinos com os dos novos grupos que aqui chegam.

A ação das usinas do complexo com vistas a inserirem-se de maneira positiva dentro da região são bastante pautadas em aspectos educacionais e de conscientização (ambiental, prevenção de doenças, comemoração de datas específicas, formação de mão de obra para a própria usina, etc.). Existem ainda ações mais complexas que permitem, por exemplo, a construção de áreas residenciais e pavimentação de estradas locais, elementos que colaboram, respectivamente, para o planejamento urbano e transporte intermunicipal. Cabe ressaltar, de qualquer modo, o intenso recurso à parceiras de cunho público-privado: prefeituras, usinas e governos estaduais atuam de forma conjunta.

Contudo, é razoável supor que essa inserção possa se dar de maneira ainda mais profunda. As ações sob o enfoque territorial tendem a valorizar aspectos tais como a paisagem, o patrimônio histórico, os saberes e as expressões culturais locais. Diante disso, abre-se uma janela de oportunidade para a melhor integração histórico-cultural entre complexo e comunidade, a partir da consideração desses aspectos. Um bom exemplo é o maior apoio às atividades de expressão cultural típicas da região, como a Congada. Ademais, nas pequenas cidades da região onde o complexo se faz presente, a praça muitas das vezes é o principal espaço de convivência da comunidade local. Desse modo, investir em melhorias desses espaços – ou construir novos – talvez seja uma boa oportunidade para estreitar laços entre os grupos empresariais e a comunidade local. A esse respeito, 88,9% das usinas disseram contribuir para o desenvolvimento local através de programas de educação comunitária, atividades de lazer, melhoria de espaços físicos públicos, etc. (Questão 37).

Outra maneira de beneficiar a comunidade local é a construção de novas formas de “capital territorial”, incentivando e valorizando os produtos locais. O objetivo é valorizar o espaço e suas vantagens comparativas, criando oportunidades mercadológicas para a

população local a partir de suas capacitações, fortalecendo a um só tempo a identidade local e o “patrimônio territorial”.

Os questionários mostraram que as usinas, de maneira geral, se sentem integradas de alguma forma à cultura regional: 62,5% das usinas consideram que o complexo sucroalcooleiro no TM é elemento já incorporado à identidade cultural das comunidades locais, ao passo que 37,5% o consideram como fenômeno novo (questão 36). Complementarmente, 87,5% delas afirmaram que o complexo colabora para a construção de novos laços culturais, incorporando-os aos já existentes, enquanto 12,5% afirmaram que as atividades sucroalcooleiras ajudam a reforçar a cultural regional já estabelecida (questão 35). A análise conjunta desses dados sugere que, sob o prisma das firmas, o complexo sucroalcooleiro não se percebe como estranho à cultura da região.

O Quadro 22, elenca uma série de ações que já são realizadas na região (obtidas a partir de boletins eletrônicos da SIAMIG), ao passo que o Quadro 23 apresenta outras ações potenciais que convergiriam com os pressupostos dos enfoques que inspiram esta dissertação.

Quadro 22 - Algumas ações concretas de integração social entre o complexo e comunidades locais.

Ação	Cidade	Usina
Usina e prefeitura adquirem terrenos para construção de residencial para funcionários da usina, da prefeitura e da comunidade local (396 residências no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida)	Iturama	Coruripe
Usina e prefeitura criam cartilha de conscientização ambiental para alunos da rede pública de ensino	Tupaciguara	Aroeira
Ações junto a creches em comemoração ao dia das crianças - distribuição de presentes, atividade lúdicas entre trabalhadores das usinas e crianças, etc.	Limeira do Oeste, Carneirinho, União de Minas e Iturama	Coruripe
Palestras universitárias	Uberaba	Santo Ângelo
Doação de livros ligados à temática ambiental e equipamento de informática para bibliotecas e escolas públicas	Uberaba	Usina Uberaba
Convênio com faculdades locais para estímulo de estudos sobre a cana-de-açúcar (proximidade entre meio acadêmico local e complexo)	Uberaba	Coruripe
Apoio e patrocínio à "Marcha pela Paz - Aliança Cidadania"	Tupaciguara	Aroeira
Iniciativas junto à prefeitura e governo estadual para a formação de corredores ecológicos na cidade	Tupaciguara	Aroeira
Produção de documentário sobre o covoal, um tipo de ecossistema típico do cerrado. O documentário será exibido em escolas públicas	Uberaba e Nova Ponte	Usina Uberaba
Parceria Público Privada entre governo estadual e usina para pavimentação de estrada entre Pirajuba e Campo Florido	Pirajuba e Campo Florido	Coruripe

Fonte: Elaboração própria a partir de SIAMIG (2012).

Quadro 23 - Ações potenciais de integração social entre o complexo e comunidades locais.

Ações potenciais
Construção de centros de convivência comunitária para fomentar lazer e esporte e cultura e confraternizações comunitárias
Incentivo e apoio a eventos culturais típicos do TM (Congada, Catira, Música de Raiz, etc.)
Apoio a atividades de preservação do patrimônio histórico local (restauração de prédios, apoio a museus, preservação de acervos históricos, etc.)
Apoio à atividades de preservação da paisagem local (construção de parques de preservação de áreas típicas de cerrado, projetos de jardinagem e urbanísticos, etc.)
Valorização do produto local - açúcar com denominação de origem, por exemplo ("açúcar do cerrado"), ou apoio à produção de doces, cachaças e artesanatos. O objetivo é valorizar o "capital territorial" do espaço, fortalecendo a identidade local e transformando isso em oportunidades mercadológicas para a população local - criação de "patrimônio territorial".
Identificar potenciais usos do "saber fazer local", ou seja, os saberes populares locais em benefício das atividades gerais do complexo

Fonte: Elaboração própria.

4.3.2.9. Geração de empregos

Espera-se de qualquer estratégia de desenvolvimento regional a geração de empregos de qualidade – que seja formal, que remunere adequadamente e que dignifique o indivíduo que trabalha – para o espaço explorado economicamente. O complexo sucroalcooleiro, infelizmente, possui uma mancha nesse quesito em razão dos relatos históricos de superexploração da mão de obra, o que gerou – e gera – conflitos importantes entre usineiros e trabalhadores. Contudo, conforme reporta BNDES E CGEE (2008), o complexo (no Brasil como um todo) vem passando por uma transição positiva com respeito à qualidade do emprego gerado, onde se assiste expressiva redução do trabalho informal, aumento da escolaridade e da renda do empregado, redução de trabalho infantil, melhoria da organização representativa dos trabalhadores, entre outros fatores.

Em 2011 o complexo empregava *pelo menos* 644.600 trabalhadores formais no Brasil⁷⁶, enquanto em Minas Gerais, haviam quase 57.900 empregados (RAIS, 2012). No

⁷⁶O número, obtido através de dados da RAIS, no sistema do Ministério do Trabalho (DARDO), por motivos desconhecidos não quantifica o emprego gerado em duas cidades do TM (Ipiaçu e União de Minas). Ademais, os dados foram obtidos a partir de seis códigos da Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) que, imagina-se, possa representar de maneira adequada as varias fases do complexo. São elas: i) Serviço de preparação de terreno, cultivo, colheita, etc., ligado especificamente às atividades canavieiras (CNAE 0161-0/03); ii) Fabricação de caldo de cana, moagem e manejo do bagaço e atividades ligadas à produção de açúcar (CNAE 1071-6); iii) Fabricação de açúcar refinado (CNAE 1072-4); iv) atividades ligadas à produção de etanol (CNAE 1931-4); v) Comércio atacadista de álcool, biodiesel, etc. (CNAE 4681-8/01); e vi) Comércio Atacadista de Açúcar (CNAE 4637-1/02). Essas considerações fazem com que os números de emprego do complexo sucroalcooleiro da região apresentados nesta seção sejam uma indicação de geração mínima de emprego formal na região.

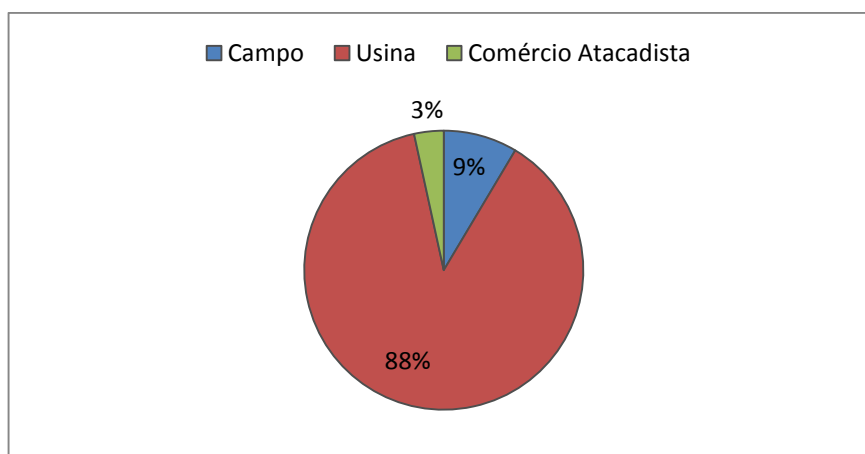
Triângulo Mineiro, conforme pode ser visto na Tabela 22 foram 22.700 trabalhadores no complexo (aproximadamente 40% do total de MG). O Gráfico 30 mostra que, desse montante, 88% inserem-se na fase industrial – cerca de 20.000 trabalhadores estão dentro das usinas da região. Do restante, 9% estão na fase agrícola (serviços de preparação da terra no, cultivo, colheita, etc.) do processo e 3% trabalha em atividades relacionadas à distribuição de etanol e açúcar. Este perfil não é muito distinto do percebido em outros anos.

Tabela 22 - Geração de emprego por atividades do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro: 2006 a 2011.

	Campo	Usina	Comércio Atacadista (etanol e açúcar)	Total
2006	1.350	12.834	595	14.779
2007	1.391	14.906	704	17.001
2008	2.244	15.081	516	17.841
2009	2.051	14.332	629	17.012
2010	1.796	17.182	737	19.715
2011	1.946	19.998	778	22.722
Total	10.778	94.333	3.959	109.070

Fonte: Elaboração própria a partir de RAIS (2012).

Gráfico 30 - Proporção de emprego gerado por fases da produção do complexo (2011).

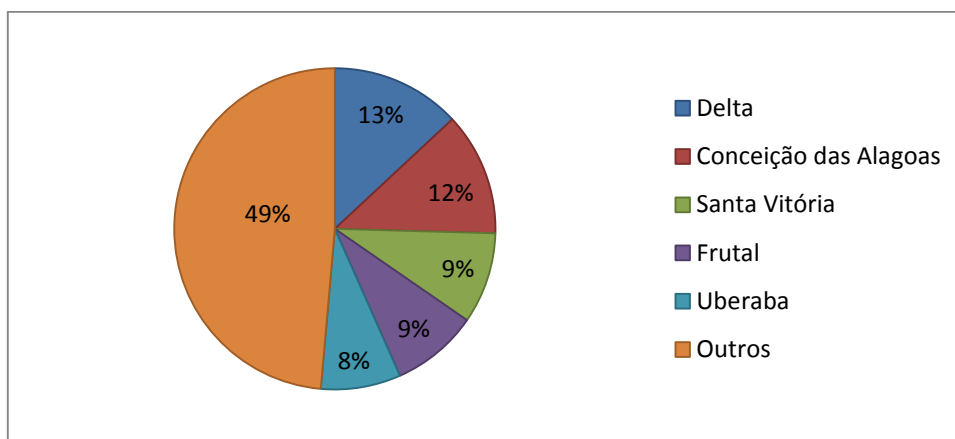


Fonte: Elaboração própria a partir de RAIS (2012).

Os municípios que mais empregam são Delta, Conceição das Alagoas, Santa Vitória, Frutal e Uberaba, de modo que 51% do trabalho absorvido pelo complexo estão nessas cidades (conforme destaca o Gráfico 31). A divisão espacial do emprego do complexo

sucroalcooleiro na região respeita as capacitações econômicas dos municípios. Exemplo disso é que em Uberlândia, município reconhecido por ser um centro logístico importante, encontram-se 66% dos empregados das fases de comércio do complexo – em 2011, dos 778 indivíduos que trabalhavam no comércio atacadista de açúcar e etanol na região, 518 estavam em Uberlândia, segundo a RAIS (2012). Delta, Conceição das Alagoas e Uberaba, cidades situadas no vale do Rio Grande, são municípios onde a atividade sucroalcooleira já se insere há mais tempo, em função das terras inicialmente se mostraram mais aptas ao cultivo da cana-de-açúcar e ao estabelecimento da usina. É em cidades como essas que se pode afirmar que o complexo sucroalcooleiro do TM está mais maduro. Santa Vitória, de outro lado, insere-se no quadro da expansão mais recente do complexo, com a inserção de novas usinas a partir de meados da metade dos anos 2000.

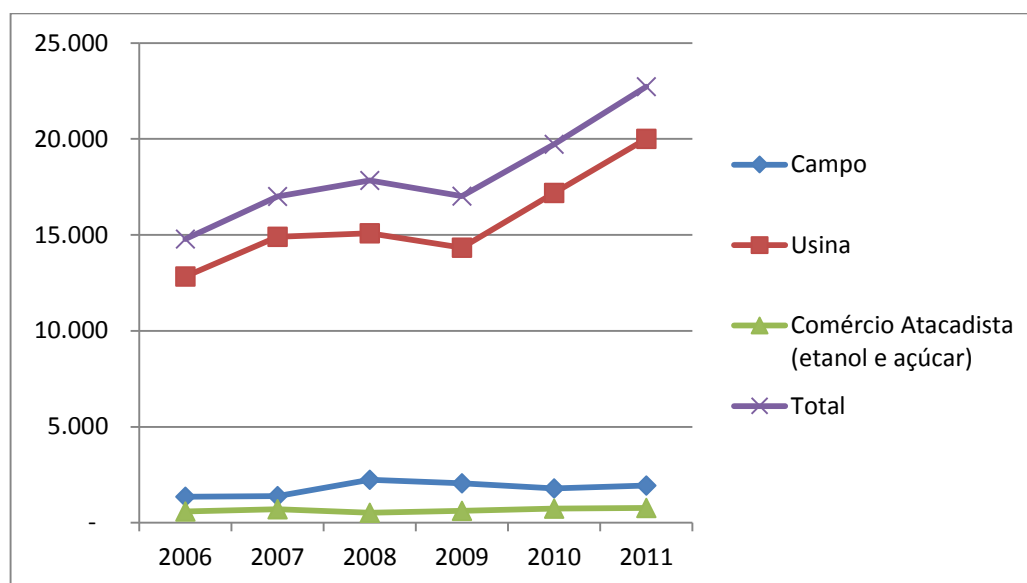
Gráfico 31 - Proporção de empregos gerados no complexo sucroalcooleiro por município do Triângulo Mineiro.



Fonte: Elaboração própria a partir de RAIS (2012).

De 2006 a 2011, o complexo empregou aproximadamente 109.000 trabalhadores. A quantidade empregada evolui de maneira crescente ao longo de período, sofrendo queda apenas no ano de 2009, a partir de quando, volta a crescer de forma importante: em 2006 eram 14.700 empregado aproximadamente, ao passo em que 2011 o número chega aos 22.700. Interessante observar que o padrão de evolução do emprego sucroalcooleiro é puxado pelo comportamento do emprego nas usinas, conforme destaca o Gráfico 32 a seguir, ao passo que as fases agrícola e de serviços ligadas ao complexo se mantém relativamente estáveis.

Gráfico 32 - Evolução do emprego gerado dentro do complexo sucroalcooleiro triangulino.



Fonte: Elaboração Própria a partir de RAIS (2012).

O emprego industrial tende a ser qualitativamente superior se comparado ao trabalho no campo, dado que há todo um aparato de regulação trabalhista que garante normas rígidas para o trabalho dentro das unidades industriais – jornada de trabalho, condições de segurança e salubridade, etc. Ademais, verifica-se que, ao longo do período analisado não há queda substancial de emprego no campo (ainda que o volume total de emprego no campo seja relativamente baixo), sugerindo talvez que a fase de demissões em razão do processo de mecanização do preparo, cultivo e colheita da cana-de-açúcar já tenha passado – mesmo em um período de crise econômica geral como o que se iniciou em 2009.

Há de se destacar, ainda, a preponderância que o emprego sucroalcooleiro possui em alguns pequenos municípios da região, dado que o contingente empregado representa uma fração importante da população. Michelotto (2008) aponta que em 2007, foram contratados mais de 3.700 empregados no município de Delta, o que representaria mais da metade da população total do município.

Com respeito à qualidade do emprego gerado, Michelotto (2008) destaca alguns problemas relacionados às condições de trabalho em lavouras e usinas, que se traduz em riscos graves à saúde e integridade moral dos trabalhadores. O Quadro 24 resume alguns desses aspectos levantados junto à Sub-Delegacia do Trabalho de Uberlândia:

Quadro 24 - Alguns problemas e desdobramentos relacionados às condições de trabalho no cultivo de cana-de-açúcar.

Situação	Descrição	Desdobramento
O trabalhador é colocado em alojamentos precários	Não existe condição de vida condizente com a presença de seres humanos	Presença de fiscalização que lavra autos de infração. Presença da imprensa, gerando prejuízos para a imagem da empresa. Intervenções do Ministério Público
Trabalhador não paralisa atividades para almoçar	Qualquer parada implica na perda de produtividade e ganhos	Riscos acentuados à saúde
Trabalhador se nega a parar as atividades para fugir de chuvas	Trabalhador se molha e enxuga ao ar livre	Riscos graves de prejuízos à saúde
Desrespeito aos direitos de cidadão do trabalhador	Abuso de poder por parte dos encarregados	Prejuízos à imagem e motivação, movimentos de greve e paralização
Incorreções nos pagamentos	Medições feitas a menor ou desrespeito aos direitos relativos ao repouso semanal	Geração de prejuízos econômicos aos trabalhadores
Incorreções nas rescisões	Desrespeito à legislação	Denúncias e reclamações trabalhistas

Fonte: Michelotto (2008, p. 140).

A despeito de todos os problemas enfrentados, agentes públicos e privados vem atuando rumo a um modelo de exploração de mão de obra mais responsável. Destaca-se nesse sentido o *Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar*, iniciativa da Secretaria Geral da Presidência da República que, em 2008, junto a Ministérios, grupos ligados ao complexo sucroalcooleiro, confederações de indústrias e de trabalhadores criou um grupo de diálogo para a conformação de convenções sobre o trabalho empregado nas atividades canavieiras. Ao longo de várias reuniões, 18 temas foram discutidos, dentre eles contrato de trabalho, saúde e segurança do trabalhador, remuneração e responsabilidade no desenvolvimento da comunidade (BRASIL, 2012b). A adesão ao compromisso não é compulsória, mas as firmas que decidirem acatá-lo, passam por mecanismos de verificação que garantem uma espécie de certificação por parte do governo: o selo “Empresa Compromissada”. Este selo é outorgado às firmas que aderem ao Compromisso e passam por auditorias credenciadas pelo governo federal⁷⁷. O Quadro 25

⁷⁷ O Selo Empresa Compromissada, instituído em maio de 2012, objetiva essencialmente “identificar e reconhecer positivamente a empresa por seus compromissos e ações voltadas para o aprimoramento das condições de trabalho. Sua concessão visa apenas estimular a ética positiva, ou seja, a valorização de boas práticas empresariais, e não confere à empresa que o recebe qualquer vantagem comercial ou governamental” (BRASIL, 2012, s/p. folder selo).

resume alguns aspectos relacionados aos programas públicos de fomento à melhoria das condições de trabalho no complexo.

Quadro 25 - Resumo de Ações que visam a melhoria das condições de trabalho no complexo sucroalcooleiro.

Iniciativas propostas pelo Compromisso Nacional
Assegurar a adequação dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) utilizados pelos trabalhadores no cultivo manual da cana-de-açúcar;
Ampliar progressivamente os serviços oferecidos pelo Sistema Público de Emprego na intermediação da contratação de trabalhadores para o cultivo manual da cana-de-açúcar;
Promover a alfabetização e elevação da escolaridade dos trabalhadores do cultivo manual da cana-de-açúcar;
Promover a qualificação e requalificação dos trabalhadores do cultivo manual da cana-de-açúcar com vistas a sua reinserção produtiva;
Fortalecer ações e serviços sociais em regiões de emigração de trabalhadores para atividades sazonais do cultivo manual da cana-de-açúcar.
Temas debatidos nas rodadas de negociação do Compromisso e que balizam as avaliações das firmas que aderiram ao mesmo: contrato de trabalho; saúde e segurança do trabalho; transparência na aferição da produção; alojamento; transporte; migração; escolaridade, qualificação e recolocação; Trabalho decente e qualidade de vida; remuneração; jornada de trabalho; alimentação; trabalho infantil e trabalho forçado; organização sindical e negociações coletivas; proteção ao desempregado, com atenção aos trabalhadores no corte manual no período da entressafra; responsabilidade sobre as condições de trabalho na cadeia produtiva; responsabilidade no desenvolvimento da comunidade; Programa de Assistência Social – PAS da atividade canavieira; trabalho por produção; trabalho decente e trabalho análogo ao escravo.
Ações concretas
Projeto de melhoria dos equipamentos de proteção individual para a atividade de corte manual de cana-de-açúcar. O objetivo é criar um Certificado de Aprovação – CA – para os equipamentos que sejam projetados e produzidos especificamente para a atividade.
<i>Plano Nacional de Qualificação para o Setor Sucroalcooleiro</i> , como parte das políticas públicas que integram a sua parte no Compromisso Nacional. O Plano tem o objetivo de qualificar trabalhadores do setor, tanto os desempregados que buscam retornar à cadeia produtiva da cana-de-açúcar quanto os empregados que poderão perder o posto de trabalho devido à mecanização da colheita. A iniciativa é executada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, com recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT).
11 Estados são beneficiados de alguma maneira pelas ações do Compromisso Nacional e do Plano Nacional
Em Minas Gerais, o Plano Nacional de Qualificação para o Setor Sucroalcooleiro beneficiou trabalhadores nos municípios de Campo Florido, Conceição das Alagoas, Frutal, Itapagipe, Iturama, Monte Belo, Santa Juliana e Serra dos Aimorés.

Fonte: Elaboração própria a partir de Brasil (2008, 2011, 2012b e 2012c).

Quadro 26 - Usinas do Triângulo Mineiro que aderiram ao Compromisso Nacional e que possuem o selo "Empresa Compromissada".

Usina e Cidade	Cidade	Situação
Ituiutaba Bioenergia	Ituiutaba	Possui selo
Usina Santo Ângelo	Pirajuba	Possui selo
Usina Alvorada	Araporã	-
Cia. Energética Vale do São Simão	Santa Vitória	-
Usina Caeté - Delta	Delta	Possui selo
Usina Caeté - Volta Grande	Conceição das Alagoas	Possui selo
Bunge Brasil - Usina Frutal	Frutal	Possui selo
Usina Itapagipe	Itapagipe	-
Bioaroeira	Tupaciguara	-
Usina Vale do Tijuco	Uberaba	-
Usina Coruripe	Campo Florido	Possui selo
Usina Coruripe	Iturama	Possui selo
Usina Coruripe	Limeira do Oeste	Possui selo
Usina Carneirinho	Carneirinho	Possui selo
Usina Cerradão	Frutal	-

*Nota: Posição em dezembro de 2012.

Fonte: Brasil (2012c)

O Quadro 26 acima demonstra que 15 usinas do TM (ou aproximadamente 68% do total de usinas da região) aderiram ao Compromisso Nacional. Contudo, apenas 9 delas (ou 40% do total de firmas da região) possuem o selo “Empresa Compromissada” segundo levantamento feito junto ao website da Secretaria Geral da Presidência da República⁷⁸. Esses dados permitem duas breves observações: em primeiro lugar, há um esforço considerável por parte das usinas da região em participar do Compromisso – ainda que se esperasse que a totalidade das firmas aderissem ao pacto. Em segundo lugar, ainda é baixo o número de usinas com a certificação as quais, portanto, estariam de fato trabalhando para colocar em marcha as ações propostas pelo Compromisso. Contudo, isso não quer dizer que as firmas sem o selo não estejam trabalhando para melhorar as condições, uma vez que o processo de auditoria possa estar em curso. A indicação, afinal, é que há um movimento de aderência das usinas triangulinas às práticas de melhoria das condições de trabalho. Uma indicação disso são os quase 70% das firmas que assinaram voluntariamente sua adesão ao Compromisso Nacional.

⁷⁸ Cf. <http://www.secretariageral.gov.br/compromissocana>. A referida consulta foi realizada no dia 11 de dezembro de 2012.

A Tabela 23 abaixo mostra a percepção das usinas com respeito à qualidade do emprego gerado pelo complexo como um todo (questão 38). Os resultados são bem uniformes, mostrando que 87,5% das usinas do TM acreditam que o emprego gerado pelo complexo na região, em todas as fases da produção, são de alta qualidade⁷⁹. Com relação aos esforços para a melhoria da qualidade do emprego gerado, 87,5% imputaram que, nos últimos 5 anos, tem havido esforços elevados, enquanto 12,5% admitiram que os esforços são medianos (questão 39).

Tabela 23 - Porcentagem de usinas que percebem a qualidade do trabalho gerado pelo complexo no Triângulo Mineiro, segundo fases de produção.

Fase	Baixa Qualidade	Média Qualidade	Alta Qualidade	n
Cultivo e colheita (campo)	-	12,5%	87,5%	8
Moagem e produção (usina)	-	12,5%	87,5%	8
Processos administrativos e comercialização	-	12,5%	87,5%	8

Nota: n representa o número de respondentes.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

Foi sondada, ainda, a produtividade do trabalho gerado dentro das usinas (questão 40): a percepção geral é a de que o trabalhador do complexo sucroalcooleiro triangulino é bastante produtivo – especialmente os ligados à fase industrial do processo. A Tabela 24 demonstra isso em números: 100% das usinas deram altas notas (4 e 5, na Escala Likert) para a produtividade dos indivíduos ligados às fases industriais. Nas fases de cultivo e colheita, e processos administrativos, as notas são mais difusas, embora a percepção geral seja a de que a produtividade é considerada, pelas usinas, como média-alta.

Tabela 24 - Porcentagem de usinas que percebem a produtividade do trabalho do Complexo Sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro, segundo as fases de produção.

Fase	Baixa Produtividade	Média Produtividade	Alta Produtividade	n
Cultivo e colheita (campo)	-	12,5%	87,5%	8
Moagem e produção (usina)	-	-	100,0%	8
Processos administrativos e comercialização	-	12,5%	87,5%	8

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

⁷⁹ Tais dados são originados da questão 38 do Questionário. A análise da referida questão mostra, contudo, que as usinas não dão nota máxima para o emprego gerado no campo (50% delas deram nota 4, de 5, para a qualidade do emprego gerado no cultivo e na colheita).

Em resumo, o complexo sucroalcooleiro vem gerando emprego de maneira crescente ao longo dos últimos anos, sobretudo nas fases industriais, o que sugere um emprego de qualidade relativamente superior. Ademais, os esforços para a melhoria do emprego parecem continuar com a adoção voluntária de Compromissos e selos de qualidade. Esse quadro é relativamente mais positivo se considerados os históricos de décadas anteriores, quando o emprego gerado pelo complexo era caracterizado com infâmia. Contudo, se espera continuidade nos esforços de melhoria do emprego gerado dentro e fora das usinas.

4.3.3. Microanálise – Aspectos no âmbito da firma

Nesta sub-seção, será feita a análise das ações e performances ocorridas no âmbito da firma. Busca-se apreender as ações concretas e potenciais de intercâmbio de matéria, energia e informação com vistas ao fechamento do ciclo e, por extensão, à redução dos impactos das atividades agroindustriais sobre a base de recursos naturais do espaço onde se insere. As variáveis consideradas para esta análise, de acordo com o modelo estabelecido, foram: Simbiose Industrial, Práticas de produção mais limpa e Ganhos econômicos

4.3.3.1. Simbiose industrial

A SI, conforme se procurou demonstrar no Capítulo 1, é a forma principal pela qual se consegue fechar o ciclo de matéria e energia. Neste item, buscam-se analisar a troca concreta de insumos, produtos e informação entre firmas com vistas a reduzir o impacto sobre a base de recursos local. Não havendo a troca concreta, pode-se vislumbrar se tal processo poderia ocorrer a partir da identificação e disponibilidade de inputs e outputs potencialmente intercambiáveis, assim como a disposição por parte das firmas em agir de maneira integrada e, portanto, simbiótica.

As análises precedentes sobre a produção dentro do complexo, feitas essencialmente no capítulo 3, mostram que **o complexo é muito eficiente no reuso de seus subprodutos**, de maneira que as possibilidades de troca com outras firmas ou agentes não ocorre da mesma forma de outras experiências de ESI. Os insumos do complexo sucroalcooleiro são, essencialmente, água, energia e cana-de-açúcar. Dada a estrutura econômica das firmas do complexo (altamente verticalizadas) o insumo cana-de-açúcar já é produzido “dentro da firma”⁸⁰. O insumo água é quase que totalmente reutilizado dentro do complexo e o insumo

⁸⁰ Em que pesem as novas tendências de desverticalização no suprimento de cana, conforme destacam Neves; Conejero (2010). Ainda assim são tendências que não estão fortemente estabelecidas no modelo de negócios do complexo que essencialmente ainda age de maneira verticalizada com respeito à aquisição de cana.

energia é obtido por cogeração através do bagaço da cana. **Não há, portanto, grande dependência de insumos que estejam “fora” do complexo.**

O argumento de que o grau de reutilização dentro do complexo sucroalcooleiro é reforçado pelos dados mostrados na Tabela 25 (questão 42), que contempla a opinião das usinas triangulinas. A leitura da referida tabela mostra que 100% das usinas pesquisadas reutilizam a totalidade da água e da vinhaça, 88,9% usam todo o bagaço e 77,8% reutilizam toda a cinza e torta de filtro geradas no processo de produção. Os sub-produtos que são menos reutilizados no complexo sucroalcooleiro triangulino são a palha e as leveduras: 42,9% das usinas fazem baixo-médio reuso de palha, e 33,3% de leveduras. Em suma: **de acordo com as usinas pesquisadas, todos os principais sub-produtos são reutilizados em alguma medida, sendo que a tendência é de alto ou total reuso.**

Tabela 25 - Porcentagem de usinas que realizam determinado grau de reutilização de sub-produtos.

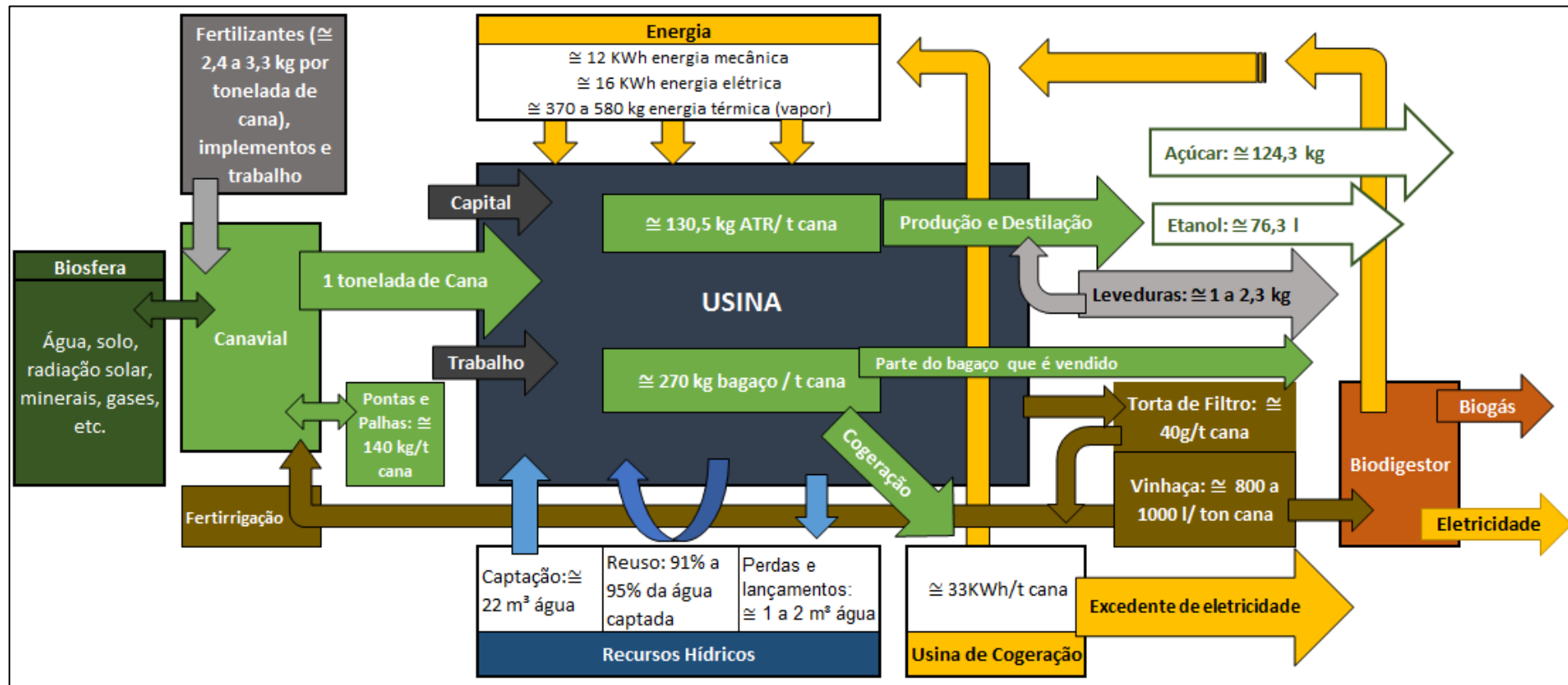
	Nada é reutilizado	Baixo Grau de Reutilização	Médio Grau de reutilização	Alto grau de reutilização	Totalmente reutilizado	N/A	n
Palha (ponta e folhas)	-	14,30%	28,60%	14,30%	42,90%	-	7
Bagaço	-	-	-	11,10%	88,90%	-	9
Torta de Filtro	-	-	-	22,20%	77,80%	-	9
Leveduras	-	22,20%	11,10%	-	55,60%	11,10%	9
Vinhaça	-	-	-	-	100,00%	-	9
Cinzas	-	-	-	22,20%	77,80%	-	9
Água	-	-	-	-	100,00%	-	9

Nota: n representa o número de respondentes.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

O Quadro 27 abaixo esquematiza os fluxos de matéria e energia dentro do complexo, demonstrando os principais insumos, produtos e sub-produtos:

Quadro 27 - Esquema dos fluxos de matéria e energia dentro do complexo sucroalcooleiro brasileiro (valores médios).



Fonte: Elaboração própria a partir de ANA et al. (2009), BNDES; CGEE (2008), CONAB (2012) e Neves; Conejero (2010).

Sobre a reutilização dos sub-produtos, a análise do esquema acima sugere que *a alta taxa de reuso não abre grandes margens para a simbiose industrial inter-firma*. Vinhaça, torta de filtro, água e bagaço, que representam grande parte dos resíduos, são reutilizados de alguma forma dentro dos processos internos às atividades do complexo. Nos termos de Chertow (2004), portanto, o complexo sucroalcooleiro realiza a *simbiose do tipo II*⁸¹ – aquela que ocorre mais centrada em reusos e reciclagens dentro da própria firma ou complexo. Nesse aspecto, portanto, a Simbiose do tipo II ocorre de maneira muito satisfatória – as análises precedentes realizadas no Capítulo 2 e os dados da Tabela 24, por exemplo, deixam claro este aspecto principalmente com respeito à reutilização de água e vinhaça.

Além disso, a cogeração aparece como alternativa absolutamente relevante para o fechamento do ciclo de matéria e energia. É a partir da destinação adequada dada ao bagaço da cana-de-açúcar que a unidade industrial se torna auto-suficiente em energia elétrica, térmica e mecânica, podendo, inclusive, exportar o excedente gerado para alimentar outros sistemas externos à usina. Quando não é totalmente queimado para a cogeração, o bagaço se torna, ainda, oportunidade de negócio com os setores de pecuária, dado o valor nutritivo para suplemento alimentar dos animais. O mesmo ocorre com as leveduras, cujo excedente pode ser comercializado como componente para alimentação animal.

Como contraponto, os questionários respondidos pelas usinas da região mostram que, de fato, existem sub-produtos que não são totalmente reutilizados e comercializados com outros setores: 50% das usinas respondentes afirmaram que vende o excedente de bagaço para outros setores industriais, ao passo que 33,3% o fazem com relação às leveduras. Torta de filtro e cinzas também têm seus excedentes repassados adiante, conforme mostra o questionário (cf. Questão 43).

A despeito desse quadro de alto grau de reutilização, o que se pode vislumbrar são *potenciais caminhos de integração simbiótica* que ainda não ocorrem. Nesse sentido, destacam-se três: i) integração com firmas à montante; ii) integração com firmas à jusante; e iii) integração com as comunidades do entorno.

Com respeito à *simbiose à montante*, os únicos insumos que se buscam “fora” do complexo são os fertilizantes, herbicidas e pesticidas. Ainda assim, o uso de fertilizantes é reduzido em razão da reutilização da vinhaça e da torta de filtro, que diminuem as necessidades de compostos como nitrogênio, potássio e fósforo. Desses compostos, o único que não consegue ser totalmente fornecido pela vinhaça é o nitrogênio. Logo, a proximidade e

⁸¹ Cf. Capítulo 1, item 1.2.2 – ou mais diretamente o Quadro 3 (pg. 33).

a troca com firmas produtoras de fertilizantes nitrogenados podem representar um potencial de integração. Interessante observar que no Triângulo Mineiro, tal tipo de integração é potencialmente possível, uma vez que já está em fase de construção uma planta de produção de compostos nitrogenados da Petrobrás na cidade de Uberaba, no âmbito das ações do Programa de Aceleração do Crescimento 2 (PAC2). Nesse sentido, fica a indicação de maiores estudos sobre a possibilidade técnica e econômica de simbiose industrial entre a planta de produção de amônia e as usinas que operam em Uberaba (decorrente da constatação de possibilidade de reaproveitamento dos gases ou compostos obtidos através da vinhaça pela firma produtora de fertilizantes, por exemplo).

A *simbiose à jusante* poderia ocorrer integrando-se as firmas que atuam na distribuição e comercialização do açúcar e do etanol, como os grandes atacadistas, *tradings*, postos, entre outros – ou seja, uma simbiose que envolveria o setor industrial e o de serviços. Uma indicação seria a biodigestão do lixo orgânico dessas firmas de forma a transformá-lo em adubo para as atividades do complexo ou em energia elétrica para abastecer essas unidades. Outra possibilidade nasce da integração das plantas mais modernas de produção álcoolquímica e sucroquímica. Para tanto, mais uma vez, seria necessário mapear os insumos e sub-produtos dessas firmas de modo a identificar as sinergias e os usos que se podem fazer dos mesmos.

A *simbiose com as comunidades* do entorno também é possível, vislumbrando-se, por exemplo, o direcionamento de lixo orgânico que seria compostado ou biodigerido pelas usinas em troca de energia elétrica complementar para prefeituras, prédios públicos, etc., de municípios ou comunidades rurais próximos às usinas. De qualquer modo, todas as possibilidades de simbiose aqui elencadas devem passar por critérios de viabilidade econômica, técnica e institucional para o transporte desses materiais e a redistribuição da energia elétrica gerada, por exemplo.

O que as propostas precedentes demonstram é que, para que uma usina se integre com outros agentes, parece ser muito importante o papel do *biodigestor*. Ainda que não seja economicamente tão atrativo realizar a biodigestão - conforme mostra ANA *et al.* (2009) -, uma usina de biodigestão integrada ao complexo a permite atuar como uma *biorrefinaria*, ou seja, “um complexo integrado capaz de produzir diferentes produtos (combustíveis, químicos, eletricidade) com base em diferentes biomassas” (BNDES; CGEE, 2008, p. 146-147). Vislumbrar-se a usina como uma biorrefinaria, que processa vários tipos de biomassa (cana-

de-açúcar e outros tipos de vegetais, lixo orgânico, esterco, etc.) converge com a proposta de um ESI.

Adicionalmente, **troca de informação** é também um dos componentes da simbiose industrial. Nesse aspecto, há o reconhecimento de que as usinas mineiras, de maneira geral, “mesmo concorrentes em determinados momentos, sabem se aliar para obter vantagens coletivas que dificilmente seriam conseguidas com ações isoladas” (SHIKIDA et al., 2010, p. 266). Contudo, quando questionadas sobre os temas mais presentes em suas atividades de comunicação com outras empresas, a percepção geral é de que assuntos relacionados à comercialização de produtos e insumos são os mais presentes. Aspectos relacionados ao desempenho ambiental (que poderia estar relacionado a esforços de fechamento de ciclo) são relativamente menos importantes nas comunicações das usinas com outros agentes.

Os números da Tabela 26 ajudam a ilustrar esse fato: 100% das usinas triangulinas afirmaram que assuntos relacionados à aquisição de insumos, máquinas e equipamentos estão muito presentes nas comunicações firma-ambiente externo. De outro lado, 50% delas responderam que o assunto “manejo, troca e reaproveitamento de resíduos” é um tema ausente ou pouco presente em suas comunicações. Mas há, contudo, uma parcela delas (40%) que admitiram que esse tema é muito presente, o mesmo valendo para o tema “redução de emissão de gases” e “redução de perdas” – um indicativo interessante de que há alguma transferência de informação relacionada à questão ambiental entre essas firmas (cf. Questão 17).

Tabela 26 - Grau de presença de determinados temas nas comunicações entre firmas do complexo e outros setores.

Assunto	Ausente	Pouco presente	Muito presente	Não sabe	n
Manejo, troca e reaproveitamento de resíduos e sub-produtos	10%	40%	40%	10%	10
Redução de emissão de gases	10%	30%	40%	20%	10
Redução de perdas de recursos	10%	30%	50%	10%	10
Comercialização de produtos	10%	10%	80%	-	10
Aquisição de insumos, máquinas, equipamentos, etc.	-	-	100%	-	10

Nota: n representa o número de respondentes.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

Se há indícios de que assuntos relacionados ao manejo, troca e reaproveitamento de resíduos (assuntos relacionados à diminuição da pressão ambiental das usinas sobre o meio

ambiente) estão na pauta de comunicação das firmas, pode-se vislumbrar alguns quadros potenciais. Um exemplo de integração simbiótica que leve em consideração fluxos de informação e conhecimento, além dos fluxos de matéria e energia, insere-se no incentivo e esforço conjunto de geração de inovações e “tecnologias verdes”, o que contribuiria para a expansão das capacitações tecnológicas do setor⁸². Como se verá adiante, a geração das inovações que contribuem para o fechamento de ciclo dentro do complexo ocorre de maneira *relativamente exógena* – as ações são difundidas via a aquisição de novos equipamentos ou práticas que são elaboradas fora do complexo, mas há indícios de que o complexo avança rumo a esforços inovativos mais ativos.

As firmas foram questionadas a respeito da origem das inovações de produtos e processos que colaboram para o fechamento de ciclo (questão 44). A questão (que permitiu a seleção de mais de uma opção, por entender que as fontes de inovações podem ser diversas) mostra um resultado difuso. Embora 62,5% das usinas admitam que tais inovações advêm exclusivamente de fora da usina, via outras firmas e centros de pesquisa, 50% das firmas disseram que as inovações advêm de arranjos integrados de pesquisa dos quais, a usina faz parte e 37,5% delas sinalizaram a existência de atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que ajudem no fechamento de ciclo. Esse resultado é interessante dado que mostra que a usina não é mais tão passiva no que tange à geração de conhecimento e inovação, conforme destaca, por exemplo Abarca (1999). Mostra também que é possível ampliar as capacitações técnico-científicas do complexo sucroalcooleiro via esforços coletivos de pesquisa e desenvolvimento, nos termos que propõem Shikida *et al.* (2010).

O argumento que se defende, afinal, é a importância das tecnologias e da troca de informações como elementos que ajudam a ampliar a eficiência energética e racionalização no uso da matéria dentro do complexo, rumo a um processo de produção mais limpa – um dos traços da ecologia industrial, que imputa papel importante às tecnologias, embora não seja a única das vias para a lida com a questão indústria-natureza. Mais ainda, busca-se um modelo integrado de geração e difusão de conhecimento técnico-científico (simbiótico, portanto)

⁸²Sobre as competências tecnológicas das usinas sucroalcooleiras mineiras, Shikida *et al.* (2010), relatam que não há grandes esforços para o domínio ou criação de capacitações avançadas em termos de inovação. As usinas mineiras, de maneira geral, dominam aspectos como engenharia e execução de projetos, gestão industrial, inserção no ambiente organizacional e institucional e inovação – mas todos em um nível relativamente básico, com conhecimentos mínimos sobre tecnologias em uso e práticas comuns a todas as firmas. De outro lado, as competências mais avançadas não estariam presentes nas usinas mineiras; exemplo disso é que a análise empírica dos autores com relação às capacidades inovativas demonstrou que apenas 14% das empresas pesquisadas possuem conhecimento científico, pessoal qualificado e algum esforço concreto em pesquisa e desenvolvimento (denotando, segundo os autores, uma capacidade intermediária de inovação), ao passo que nenhuma das firmas pesquisadas possui as capacitações consideradas avançadas nesse sentido.

com vistas à redução dos impactos negativos gerados pelos sistemas produtivos sobre as bases de recursos naturais e comunidades.

Torna-se imperativo, portanto, a necessidade de “internalizar” o esforço inovativo via ampliação das trocas de fluxos de conhecimento num quadro de simbiose industrial. Não é exótico imaginar, no âmbito do TM, uma rede de inovação ou um *sistema setorial de inovação*⁸³ integrando firmas do complexo, produtores rurais e universidades da região rumo ao desenvolvimento de novas técnicas e produtos, explorando sinergias, compartilhando conhecimentos e diluindo as incertezas que são inerentes ao processo de inovação. Insere-se aí a Universidade Federal de Uberlândia, a mais bem estruturada universidade da região, que possui competências estruturais, técnicas e científicas variadas (cursos de engenharias mecânica, mecatrônica, química e ambiental, física de materiais, biologia, etc.), passíveis de serem mobilizadas em arranjos de pesquisa em tecnologias verdes em conjunto ao complexo sucroalcooleiro regional⁸⁴. É inegável que tal projeto seria complexo e exigiria grandes esforços de cooperação e coordenação além de um desenho institucional específico, mas os potenciais resultados científicos, intelectuais, econômicos e ambientais valeriam os esforços.

Em suma, a análise deste item, para o complexo sucroalcooleiro, destaca o fechamento do ciclo de matéria e energia, graças ao alto nível de reuso e reciclagem de resíduos, não abrindo grandes margens para a troca com outros entes. Apesar desse quadro, é possível vislumbrar, contudo, alguns pontos potenciais de sinergia entre o complexo e outros setores da sociedade (indústrias, comunidades, etc.). Do ponto de vista da troca de informação, é certo que muito ainda se pode aprimorar se se quer vislumbrar arranjos integrados com a participação do complexo sucroalcooleiro. A análise precedente mostra, afinal, que o complexo ainda é relativamente fechado em si.

⁸³Um sistema setorial de inovação relacionado ao complexo sucroalcooleiro é analisado em Silva (2008), que aponta a complexidade de tal sistema, a diversidade de atores estratégicos envolvidos (usinas, agências de financiamento, universidades, institutos públicos e privados de pesquisa, órgãos de assistência técnica, associações de classe, etc.), bem como a necessidade de aparato institucional adequadamente desenhado para o desenvolvimento do arranjo.

⁸⁴ Prefere-se imaginar quadros ainda mais amplos: geração e difusão de tecnologias verdes que beneficiem não só o complexo sucroalcooleiro, mas outros complexos agroindustriais, pequenos produtores rurais e a população do TM de maneira geral.

4.3.3.2. Ações de produção mais limpa

A redução da pressão sobre os sistemas naturais causada pelo complexo sucroalcooleiro se dá em resposta a elementos institucionais⁸⁵ e mercadológicos, como já se ressaltou. A maneira de responder a esses estímulos e realizar o fechamento do ciclo se dá através de uma série de ações mais concretas realizadas no âmbito da firma – a exemplo da reutilização de água que aquece ou resfria determinadas fases da produção.

Alvarenga e Queiroz (2009), ANA *et al.* (2009) e Cetesb (2002) demonstram de maneira bem objetiva quais são os esforços do complexo rumo a um processo de produção mais limpa. O empenho em tornar a produção sucroalcooleira menos nociva aos ambientes naturais e sociais envolve

[...] conservação de matérias-primas, água e energia, na eliminação de matérias-primas tóxicas e na redução na fonte da quantidade e toxicidade dos resíduos e emissões gerados; redução dos impactos negativos dos produtos ao longo do seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até a sua disposição final; [e a] incorporação das questões ambientais no planejamento e execução dos serviços (CETESB, 2002, p. 3).

Envolvem, em termos concretos, medidas de *prevenção* à poluição (P2), *reuso* e *reciclagem*, conceitos que Cetesb (2002) imputa como de maior eficiência para redução dos impactos ambientais se comparada a outras ações como o simples tratamento e disposição final de resíduos (ações do tipo *end-of-pipe*). O Quadro do Apêndice B, resume alguns dos casos de reciclagem e reuso de sub-produtos dentro do complexo, representando as ações de produção sustentável.

Cabe observar que muitas dessas práticas de produção mais limpa são possíveis graças a um determinado pacote tecnológico que advém *de fora* do complexo. Dizer isso é afirmar que a aquisição de máquinas e equipamentos de fornecedores especializados é um elemento relevante que garante a eficiência dos reusos, reciclagens e reduções – o que converge com a percepção dos respondentes sobre a origem da inovação. Os esforços de inovação realizado nos setores de máquinas e equipamentos industriais e implementos agrícolas reverberam nos resultados ambientais do complexo sucroalcooleiro. Abarca (1999) chama a atenção para este aspecto ao listar a contribuição de uma série de firmas produtoras de bens de capital para os

⁸⁵ Para uma bem acabada análise dos aspectos legais que dispõem sobre a questão ambiental em Minas Gerais – e que, portanto, devem ser respeitadas pelo complexo sucroalcooleiro –, vale conferir o trabalho de Mateus (2010). Há descrições, por exemplo, sobre como deve ser a disposição de efluentes e resíduos sólidos do complexo, segundo o corpo de leis estaduais.

processos do complexo – o quadro do Apêndice B reproduz a o esforço do autor em elencar tais contribuições.

As usinas triangulinas foram questionadas sobre as práticas diversas de “produção sustentável” e os resultados estão resumidos na Tabela 27 adiante. Percebe-se que as usinas têm se preocupado com ações de manejo de resíduos, práticas de redução de perdas, ações agrícolas menos danosas ao meio ambiente, e de redução de emissão de gases de efeito estufa. Outras ações parecem não ter tanta relevância, como é o caso das análises de ciclo de vida do produto, certificações de controle de qualidade ambiental (ISO série 14000, por exemplo) ou mesmo geração e comercialização de créditos de carbono.

Tabela 27 - Algumas práticas de produção mais limpa e porcentagem de usinas triangulinas que as utilizam.

Prática	Porcentagem das usinas que afirmaram utilizar	n
Práticas para redução de emissão de gases de efeito estufa	77,80%	7
Manejo de resíduos	88,90%	8
Práticas para redução de perdas	77,80%	7
Práticas agroecológicas (redução de uso de defensivos agrícolas, utilização de fertilizantes orgânicos, controle biológico de pragas, etc.)	100,00%	10
Geração e comercialização de créditos de carbono	11,10%	1
Práticas de Responsabilidade Social Corporativa	33,30%	3
Certificações ISO (ex. ISO série 14000)	33,30%	3
Certificações relativas à utilização de mão de obra de qualidade (ex. AS série 8000)	22,20%	2
Análises e design de ciclo de vida do produto	11,10%	1

Nota: n representa o número de respondentes.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

4.3.3.3. Ganhos econômicos

Além de todos os aspectos previamente analisados, é importante que um arranjo permita que as firmas continuem a existir como negócio, remunerando os capitais ali investidos, gerando lucros. Quantificar os ganhos econômicos obtidos pelas firmas do complexo da região é tarefa delicada, dado que os números referentes aos lucros, *marketshare* e custos são considerados estratégicos e, dessa maneira, tratados como confidenciais.

Diante dessa constatação, a pesquisa buscou captar os ganhos econômicos em termos mais qualitativos, pedindo aos respondentes a *percepção* com respeito aos ganhos econômico-financeiros a partir da noção dos custos, produtividade e imagem dos dois principais produtos

comercializados pelo complexo (açúcar e etanol). Haja vista as vantagens produtivas verificadas na região permitem vislumbrar um quadro de bom desempenho econômico das usinas da região – expressão disso é a produtividade da cana-de-açúcar verificada na região, maior que a média brasileira e paulista. É possível afirmar, a partir das respostas dos questionários, que os ganhos econômicos do complexo sucroalcooleiro triangulino podem ser considerados de relativos a crescentes.

Com respeito ao açúcar, 50% das usinas têm percebido ganhos crescentes em termos de custos – ou, alternativamente, há a percepção de alguma redução nos custos de produção do açúcar. Há a percepção de que também estejam ocorrendo ganhos crescentes em termos de produtividade na maioria das usinas que responderam ao questionário (62,5% delas). Desse quadro de redução de custos e aumento de produtividade, deduz-se que a lucratividade dessas usinas na produção de açúcar também esteja se comportando de maneira crescente. No que se refere aos ganhos de imagem das firmas, 62,5% os consideraram crescentes e 25% relativos, ao passo que algumas poucas firmas (12,5% delas) percebem que estejam havendo ganhos decrescentes de imagem.

No que tange à produção de etanol, depreende-se da análise da Tabela 28 que também se verificam ganhos relativos e crescentes em termos de custos e produtividade, embora de maneira menos acentuada – exemplo disso é a menor proporção de usinas quem percebem ganhos de produtividade crescente, se comparados aos da produção de açúcar (50%, contra 62,5%). Outro ponto a ser destacado com respeito à produção do etanol é o maior número de usinas que captam ganhos decrescentes em custos, produtividade e imagem. Tais ponderações refletem o momento de maior atratividade do açúcar perante o etanol: ambos respondendo a estímulos de demanda (o primeiro por estímulos positivos no mercado externo e o segundo por estímulos negativos no mercado interno).

Tabela 28 - Percepção de aspectos relacionados aos ganhos econômicos nos últimos 5 anos de usinas do Triângulo Mineiro.

		Ganhos decrescentes	Ganhos relativos	Ganhos crescentes	n
Açúcar	Custos	-	37,5%	50,0%	8
	Produtividade	-	37,5%	62,5%	8
	Imagem	12,5%	25,0%	62,5%	8
Etanol	Custos	12,5%	12,5%	62,5%	8
	Produtividade	12,5%	37,5%	50,0%	8
	Imagem	25,0%	25,0%	50,0%	8

Nota: n representa o número de respondentes.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados primários.

4.4. Resumo dos resultados

O Quadro 28, a seguir, condensa o que foi discutido em cada item da seção anterior, na tentativa de identificar, afinal, como o complexo sucroalcooleiro se insere à luz do modelo proposto. Observa-se que a maioria dos elementos estão presentes de maneira satisfatória, tanto do ponto de vista da meso-análise quanto da micro-análise. O esforço de pesquisa constatou, contudo, alguns entraves que fazem com que alguns aspectos sejam considerados como “em desenvolvimento”.

É o caso dos *ganhos ambientais* e da *geração de empregos*. Em que pese o fato de que esses elementos tenham tido melhorias significativas ao longo da última década em resposta a estímulos institucionais e mercadológicos, muito se espera que avance. No que se refere aos ganhos ambientais, o complexo sucroalcooleiro triangulino encara um duplo desafio: o de reduzir os impactos do próprio processo produtivo e o de recuperar os danos causados pela pecuária extensiva que ocupava as extensas áreas que hoje servem ao cultivo de cana.

No que tange ao emprego gerado, os dados demonstram uma capacidade relevante de geração de trabalho, sobretudo nas fases industriais do processo (fase esta onde o emprego é relativamente melhor do ponto de vista da qualidade). Ademais, verificam-se esforços para a melhoria das condições de trabalho dentro e fora das usinas através de uma série de ações de origens pública e privada – a exemplo da firmação do Compromisso Nacional para a melhoria das condições de trabalho no setor. Todos esses elementos sinalizam um quadro de continuidade de melhorias.

Quadro 28 - Resumo dos resultados da pesquisa.

Nível de Análise	Variável	Tem	Em Desenvolvimento	Não tem	Observações
II. Meso análise - aspectos econômicos, ambientais e sociais em âmbito regional e local.	7. Recursos Naturais				Condições edafoclimáticas muito favoráveis ao complexo, no Triângulo Mineiro
	8. Ganhos ambientais				A recuperação de áreas degradadas ainda não se verifica com intensidade, embora as usinas atuem para reverter o quadro
	9. Diversificação econômica				A região conta com relativa diversificação econômica e industrial para que ocorra, por exemplo, troca de sub-produtos.
	10. Fatores de Produção				Mão de obra qualificada ainda representa um entrave ao complexo, embora ações estejam rumando a um quadro de formação e qualificação da mesma
	11. Agente Central				A usina processadora de cana representa um elemento central em potencial que pode ancorar estratégias do tipo ESI. Contudo, as usinas do TM ainda não centralizam trocas de sub-produtos e informação de maneira substancial, à luz de um ESI.
	12. Proximidade geográfica				Tais usinas localizam-se relativamente próximas aos centros urbanos e rurais
	13. Infra-estrutura e logística				Transporte, energia são muito favoráveis ao complexo, dadas as características estruturais da região. Há alguma estrutura para formação e qualificação da mão de obra
	14. Concertação comunitária local				As usinas disseram perceber a existência de grupos organizados das comunidades locais que buscam diálogo. Contudo, não se pode afirmar que tais grupos, de fato, são consultados ou deliberam sobre assuntos relacionados à gestão de suas comunidades. Maiores esforços de pesquisa devem ser realizados aqui.
	15. Afinidade histórico-cultural				Em que pese os esforços das usinas em se inserirem junto às comunidades, é preciso que as ações e diálogos firma-comunidade sejam mais profundos.
	16. Geração emprego				O complexo sucroalcooleiro vem gerando emprego de maneira crescente ao longo dos últimos anos, sobretudo nas fases industriais, o que sugere um emprego de qualidade relativamente superior. Ademais, os esforços para a melhoria do emprego parecem continuar com a adoção voluntária de Compromissos e selos de qualidade.
III. Micro análise - práticas e desempenho econômico no âmbito da firma.	17. Simbiose Industrial				Dadas as especificidades do processo de produção, a taxa de reuso dos sub-produtos é alta, tornando o fechamento de ciclo algo que ocorre majoritariamente dentro do complexo. Contudo, há espaço para que o complexo se torne mais integrado do ponto de vista da simbiose industrial.
	18. Práticas de produção mais limpa				Graças a esforços advindos de dentro e fora da usina, uma série de práticas de produção mais limpa são adotadas objetivando reduzir o impacto da produção sucroalcooleira sobre a base de recursos naturais.
	19. Ganhos econômicos				Os questionários demonstram que as firmas da região têm tido ganhos relativos do ponto de vista de custos, imagem e produtividade.

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, cabe salientar o nível intermediário dos elementos que aprimoram as relações sociais, históricas e culturais entre o complexo e as comunidades locais – os itens Afinidade histórico-cultural e Concertação comunitária local. As usinas dedicam-se com alguma intensidade no aprimoramento das relações firma-sociedade através de ações, que esta pesquisa considera, ainda, muito primárias para o aprofundamento de laços e sinergias entre as duas esferas. Espera-se que o complexo atue de maneira mais decisiva para refinar suas relações com as comunidades, num processo de simbiose social, colaborando para a manutenção de traços culturais, aperfeiçoamento da comunicação com o ambiente externo à firma (através, por exemplo, do estímulo à conformação de grupos de concertação locais) e criação e/ou ampliação de capital territorial. Estes elementos devem ser considerados de maneira central por parte das firmas, uma vez que são fundamentais para o desvio de quadros de pura exploração dos recursos localizados no espaço. Também não foi verificado, por parte das usinas, um papel de centralidade na troca de matéria e energia, conforme se espera em um ESI. Isso se dá em razão, talvez, da alta taxa de reuso de matéria e energia dentro do próprio complexo. Contudo, apesar de se considerar a ausência de um agente central para a simbiose industrial no presente, isso não significa que a usina não o possa ser no futuro. Neste trabalho, se adota a postura de que a usina **tem o potencial de se tornar um elemento central** para a simbiose com outros agentes espacialmente próximos rumo a quadros de fechamento de ciclo.

Considerações Finais

A questão da sustentabilidade, além de toda a necessária discussão subjetiva que a acompanha, urge por propostas e soluções de *problemas concretos*. E é certo que as abordagens que serviram de suporte ao modelo de análise construído neste trabalho estão imbuídas desta constatação, uma vez que indicam formas alternativas de ação e governança. Estas, por sua vez, avançam rumo à uma racionalidade tal que permite a resolução de um problema concreto: como deve se dar a reprodução social da humanidade em um ambiente finito cujo equilíbrio se dá sob bases delicadas.

O *objetivo geral* dessa dissertação foi desenvolver um modelo analítico à luz dos apontamentos do Paradigma Centrado na Sustentabilidade, da Ecologia Industrial e do Enfoque Territorial. Nos capítulos que compõem este trabalho buscou-se apreender aqueles elementos que caracterizam tais abordagens e, a um só tempo, verificar que características dos ecossistemas industriais são convergentes àqueles do Paradigma Centrado na Sustentabilidade e do Enfoque Territorial. A partir disso sugeriu-se uma estrutura analítica para o estudo dos ecossistemas industriais que os permitisse encará-los como elementos promotores de desenvolvimento não apenas do ponto de vista econômico ou ambiental, mas inclusive, do social, tentando inserir aspectos como história e cultura dentro da análise. Dessa construção, analisou-se o complexo sucroalcooleiro inserido no Triângulo Mineiro, buscando identificar ali as características de um arranjo do tipo ecossistema industrial, cujos resultados foram apresentados e resumidos no Capítulo 4.

Constatou-se, afinal, que o enfoque de ecossistemas industriais, sozinho, ainda é incapaz de sugerir modelos que considerem aspectos sócio-histórico-culturais por se restringir a abordagens relativamente técnicas para a solução dos problemas concretos que emergem com a questão da sustentabilidade – ainda que as abordagens que o inspira, como a Ecologia Industrial, pressuponham as considerações de aspectos sociais. Parece que ainda são rasas as análises de cunho social no âmbito da literatura de ecossistemas industriais – se atêm à geração de emprego. A integração de outros elementos socialmente construídos é primordial se se quer imaginar um quadro de utilização de abordagens transdisciplinares e análises mais profundas – para problemas complexos, é fundamental que se empreguem enfoques igualmente complexos.

Com respeito à segunda hipótese, é certo afirmar que o complexo sucroalcooleiro situado no Triângulo Mineiro, seguindo uma tendência do que acontece no agronegócio

brasileiro de maneira geral, de fato têm obtido resultados ambientais muito razoáveis em razão de atuar em um sistema bastante fechado, se comparado a outros sistemas industriais e agroindustriais. Três elementos se destacam. Primeiramente, a preponderância do reuso dentro dos sistemas do complexo é fundamental para o fechamento de ciclo de matéria e energia, o que reduz o impacto do mesmo sobre a base de recursos naturais, ao mesmo tempo, faz com que o mesmo “se feche” a outras oportunidades de integração tais como as propostas pelo modelo de ecossistemas industriais. Em segundo lugar, a incorporação de elementos técnicos que advém “de fora do complexo” colaborou de forma decisiva para esses quadros de fechamento de ciclo, o que revela, talvez, a necessidade de se ampliar o esforço inovativo, abrindo margem para que o complexo se integre em simbioses industriais mais ligadas à troca de informação e conhecimento científico. Por fim, é interessante observar que toda a evolução do complexo, sobretudo ao longo da primeira década do século XXI, é acompanhada de evoluções institucionais e mercadológicas que a impelem a seguir rumos mais responsáveis tanto do ponto de vista ambiental quanto do social.

No que tange aos aspectos sociais, houve melhorias relativas: se comparado ao que se verificou em décadas anteriores, o complexo vem se adequando a padrões qualitativamente melhores quanto ao emprego gerado - uma das grandes sombras que sempre acompanhou o complexo, responsável por passivos sociais relevantes ligados à super exploração do trabalho. Melhorar o emprego gerado não é o bastante, contudo, uma vez que as abordagens utilizadas nesta dissertação mostram que a integração social deve se dar sob outras bases, mais coesas com aspectos sócio-histórico-culturais do meio onde a atividade econômica se insere.

Essas considerações devem nortear a ação dos grupos do complexo se, de fato, querem se tornar mais responsáveis. Devem orientar também os esforços de investigação futuros: entender como foi ou tem sido a resposta do complexo a fatores institucionais e mercadológicos rumo a resultados ambientais, sociais e econômicos relevantes; inferir a correlação entre a presença de usinas e o desenvolvimento humano de determinados municípios; explorar as potenciais formas de integração entre firmas do complexo nas novas fronteiras tecnológicas representadas pelas indústrias álcoolquímicas e sucroquímicas, ou mesmo identificar pontos onde o complexo “tradicional” pode atuar como uma “biorefinaria” – estes são algumas indicações para pesquisas no âmbito da academia.

A epígrafe desta dissertação atenta para os limites da racionalidade moderna – mãe das abordagens tradicionais que aparentemente falharam em responder à altura aos problemas que buscaram solucionar - pelo contrário, parece que tal racionalidade aprofundou alguns dramas

humanos e criou outros. Urge, portanto, o estabelecimento de novas racionalidades, e os enfoques baseados por elas devem contemplar as noções de limites, complexidade e transdisciplinaridade para a abordagem dos problemas que se impõem neste início de século.

Ora, o presente momento é o de transição para uma racionalidade mais sensível aos problemas da contemporaneidade. Espera-se que o enfoque utilizados neste trabalho representem o esforço dessa transição e permitam dar forma a modos alternativos de pensar e agir sobre os problemas concretos, ressignificando uma série de questões que a própria modernidade parece ter sido incapaz de resolver. Que as investigações vindouras bebam dessas novas fontes e construam edifícios sob bases epistêmicas que permitam, enfim, tal como vislumbrado pelo autor da epígrafe, o reencontro do Real com o Simbólico. Até que a dissociação entre econômico, social e natural passe a ser parte de um passado superado.

Referências

ABARCA, C. D. G. **Inovações tecnológicas na agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil.** (1999). Disponível em:
<http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/ENECEP1999_A0105_000fxgg417302wyiv80soht9h4yxjyhn.pdf>

ALLENBY, B. R. Achieving sustainable development through industrial ecology. **International Environmental Affairs**. V. 4. N. 1. 1992.

ALVARENGA, R. P.; QUEIROZ, T. R. **Produção mais limpa e aspectos ambientais na indústria sucroalcooleira.** International Workshop Advances in Cleaner Production. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. São Paulo, 2009.

ANA (Agência Nacional de Águas); FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo); UNICA (União da Indústria da Cana de Açúcar UNICA); CTC (Centro de Tecnologia Canavieira). **Manual de Conservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética.** Brasília: ANA, 2009.

ANDREWS, C. J. Putting Industrial Ecology into place – evolving roles for planners. **Journal of the American Planning Association**, vol. 65. N. 4. 1999.

ARNT, R. (org). **O que os economistas pensam sobre sustentabilidade.** São Paulo: Editora 34, 2010.

ASHTON, W. S. Understanding the organization of industrial ecosystems – a social network approach. **Journal of Industrial Ecology**. V. 12. N. 1. 2008.

_____. The structure, function and evolution of a regional industrial ecosystem. **Journal of Industrial Ecosystem**. V. 13. N. 2. 2009.

ASSESSORIA DE IMPRENSA JOHN DEERE WATER. John Deere Water inicia produção de tubo gotejador D5000 em Uberlândia. **Portal do Agronegócio**, 11 jul. 2011. Disponível em: <<http://www.portaldooagronegocio.com.br/conteudo.php?id=58486>>

AYRES, R. U. Industrial metabolism: theory and policy. In: ALLENBY, B.R.; RICHARDS, D. J. **The Greening of industrial ecosystems.** Washington: National Academy Press. 1994.

BOONS, F.; SPEKKINK, W; MOUZAKITIS, Y. The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. **Journal of Cleaner Production**. N. 19. 2011.

BRANDÃO, C. Territórios com classes sociais, conflitos, decisão e poder. In: ORTEGA, A. C., ALMEIDA FILHO, N.(Org.). **Desenvolvimento territorial, segurança alimentar e economia solidária.** Ed. Alínea: Campinas-SP. 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Referências para uma Estratégia de Desenvolvimento Rural Sustentável no Brasil.** Brasília. 2005. Disponível em: http://www.mda.gov.br/sdt/arquivos/SDT_Doc1.pdf.

_____. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Agenda Nacional de Trabalho Decente.** Brasília. 2006. Disponível em:

http://www.oitbrasil.org.br/sites/default/files/topic/decent_work/pub/agenda_nacional_trabalh_o_decente_298.pdf

_____. SECRETARIA-GERAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Compromisso Nacional para aperfeiçoar as condições de trabalho na Cana-de-Açúcar**. Brasília. 2008. Disponível em: <<http://www.secretariageral.gov.br/arquivos/publicacaocanadeacucar.pdf>>

_____. SECRETARIA-GERAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA; MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Plano Nacional de Qualificação para o setor sucroalcooleiro**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.secretariageral.gov.br/arquivos/arquivos-novos/arquivos-novos-2011/Folder_PlanSeq.pdf>

_____. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Usinas e destilarias cadastradas**. Brasília. 2012a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/agroenergia/orientacoes-tecnicas>>

_____. SECRETARIA-GERAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Manual de uso do selo “Empresa Compromissada”**. Brasília. 2012b. Disponível em: <<http://www.secretariageral.gov.br/compromissocana/manual-de-uso-do-selo-201cempresa-compromissada201d>>

_____. SECRETARIA-GERAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lista de unidades empresariais que cumprem o Compromisso**. Brasília. 2012c. Disponível em: <<http://www.secretariageral.gov.br/compromissocana>>

_____. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Estatísticas da Agroenergia**. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/agroenergia/estatistica>>.

BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social); CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

CARVALHO, E.R; CLEPS Jr., J. **Pontal do Triângulo Mineiro: as atuais transformações territoriais do complexo sucroalcooleiro**. 2008. Disponível em: <http://www.geografiaememoria.ig.ufu.br/downloads/Joao_Cleps_Junior_PONTAL_DO_TRIANGULO_MINEIRO_AS_ATUAIS_TRANSFORMACOES.pdf>

CECHIN, A. **A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen**. São Paulo: Editora Senac São Paulo/Edusp, 2010.

CECHIN, A. VEIGA, J. E. O fundamento central da Economia Ecológica. *In*: May, P. (org.). **Economia do Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Campus, 2009.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e leite no Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pibpec/>>

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **A produção mais limpa (P+L) no setor sucroalcooleiro - informações gerais**. São Paulo. 2002. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Adubacao_organica_producao_mais_limpaID-37HFh1RpEg.pdf>

CHERTOW, M. R. **Industrial Symbiosis: Literature and taxonomy**. 2000.

- _____. Industrial symbiosis. **Encyclopedia of Energy**. V. 3. 2004.
- _____. “Uncovering” industrial symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**. V. 11. N. 1. 2007.
- COHEN-ROSENTHAL. **What is eco-industrial development?**.2003. Disponível em: www.greenleaf-publishing.com/content/pdfs/eich1.pdf .
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil**. Brasília: CONAB, 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/perfil.pdf>.
- _____. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil: edição para a safra 2008-2009**. Brasília: CONAB, 2010. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/Perfil_Sucroalcooleiro_2008_09_versao_publicada.pdf
- _____. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil: edição para a safra 2009-2010**. Brasília: CONAB, 2012. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/JUNHO_2012/Publicacoes/Perfil%20Sucroalcooleiro%20-%20safra%202009-10.pdf.
- _____. **A Geração Termoeletrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil: Análise do Desempenho da Safra 2009-2010**. Brasília: CONAB, 2011. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_termo_baixa_res..pdf .
- CÔTÊ, R. P.; COHEN-ROSENTHAL, E. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences. **Journal of Cleaner Production**. V. 6. 1998.
- CÔTÊ, R.P.; SMOLENAARS, T. Supporting pillars for industrial ecosystems. **Journal of Cleaner Production**. V. 5. N. 1-2. 1997.
- DALY, H. On economics as a life science. **Journal of Political Economy**. V. 76. N. 3. 1968.
- DEMATTEIS, G.; GOVERNA, F. **Territorio y territorialidade em el desarrollo local: la contribución del SLOT**. 2005.
- DESPEISSE, M.; BALL, P. D.; EVANS, S.; LEVERS, A. Industrial ecology at factory level – a conceptual model. **Journal of Cleaner Production**. N. 31. 2012.
- DEUTZ, P.; GIBBS, D. Eco-industrial development and economic development: industrial ecology or place promotion. **Business Strategy and the Environment**. N. 13. 2004.
- DIAMOND, J. M. **Colapso – Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Record,2010.
- DOMENECH, T.; DAVIES, M. Structure and morphology of industrial symbiosis networks: the case of Kalundborg. **Procedia Social and Behavioral Sciences**. V. 10. 2011.
- EGRI, C.P.; PINFIELD, L.T. As organizações e a biosfera: ecologia e meio ambiente. In: CLEGG, S.T.; NORD, W.R; HARDY, C. **Handbook de Estudos Organizacionais**. São Paulo: Atlas, 2001.

EHRENFELD, J.; GERTLER, N. Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. **Journal of Industrial Ecology**. V.1. N. 1. 1997.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development. **California management review**. Winter. 1997.

_____. **Enter the triple bottom line**. 2011. Disponível em: <http://johnelkington.com/TBL-elkington-chapter.pdf>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. FAO: 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>

FAPRI – Food and Agricultural Policy Research Institute. **Commodities Database**. 2012. Disponível em: <<http://www.fapri.iastate.edu/tools/outlook.aspx>>

FERNANDÉZ, I.; RUIZ, M.C. Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas. **Journal of Cleaner Production**. V. 17. 2009.

FIGLIOLINO, A. E. **Panorama do setor de açúcar e álcool**. Itaú-BBA, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Acucar_e_alcool/21RO/App_Itau_A%C3%A7%C3%BAcar.pdf>

FJP – Fundação João Pinheiro. **Índice Mineiro de Responsabilidade Social – Versão 2011**. 2011. *Software*. Disponível em: < <http://www.fjp.gov.br/index.php/servicos/82-servicos-cepp/956-indice-mineiro-de-responsabilidade-social-imrs>>

FROSCH, R. A.; GALLOPOULOS, N. E. Strategies for manufacturing. **Scientific American**. September. 1989.

FUINI, L.L.; PIRES, E. L. S. As dimensões da governança territorial: delineamento preliminar de aspectos teóricos e morfológicos. *In*: SAQUET, M. A.; SPOSITO, E. S. **Territórios e territorialidades: teorias, processos e conflitos**. São Paulo: Expressão Popular: UNESP. Programa de Pós Graduação em Geografia, 2009.

GARLIPP, A. A. B. P. D. **Mecanização do emprego rural: os casos do café e da cana de açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Economia. 1999.

GARNER, A.; KEOLEIAN, G.A. **Industrial ecology: an introduction**. National Pollution Prevention Center for Higher Education – University of Michigan. 1995. Disponível em: <<http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/INDEpdfs/INDEintro.pdf>>

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process**. Londres: Harvard University Press, 1971.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1987.

GLADWIN, T. N.; KENNELLY, J. J.; KRAUSE, T. Shifting paradigms for sustainable development: implications for management theory and research. **The Academy of Management Review**. V. 20. N. 4. 1995.

GRAEDEL, T. Industrial Ecology: definition and implementation. *In*: Socolow, R. *et al.* **Industrial Ecology and global change**. 1994.

GRANOVETTER, M. Ação econômica e estrutura social: o problema da incrustação. *In*: MARQUES, R.; PEIXOTO, J. (org.). **A Nova Sociologia Económica – Uma antologia**. Celta Editora. 2003.

_____. The impact of social structure on economic outcomes. **Journal of Economic Perspectives**. V. 19. N. 1. 2005.

GUIMARÃES, E. N. **Formação e desenvolvimento econômicos do Triângulo Mineiro: integração nacional e consolidação regional**. Uberlândia: EDUFU, 2010.

HAESBAERT, R. **O mito de desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. **Science**. N. 162. 1968.

HOFF, D. N. **A construção do Desenvolvimento Sustentável através das relações entre as organizações e seus stakeholders: a proposição de uma estrutura analítica**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, 2008.

HOFFMAN, A.J. A Road map of corporate environmentalism. *In*: HOFFMANN, A.J. **From heresy to dogma: an institutional history of corporate environmentalism**. Stanford: Stanford University Press, 2001.

HOPWOOD, B.; MELLOR, M.; O'BRIEN, G. **Sustainable development: mapping different approaches**. 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)**. Brasília: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>.

INTRACEN – International Trade Centre. **Trade and Investment Data**. 2012. Disponível em: <<http://www.intracen.org/country/brazil/>>

IUCN. **World Conservation Strategy – Living Resource Conservation for Sustainable Development**. 1980. Disponível em: <<http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/WCS-004.pdf>>.

IYER-RANIGA, U.; TRELOAR, G. A context for participation in sustainable development. **Environmental Management**. V. 26. N. 4. 2000.

JACOBSEN, N. B. Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects. **Journal of Industrial Ecology**. V. 10. N. 1-2. 2006.

JELINSKI, L.W.; GRAEDEL, T.E.; LAUDISE, R. A.; MCDALL, D.W.; PATTEL, C.K.N. Industrial ecology: concepts and approaches. **Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America**. V. 89. 1992.

KEOLEIAN, G. A.; MENEREY, D. Sustainable Development by Design: Review of life cycle design and related approaches. **Air & Waste**. V. 44. 1994.

KORHONEN, J. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. **Journal of Cleaner Production**. V. 9. 2001a.

_____. Co-production of heat and power: an anchor tenant of a regional industrial ecosystem. **Journal of Cleaner Production**. V. 9. 2001b.

_____. Some suggestions for regional industrial ecosystems – extended industrial ecology. **Eco-Management and Auditing**. V. 8. 2001c.

_____. Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology. **Journal of Cleaner Production**. V. 12. 2004.

KORHONEN, J.; OKKONEN, L.; NIUTANEN, V. Industrial ecosystem indicators – direct and indirect effects of integrated waste and by-product management and energy production. **Clean Technologies and Environmental Policy**, V. 6. N. 3. 2004

KORHONEN, J.; SNÄKIN, J. Analysing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application. **Ecological Economics**. V. 52. 2005.

KRIVTSOV, V.; WÄGER, P.A.; DACOMBE, P.; GILGEN, P.W.; HILTY, L.M.; BANKS, C.J. Analysis of energy footprints associated with recycling of glass and plastic – case studies for industrial ecology. **Ecological Modelling**. V. 174. 2004.

KRONES, J. **The best of both worlds: a beginner's guide to industrial ecology**. 2007.

LEFF, E. **Racionalidade Ambiental: a reapropriação social da natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. Industrial Ecology: goals and definitions. *In: A handbook of industrial ecology*. 2002. Disponível em:
http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/ESS/Documents/Industrial_Ecology_Overview.pdf .

LIU, C.; MA, C.; ZHANG, K. Going beyond the sectoral boundary: a key stage in the development of a regional industrial ecosystem. **Journal of Cleaner Production**. V. 22. 2012.

LIWARSKA-BIZUKOJC, E.; BIZUKOJC, M.; MARCINKOWSKI, A.; DONIEC, A. The conceptual model of an eco-industrial park based upon ecological relationships. **Journal of Cleaner Production**. V. 17. 2009.

LOWE, E. **Eco-industrial park handbook for Asian developing countries**. 2001.
Disponível em: <<http://www.indigodev.com/ADBHBdownloads.html>> .

MATEUS, L.A.N. **Análise dos aspectos ambientais e energéticos do setor sucroalcooleiro do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental. 2010.
Disponível em:
<<http://www.sustentabilidade.ufop.br/arquivos/dis/2010/Liliana%20Mateus.pdf>>

MARTINS, H. E. P. Formação e Desenvolvimento Sócio-econômico do Triângulo Mineiro. **Varia História**. N. 19. 1998.

MCMANUS, P; GIBBS, D. Industrial ecosystems? The use of tropes in the literature of industrial ecology and eco-industrial parks. **Progress in Human Geography**. V. 32. N. 4. 2008.

MEADOWS, D. *et al.* **The Limits to Growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of Mankind**. Londres: Potomac, 1972.

MEBRATU, D. **Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review**. Elsevier, 1998.

MICHELOTTO, B. G. **Novos Arranjos Territoriais: a expansão da cultura de cana-de-açúcar na região do Triângulo Mineiro – MG.** (Dissertação Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MINAS GERAIS. Departamento de Estradas e Rodagens de Minas Gerais – DER/MG. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/>>. 2012.

MORAES, M. A. F. D. O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades. **Economia Aplicada**. V. 11. N. 4. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502007000400008&lng=en&nrm=iso>

MUELLER, C. Economia, entropia e sustentabilidade: abordagens e visões de futuro da Economia da Sobrevivência. **Estudos Econômicos**. V. 29. N. 4. 1999.

NEVES, M.F.; WAACK, R.S.; MARINO, M.K. **Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar: Caracterização das Transações entre Empresas de Insumos, Produtores de Cana e Usinas** - Anais do XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural - SOBER, Poços de Caldas M.G., 10 a 14 de agosto de 1998, Vol. 01, p. 559-572.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2010.

NIUTANEN, V.; KORHONEN, J. Industrial ecology flows of agriculture and food industry in Finland: utilizing by-products and wastes. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**. V. 10. N. 2. 2003.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. C. (org.). **Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito**. Brasília: Ed. IBAMA, 2002.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Sustainable Development: Critical Issues**. 2001.

ORTEGA, A. C. **Agronegócios e representação de interesses no Brasil**. Uberlândia: Edufu, 2005.

_____. **Territórios Deprimidos: desafios para as políticas de desenvolvimento rural**. Campinas, SP: Editora Alínea; Uberlândia, MG: Edufu, 2008.

OUTHWAITE, W.; BOTTOMORE, T. (Ed.). **Dicionário do pensamento social do século XX**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1996.

PARK, H.; RENE, E. R.; CHOI, S.; CHIU, A.S.F. Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea – from spontaneous to systematic expansion of industrial symbiosis. **Journal of Environmental Management**. V. 87. 2008.

PEREIRA, P. G. M. ; PEREIRA, F. R. V. ; PREVITALI, F. S. . **Reestruturação produtiva e trabalho: um estudo sobre uma empresa do setor sucroalcooleiro, na região do triângulo mineiro, na década de 2000**. - Anais do VII Seminário do Trabalho, 2010, Marília. VII Seminário do Trabalho, 2010.

PERICO, R. E. **Identidade e território no Brasil**. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 2009.

PREVITALLI, F.S.; FAGIANI, C.C.; LUCENA, C.; LUIS E FRANÇA, R. A expansão da agroindústria sucroalcooleira na região do Triângulo Mineiro/Brasil e implicações sobre o trabalho. In: GARZA, E.G.; CASTILLO, D; SOTELO, A. (Org.). **Crisis, reestructuración y precarización del trabajo em el capitalismo contemporáneo**. 2010. Disponível em: <http://www.ifch.unicamp.br/cemarx/coloquio/Docs/gt9/Mesa2/a-expansao-da-agroindustria-.pdf>.

RADOMSKY, G.; SCHNEIDER, S. Nas teias da economia: o papel das redes sociais e da reciprocidade nos processos locais de desenvolvimento. **Sociedade e Estado**. V. 22. N. 2. 2007.

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. São Paulo: Ática, 1993.

_____. A produção das estruturas territoriais e sua representação. In: SAQUET, M. A.; SPOSITO, E. S. **Territórios e territorialidades: teorias, processos e conflitos**. São Paulo: Expressão Popular: UNESP. Programa de Pós Graduação em Geografia, 2009.

RAIS – **Relação Anual de Informações Sociais**. Brasília, 2012.

RAUD, C. Bourdieu e a nova sociologia econômica. **Tempo Social: revista de sociologia da USP**. V. 19. N. 2. 2007.

REIS, J. **Ensaio de economia impura**. Coimbra: Edições Almedina, 2007.

RICHARDSON, R. J.; PERES, J.A.; WANDERLEY, J. C. V.; CORREIA, L. M. PERES, M. H. M. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ROBERTS, B.H. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study. **Journal of Cleaner Production**. V. 12. 2004.

SACHS, I. Sociedade, cultura e meio ambiente. **Mundo & Vida**. V. 2. N.1. 2000. Disponível em: <[http://professor-ruas.yolasite.com/resources/Sociedade,%20cultura%20e%20meio%20ambiente,%20MV1\(1-2\)07-13.pdf](http://professor-ruas.yolasite.com/resources/Sociedade,%20cultura%20e%20meio%20ambiente,%20MV1(1-2)07-13.pdf)>.

_____. Repensando o crescimento econômico e o progresso social: o âmbito da política. In: ARBIX, G.; ZILBOVICIUS, M.; ABRAMOVAY, R. (orgs.). **Razões e ficções do desenvolvimento**. São Paulo, Editora da Unesp/Edusp, 2001.

SAQUET, M. A. Por uma abordagem territorial. In: SAQUET, M. A.; SPOSITO, E. S. **Territórios e territorialidades: teorias, processos e conflitos**. São Paulo: Expressão Popular: UNESP. Programa de Pós Graduação em Geografia, 2009.

_____. **Por uma geografia das territorialidades e das temporalidades: uma concepção multidimensional voltada para a cooperação e para o desenvolvimento territorial**. São Paulo: Outras Expressões, 2011.

SAWYER, D. Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado. **Philosophical Transactions of the Royal Society**. V. 363. 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2373893/pdf/rstb20070030.pdf>>

_____. Economia verde e/ou desenvolvimento sustentável?. **Política Ambiental**. V. 8. 2011.

SCHEJTMAN, A.; BERDEGUÉ, J. A. **Desarrollo Territorial Rural**. RIMISP, Santiago, 2003.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, L.M. T. (Ed.). **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais: zoneamento e cenários exploratórios**. Lavras: Editora UFLA, 2008. Disponível em: <http://www.zee.mg.gov.br/pdf/zoneamento_e_cenarios_exploratorios/4zoneamento_da_cana_de_acucar_e_do_eucalipto_aspectos_geofisicos_e_bioticos.pdf>

SEBRAE. **O que é uma EADI? - 2ª ed., rev. e atualizada**. Belo Horizonte : SEBRAE/MG, 2005.

SHIKIDA, P. F. A.; AZEVEDO, P. F.; VIAN, C. E. F. Uma análise das capacidades tecnológicas da agroindústria canavieira em Minas Gerais. **Revista de Economia e Agronegócio**. V. 8. N. 2. 2010.

SIAMIG - Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais. **Perfil da Produção Mineira**. 2012. Disponível em: <http://www.siamig.org.br/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=41&Itemid=125>. Acesso em: 03 mar. 2012.

SILVA, E.F.P. **Ferrovias : da produção de riquezas ao apoio logístico no Triângulo Mineiro**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2008.

SILVA, P.E. **Estratégias para a organização da pesquisa em cana-de-açúcar: uma análise de governança em sistemas de inovação**. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas. 2008.

SIQUEIRA, P. H. L.; REIS, B. S. Determinantes de competitividade da agroindústria processadora de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e no Alto Paranaíba, Minas Gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**. V. 8. N. 2. 2006.

SOUZA, E.L.; MACEDO, I.C. (coord.). **Etanol e bioeletricidade: A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA). 2009.

STEURER, R.; LANGER, M.E.; KONRAD, A.; MARTINUZZI, A. Corporations, stakeholders and sustainable development : a theoretical exploration of business - society relations. **Journal of Business Ethics**. V. 61. N. 3. 2005.

SWEDBERG, R. A Nova Sociologia Econômica: o que já se atingiu, o que se seguirá?. In: MARQUES, R.; PEIXOTO, J. (org.). **A Nova Sociologia Económica – Uma antologia**. Celta Editora. 2003.

TEIXEIRA, F.A.; NASCIMENTO, C. A. **O Processo de territorialização e desterritorialização do Triângulo Mineiro a partir do avanço da cultura da cana-de-açúcar** – Anais do 50º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). Vitória: SOBER, 2012. Disponível em: <<http://icongresso.itarget.com.br/useradm/anais/?clt=ser.2>>

UE -UNIÃO EUROPÉIA. Jornal Oficial da União Européia. **Regulamento (CE) Nº 1698/2005 do Conselho, de 20 de setembro de 2005, relativo ao apoio ao desenvolvimento rural pelo Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER)**. 2005.

Disponível em:

<http://www.minhatererra.pt/IMG/pdf/Regulamento1698_2005_FEADERpt.pdf>.

UEMG-FEIT. Universidade Estadual de Minas Gerais – Fundação Educacional de Ituiutaba. **Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira FEIT-UEMG**. Website. 2012.

Disponível em: <<http://www.ituiutaba.uemg.br/sucro/>>.

USDA – United States Department of Agriculture. **Brazil's Ethanol Industry: Looking Forward**. USDA, 2011. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/media/126865/bio02.pdf>>

_____. **Production, Supply and Distribution Online**. USDA, 2012. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>

UNICA – União da Indústria da Cana de Açúcar. **UNICADATA**. UNICA, 2012. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>>.

VALERO, A.; USÓN, S; COSTA, J. **Exergy analysis of the industrial symbiosis model in Kalundborg**. Proceedings of ECOS 2012 – The 25th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems. Perugia, Italy. June, 2012.

VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, A. Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, 17. 2009.

VINHA, V. Polanyi e a Nova Sociologia Econômica: uma aplicação contemporânea do conceito de enraizamento social. **Econômica**. V. 3. N. 2. 2001.

WALLNER, H. P. Towards sustainable development of industry: networking, complexity and eco-clusters. **Journal of Cleaner Production**. V. 7. 1999.

WCED - WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. 1987.

Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>



ANEXO A – Questionário e respostas.

1. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada "Ecosistemas Industriais: Proposição de estrutura analítica e aplicação ao caso do Complexo Sucroalcooleiro do Triângulo Mineiro", sob a responsabilidade dos pesquisadores Débora Nayar Hoff e Jessé Moraes Pacheco. Nesta pesquisa nós estamos buscando entender o funcionamento geral do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro a partir da perspectiva da reutilização e troca de sub-produtos e rejeitos. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pelo pesquisador Jessé Moraes Pacheco. Na sua participação você responderá a um questionário contendo XX itens, através dos quais busca-se apreender uma série de elementos relacionados ao funcionamento da cadeia produtiva do complexo sucroalcooleiro bem como o relacionamento do mesmo com outros atores envolvidos. Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar na pesquisa. Os riscos consistem em vazamento das informações para terceiros e não cumprimento do sigilo e da não identificação dos participantes, embora estejamos trabalhando com todo o rigor necessário para que tais riscos sejam anulados. Os benefícios serão: i) melhor apreensão do funcionamento do complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro; ii) base de dados para a produção de uma dissertação de mestrado e de um sumário executivo contendo os resultados da pesquisa (a ser enviada àqueles que participarem da mesma); e iii) ampliação da colaboração entre empresas e Universidade. Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação. Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Jessé Moraes Pacheco. Endereço: Av. Anísio Manoel de Oliveira, 140. Bairro Jd. Holanda. Uberlândia - MG. Tel.: (34) 9187-0407. E-mail: jesse.ufu@gmail.com. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: 34-32394131 Uberlândia, 17 de setembro de 2012. Ao clicar na opção "continuar" abaixo, eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

 Criar gráfico  Baixar

	% de respostas	Contagem de resp.
Continuar	100,0%	12

2. A Usina em que você trabalha é muito distinta das outras usinas da região? (considere tamanho da planta e processos de produção para avaliar esta questão, sendo 1 para pouco semelhante e 5 para muito semelhante)

 Criar gráfico  Baixar

	1. Pouco semelhante	2	3	4	5. Muito semelhante	N/A	Média de avaliação	Contagem de resp.
	0,0% (0)	10,0% (1)	20,0% (2)	60,0% (6)	10,0% (1)	0,0% (0)	3,70	10

3. As características naturais gerais do Triângulo Mineiro são percebidas como elementos fundamentais para o estabelecimento e evolução do complexo sucroalcooleiro na região? (Para cada um dos elementos abaixo, marque o grau de importância, onde 1 é "pouco importante" e 5 é "muito importante")

 Criar gráfico  Baixar

	1. Pouco importante	2	3	4	5. Muito importante	N/A	Média de avaliação	Contagem de resp.
a. Recursos Hídricos	0,0% (0)	10,0% (1)	20,0% (2)	10,0% (1)	60,0% (6)	0,0% (0)	4,20	10
b. Clima e regime de chuvas	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	20,0% (2)	80,0% (8)	0,0% (0)	4,80	10
c. Qualidade do solo	0,0% (0)	0,0% (0)	10,0% (1)	30,0% (3)	60,0% (6)	0,0% (0)	4,50	10
d. Biodiversidade (flora e fauna)	20,0% (2)	0,0% (0)	50,0% (5)	0,0% (0)	10,0% (1)	20,0% (2)	2,75	10

4. Como a usina avalia as melhorias ambientais promovidas pelo complexo sucroalcooleiro com um todo no Triângulo Mineiro, nos últimos 5 anos? (onde 1 é "muito ruim" e 5 é "muito bom")

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Muito ruim	2	3	4	5. Muito bom	N/A	Média de avaliação	Contagem de resp.
	0,0% (0)	10,0% (1)	10,0% (1)	50,0% (5)	30,0% (3)	0,0% (0)	4,00	10

5. Numa escala de 1 a 5, como a usina avalia o impacto causado pelo complexo sucroalcooleiro como um todo sobre os biomas do Triângulo Mineiro? (onde 1 é "nenhum impacto" e 5 é "muito impacto")

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Nenhum impacto				5. Muito impacto	N/A	Média de avaliação	Contagem de resp.
	0,0% (0)	50,0% (5)	20,0% (2)	20,0% (2)	10,0% (1)	0,0% (0)	2,90	10

6. Das práticas de preservação e recuperação ambiental realizadas pelo complexo como um todo, nos últimos 5 anos, há a percepção de que elas promoveram melhorias ambientais consideráveis?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		% de respostas	Contagem de resp.
SIM	<div></div>	80,0%	8
NÃO		0,0%	0
NÃO SABE/NÃO QUER OPINAR	<div></div>	20,0%	2

7. Dentre as práticas abaixo, qual o grau de importância de cada uma delas para se obterem ganhos ambientais?




 Criar gráfico  Baixar

	1. Pouco importante	2	3	4	5. Muito importante	N/A	Média de avaliação	Contagem de resp.
Manejo de resíduos	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	10,0% (1)	90,0% (9)	0,0% (0)	4,90	10
Redução de queimadas	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	10,0% (1)	90,0% (9)	0,0% (0)	4,90	10
Proteção e recuperação de matas nativas	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	20,0% (2)	80,0% (8)	0,0% (0)	4,80	10
Proteção e recuperação de nascentes e rios	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	100,0% (10)	0,0% (0)	5,00	10
Busca de alternativas para sub-produtos indesejados	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	40,0% (4)	60,0% (6)	0,0% (0)	4,60	10

8. Considerando os resíduos e sub-produtos gerados pelo processo produtivo que








 Criar gráfico  Baixar

AINDA NÃO SÃO REAPROVEITADOS, há a percepção de que hajam outras indústrias ou setores próximos (pertencentes ou não ao complexo sucroalcooleiro) que poderiam ou podem reaproveitá-los?

	% de respostas	Contagem de resp.
SIM	 70,0%	7
NÃO	 10,0%	1
NÃO SABE	 20,0%	2

9. Ainda com relação ao reaproveitamento de sub-produtos e a existência de firmas que possam fazê-lo, pode-se dizer que (marque as alternativas que mais se adequam):

 Criar gráfico  Baixar

	% de respostas	Contagem de resp.
Não existem firmas que possam reaproveitá-los	 10,0%	1
São poucas as firmas que podem reaproveitá-los	 50,0%	5
São muitas as firmas que podem reaproveitá-los	 10,0%	1
São geograficamente próximas da usina	 10,0%	1
São geograficamente distantes da usina	 60,0%	6
Pertencem ao complexo sucroalcooleiro	0,0%	0
Não pertencem ao complexo sucroalcooleiro	 60,0%	6
Não sabe/não quer opinar	 20,0%	2

10. Considerando os INSUMOS que entram no processo produtivo do complexo. Há a percepção de que haja a possibilidade de se utilizar sub-produtos e resíduos gerados em outros setores/complexos como insumos para o processo produtivo? [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		% de respostas	Contagem de resp.
SIM	<div><div></div></div>	40,0%	4
NÃO	<div><div></div></div>	10,0%	1
NÃO SABE	<div><div></div></div>	50,0%	5

11. Considerando a possibilidade de haver a aquisição de insumos que SEJAM SUB-PRODUTOS/RESÍDUOS de outros complexos/firmas, pode-se dizer que (marque as alternativas que mais se adequam): [Criar gráfico](#) [Baixar](#)




		% de respostas	Contagem de resp.
Não se utilizam insumos que sejam sub-produtos de outros complexos em nosso processo produtivo	<div><div></div></div>	20,0%	2
Não existem firmas que possam servi-los		0,0%	0
São poucas as firmas que podem servi-los	<div><div></div></div>	30,0%	3
São muitas as firmas que podem servi-los		0,0%	0
São geograficamente próximas da usina	<div><div></div></div>	10,0%	1
São geograficamente distantes da usina	<div><div></div></div>	20,0%	2
Pertencem ao complexo sucroalcooleiro	<div><div></div></div>	20,0%	2
Não pertencem ao complexo sucroalcooleiro	<div><div></div></div>	20,0%	2
Não sabe/não quer opinar	<div><div></div></div>	40,0%	4

12. Há algum INCENTIVO (ex. facilidade e constância no acesso de insumos, preços mais atrativos, incentivos governamentais e regulatórios, etc.) para que a usina coopere ou se integre com outros setores para reaproveitar sub-produtos uns dos outros com vistas à ganhos ambientais ou econômicos? [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
SIM	<div><div></div></div>	11,1%	1
NÃO	<div><div></div></div>	55,6%	5
NÃO SABE/NÃO QUER OPINAR	<div><div></div></div>	33,3%	3
Se sim, cite algum(ns) destes incentivos			0




13. Há alguma AÇÃO CONCRETA de cooperação ou integração entre a usina e outras firmas/setores para que haja troca e reaproveitamento de sub-produtos uns dos outros com vistas à ganhos ambientais e econômicos?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
SIM		20,0%	2
NÃO		50,0%	5
NÃO SABE/NÃO QUER OPINAR		30,0%	3

14. O REAPROVEITAMENTO de sub-produtos e resíduos oriundos do processo de produção se dá (marque as alternativas que mais se adequam):

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
Majoritariamente dentro do complexo sucroalcooleiro		33,3%	3
Majoritariamente dentro da usina		55,6%	5
Majoritariamente em cooperação com outros complexos (troca com outros setores)		11,1%	1
Não sabe/Não quer opinar		0,0%	0

15. Qual é a natureza da comunicação da Usina com firmas de OUTROS SETORES do Triângulo Mineiro que não sejam do complexo sucroalcooleiro?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Pouca comunicação	2	3	4	5. Muita comunicação	N/A	RatingAverage	RatingCount
	22,2% (2)	11,1% (1)	11,1% (1)	22,2% (2)	22,2% (2)	11,1% (1)	3,13	9

16. Com relação às firmas com as quais a usina se comunica, pode-se dizer que (marque as alternativas que mais se adequam):

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
São poucas as firmas com as quais se comunicam		33,3%	3
São muitas as firmas com as quais se comunicam		55,6%	5
São geograficamente próximas da usina		44,4%	4
São geograficamente distantes da usina		44,4%	4
Pertencem ao complexo sucroalcooleiro		55,6%	5
Não pertencem ao complexo sucroalcooleiro		55,6%	5
Não sabe/não quer opinar		0,0%	0

17. Numa escala de 1 a 5 (onde 1 é "assunto ausente nas comunicações" e 5 "assunto muito presente nas comunicações") Qual é o grau de importância dada aos temas a seguir na comunicação da usina com outras empresas (do complexo e fora dele): [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Assunto ausente nas comunicações	2	3	4	5. Assunto muito presente nas comunicações	N/A	RatingAverage	RatingCount
Manejo, troca e reaproveitamento de resíduos e sub-produtos	10,0% (1)	30,0% (3)	10,0% (1)	20,0% (2)	20,0% (2)	10,0% (1)	1,00	10
Redução de emissão de gases	10,0% (1)	30,0% (3)	0,0% (0)	20,0% (2)	20,0% (2)	20,0% (2)	1,00	10
Redução de perdas de recursos	10,0% (1)	20,0% (2)	10,0% (1)	30,0% (3)	20,0% (2)	10,0% (1)	1,00	10
Comercialização de produtos	10,0% (1)	10,0% (1)	0,0% (0)	30,0% (3)	50,0% (5)	0,0% (0)	1,00	10
Aquisição de insumos, máquinas e equipamentos em geral	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	40,0% (4)	60,0% (6)	0,0% (0)	1,00	10

18. Qual é a avaliação da disponibilidade de mão de obra qualificada no Triângulo Mineiro? [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Indisponível	2	3	4	5. Muito disponível	N/A	RatingAverage	RatingCount
	0,0% (0)	33,3% (3)	66,7% (6)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	2,67	9

19. Qual é a percepção do grau de qualificação da mão de obra disponível no Triângulo Mineiro para cada um dos macro-processos a seguir: [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Pouco qualificada	2	3	4	5. Muito qualificada	N/A	RatingAverage	RatingCount
Cultivo e colheita (campo)	0,0% (0)	62,5% (5)	25,0% (2)	12,5% (1)	0,0% (0)	0,0% (0)	2,50	8
Moagem e produção (usina)	12,5% (1)	50,0% (4)	25,0% (2)	12,5% (1)	0,0% (0)	0,0% (0)	2,38	8
Processos administrativos e comercialização	37,5% (3)	0,0% (0)	12,5% (1)	50,0% (4)	0,0% (0)	0,0% (0)	2,75	8

20. Numa escala de 1 a 5 (onde 1 é "indisponível" e 5 é "muito disponível"), qual é a avaliação da disponibilidade de estrutura de financiamento e oferta de equipamentos no Triângulo Mineiro? [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Indisponível	2	3	4	5. Muito disponível	N/A	RatingAverage	RatingCount
Estrutura de financiamento à produção/investimento	0,0% (0)	25,0% (2)	50,0% (4)	25,0% (2)	0,0% (0)	0,0% (0)	3,00	8
Oferta de máquinas e equipamentos	12,5% (1)	12,5% (1)	25,0% (2)	37,5% (3)	12,5% (1)	0,0% (0)	3,25	8

21. A usina se percebe como elemento central para a conformação de arranjos industriais integrados dentro do complexo sucroalcooleiro? (Assinale a alternativa que mais se aproxima da realidade percebida pela firma)

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
SIM, a usina é o elemento âncora de qualquer estratégia dentro do complexo.		37,5%	3
SIM, mas há outros agentes que compartilham a centralidade (ex. comunidades, fornecedores, etc.).		50,0%	4
NÃO, a usina é elemento coadjuvante dentro do complexo sucroalcooleiro.		12,5%	1
NÃO, não existe um agente central dentro do complexo.		0,0%	0
Não sabe/não quer opinar		0,0%	0

22. Em uma escala de 1 a 5 (onde 1 é "não é importante" e 5 é "muito importante"), qual é a importância de agentes governamentais (ex. prefeituras, governos estaduais e federais) nas estratégias de expansão e integração do complexo sucroalcooleiro?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Não é importante	2	3	4	5. É muito importante	N/A	RatingAverage	RatingCount
	0,0% (0)	0,0% (0)	12,5% (1)	37,5% (3)	50,0% (4)	0,0% (0)	4,38	8

23. Qual o principal modal de transporte utilizado pelo setor na região?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
Rodoviário		100,0%	10
Ferroviário		0,0%	0
Aquaviário		10,0%	1
	Outro(s) (especifique)		0

24. Numa escala de 1 a 5 (onde 1 é "não é favorável" e 5 é "é muito favorável"), a infraestrutura de transportes existente na região foi/é favorável ao estabelecimento e evolução do complexo?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Não é favorável	2	3	4	5. É muito favorável	N/A	RatingAverage	RatingCount
	0,0% (0)	11,1% (1)	33,3% (3)	22,2% (2)	33,3% (3)	0,0% (0)	3,78	9

25. Sobre o consumo de energia dentro da usina, qual das seguintes opções mais se adequam?

 Criar gráfico  Baixar


	ResponsePercent	ResponseCount
Energia totalmente advinda da concessionária (Cemig)	0,0%	0
Energia totalmente advinda da co-geração via biomassa	 50,0%	5
Padrão misto (Majoritariamente advinda da concessionária e minoritariamente via co-geração)	0,0%	0
Padrão misto (Majoritariamente advinda via co-geração e minoritariamente via concessionária)	 60,0%	6
Não sei	0,0%	0



26. Numa escala de 1 a 5 (onde 1 é "não favorável", e 5 é "muito favorável"), a estrutura de oferta de energia por parte da concessionária (CEMIG) foi/é favorável ao estabelecimento e evolução do complexo na região?

 Criar gráfico  Baixar

	1. Não é favorável	2	3	4	5. É muito favorável	N/A	RatingAverage	RatingCount
	0,0% (0)	11,1% (1)	11,1% (1)	22,2% (2)	55,6% (5)	0,0% (0)	4,22	9

27. A usina produz energia elétrica por co-geração?

 Criar gráfico  Baixar

	ResponsePercent	ResponseCount
SIM	 88,9%	8
NÃO	 11,1%	1
N/A	0,0%	0

28. Numa escala de 1 a 5 (onde 1 é "não é importante" e 5 é "muito importante"), a energia produzida por co-geração é um elemento importante nas estratégias mais gerais da usina?

 Criar gráfico  Baixar

	1. Não é importante	2	3	4	5. É muito importante	N/A	RatingAverage	RatingCount
	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	10,0% (1)	80,0% (8)	10,0% (1)	4,89	10

29. Das possibilidades abaixo relacionadas à produção de energia por co-geração, qual o grau de importância delas nas estratégias mais gerais da usina? (onde 1 é "não é importante" e 5 é "muito importante") [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	1. Não é importante	2	3	4	5. É muito importante	N/A	RatingAverage	RatingCount
POSSIBILIDADE DE VENDER A ENERGIA	0,0% (0)	11,1% (1)	0,0% (0)	11,1% (1)	66,7% (6)	11,1% (1)	4,50	9
POSSIBILIDADE DE SUBSTITUIR A ENERGIA FORNECIDA PELA CONCESSIONARIA	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	88,9% (8)	11,1% (1)	5,00	9
POSSIBILIDADE DE REDUZIR IMPACTO AMBIENTAL PELO REAPROVEITAMENTO DA BIOMASSA	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	11,1% (1)	77,8% (7)	11,1% (1)	4,88	9

30. Qual a distância, em média, entre a usina e o núcleo urbano (município) mais próximo?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	ResponsePercent	ResponseCount
Menos de 10km	0,0%	0
De 11 a 20 km	50,0%	4
De 21 a 30 km	37,5%	3
De 31 a 40 km	0,0%	0
De 41 a 50 km	0,0%	0
Mais de 50km	12,5%	1
Não sabe/Não quer opinar	0,0%	0

31. A usina percebe a existência de grupos comunitários de consulta e deliberação no âmbito da localidade onde está instalada? (ex.: grupos de planejamento participativo, grupos de extratos sociais que reivindicam melhorias, etc.) [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	ResponsePercent	ResponseCount
SIM	87,5%	7
NÃO	12,5%	1
NÃO SABE	0,0%	0

32. A firma já foi abordada por alguns desses grupos?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
SIM	<div></div>	75,0%	6
NÃO	<div></div>	25,0%	2
NÃO SABE		0,0%	0

33. A firma levaria em consideração as demandas advindas de grupos comunitários locais?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
SIM	<div></div>	100,0%	8
NÃO		0,0%	0
NÃO SABE		0,0%	0

34. A usina incentiva, via algum programa interno, a formação de grupos comunitários locais?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
SIM	<div></div>	25,0%	2
NÃO	<div></div>	50,0%	4
NÃO SABE	<div></div>	25,0%	2

35. Com relação aos laços de identidade cultural do Triângulo Mineiro, a percepção da usina acerca do complexo, como um todo, é:

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
O complexo ajuda a reforçar a cultura regional existente	<div></div>	12,5%	1
O complexo ajuda a construir novos laços culturais, incorporando-os aos já existentes	<div></div>	87,5%	7
O complexo destrói os laços culturais existentes, construindo outros totalmente novos		0,0%	0
Isso é irrelevante para a evolução do complexo		0,0%	0
Não sabe		0,0%	0

36. A usina percebe o complexo sucroalcooleiro no Triângulo Mineiro como fenômeno (marque os que mais se adéquam):

	ResponsePercent	ResponseCount
NOVO	37,5%	3
ANTIGO	0,0%	0
ESTRANHO À IDENTIDADE CULTURAL COMUNIDADES LOCAIS	0,0%	0
INCORPORADO À IDENTIDADE CULTURAL DAS COMUNIDADES LOCAIS	62,5%	5
NÃO SABE/NÃO QUER OPINAR	0,0%	0

37. A usina colabora para o desenvolvimento local através de ações como programas de educação comunitária, atividades de lazer, melhoria de espaços físicos públicos, etc.?

	ResponsePercent	ResponseCount
SIM	88,9%	8
NÃO	11,1%	1
NÃO SABE/NÃO QUER OPINAR	0,0%	0

38. Qual a percepção da qualidade do emprego gerado pelo complexo, como um todo, no Triângulo Mineiro, para cada uma das fases a seguir (considerando que emprego de qualidade é aquele que permite condições de trabalho dignas, formais e com boa remuneração, marque de 1 a 5, onde 1 é "pouca qualidade" e 5 é "muita qualidade"):

	1. Pouca qualidade	2.	3.	4.	5. Muita qualidade	N/A	RatingAverage	RatingCount
Cultivo e colheita (campo)	0,0% (0)	0,0% (0)	12,5% (1)	50,0% (4)	37,5% (3)	0,0% (0)	4,25	8
Moagem e produção (usina)	0,0% (0)	0,0% (0)	12,5% (1)	25,0% (2)	62,5% (5)	0,0% (0)	4,50	8
Processos administrativos e comercialização (fora da usina)	0,0% (0)	0,0% (0)	12,5% (1)	25,0% (2)	62,5% (5)	0,0% (0)	4,50	8

39. Qual a percepção da usina quanto aos esforços do COMPLEXO, como um todo, em melhorar a qualidade do emprego gerado, ao longo dos últimos 5 anos? (onde 1 é "pouco esforço" e 5 é "muito esforço")


	1. Poucos esforços	2	3	4	5. Muitos esforços	N/A	RatingAverage	RatingCount
	0,0% (0)	0,0% (0)	12,5% (1)	12,5% (1)	75,0% (6)	0,0% (0)	4,63	8



40. Como a usina avalia a produtividade do trabalho gerado dentro da usina, em cada uma das fases a seguir (onde 1 é "pouco produtivo" e 5 é "muito produtivo"):

 Criar gráfico  Baixar

	1. Pouco produtivo	2	3	4	5. Muito produtivo	N/A	RatingAverage	RatingCount
Cultivo e colheita (campo)	0,0% (0)	0,0% (0)	12,5% (1)	37,5% (3)	50,0% (4)	0,0% (0)	4,38	8
Moagem e produção (usina)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	37,5% (3)	62,5% (5)	0,0% (0)	4,63	8
Processos administrativos e comercialização (fora da usina)	0,0% (0)	0,0% (0)	12,5% (1)	25,0% (2)	62,5% (5)	0,0% (0)	4,50	8

41. Qual é o destino que é comumente dado aos subprodutos reutilizados? (marque mais de uma alternativa, se necessário)

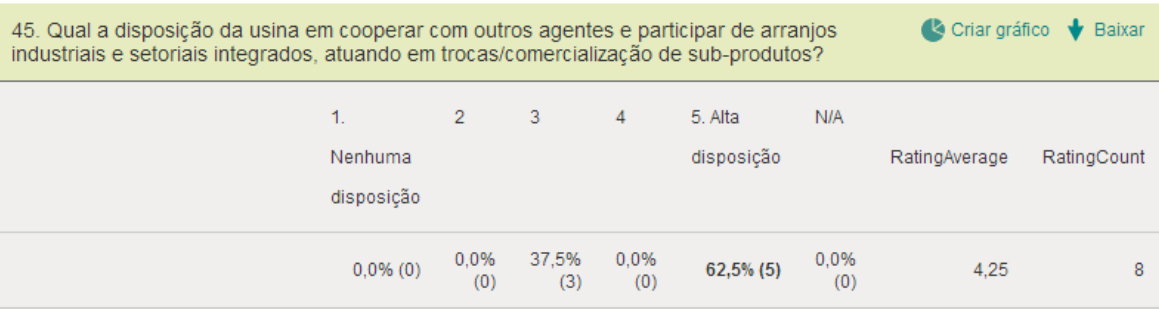
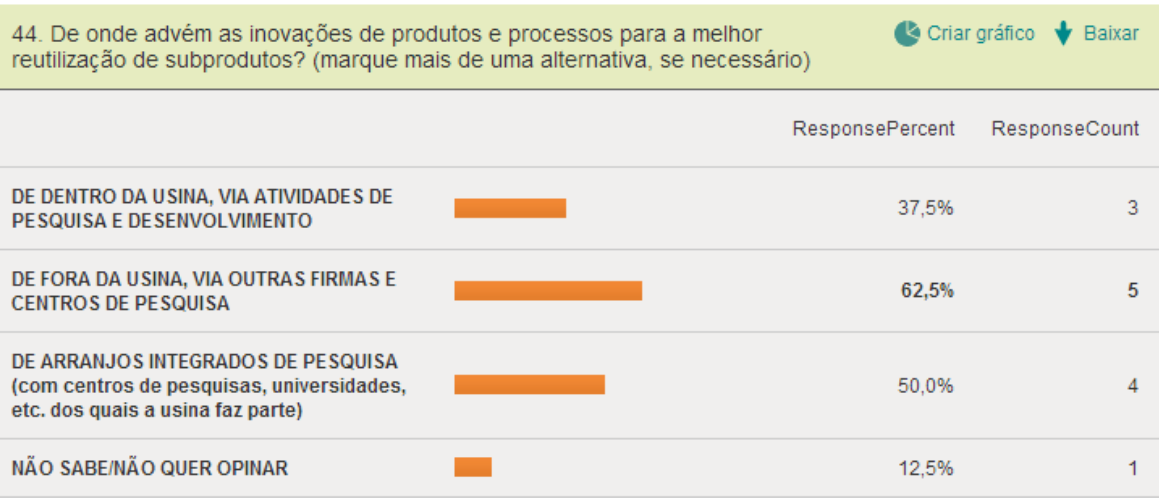
 Criar gráfico  Baixar

	ResponsePercent	ResponseCount
Retorna ao processo produtivo	 100,0%	8
É comercializado com terceiros de dentro do complexo	0,0%	0
É comercializado com terceiros de fora do complexo	 25,0%	2
Não sabe/não quer opinar	0,0%	0

42. Dos subprodutos abaixo, qual o grau de reutilização dentro da própria usina? (onde 1 é "nada é reutilizado" e 5 é "a totalidade é reutilizada").

 Criar gráfico  Baixar

	1. Nada é reutilizado	2	3	4	5. Tudo é reutilizado	N/A	RatingAverage	RatingCount
PONTA DE CANA E FOLHAS (PALHA)	0,0% (0)	14,3% (1)	28,6% (2)	14,3% (1)	42,9% (3)	0,0% (0)	3,86	7
BAGAÇO	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	11,1% (1)	88,9% (8)	0,0% (0)	4,89	9
TORTA DE FILTRO	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	22,2% (2)	77,8% (7)	0,0% (0)	4,78	9
LEVEDURAS	0,0% (0)	22,2% (2)	11,1% (1)	0,0% (0)	55,6% (5)	11,1% (1)	4,00	9
VINHAÇA	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	100,0% (9)	0,0% (0)	5,00	9
CINZAS DE CALDEIRA	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	22,2% (2)	77,8% (7)	0,0% (0)	4,78	9
ÁGUA RESIDUAL	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	0,0% (0)	100,0% (9)	0,0% (0)	5,00	9



46. Das práticas e planos de produção sustentável a seguir, a firma utiliza algum? (marque aqueles que são utilizados)

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	ResponsePercent	ResponseCount
Práticas de desmaterialização	0,0%	0
Práticas para redução de emissão de gases do efeito estufa	77,8%	7
Manejo de resíduos	88,9%	8
Redução de perdas	77,8%	7
Práticas agroecológicas (redução de uso de defensivos agrícolas, utilização de fertilizantes orgânicos, etc.)	100,0%	9
Geração e Comercialização de Créditos de Carbono	11,1%	1
Práticas gerais de Responsabilidade social corporativa	33,3%	3
Certificações ISO (ex. série 14000)	33,3%	3
Certificações relativas à utilização de mão de obra e qualidade (ex. SA 8000)	22,2%	2
Análises e design de ciclo de vida do produto	11,1%	1
Não sabe/Não quer opinar	0,0%	0

47. Tais práticas, no conjunto, tem trazido resultados positivos para a firma?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	ResponsePercent	ResponseCount
SIM	87,5%	7
NÃO	0,0%	0
AINDA NÃO	12,5%	1
NÃO SABE	0,0%	0




48. Em quais aspectos se enquadram os ganhos obtidos com as práticas de produção sustentável adotadas pela usina? (escolha mais de um, se necessário)

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	ResponsePercent	ResponseCount
ASPECTO ECONÔMICO	87,5%	7
ASPECTO AMBIENTAL	87,5%	7
ASPECTO SOCIAL	75,0%	6

49. Qual é a principal forma de obtenção de cana pela usina?

[Criar gráfico](#) [Baixar](#)

		ResponsePercent	ResponseCount
CANA PRÓPRIA (a usina é proprietária das terras de cultivo)		25,0%	2
ARRENDAMENTO (a usina arrenda a terra e gerencia o plantio, cultivo e colheita)		100,0%	8
FORNECEDOR PARCEIRO (a usina adquire cana de um fornecedor que planta, cultiva e colheita)		50,0%	4
CANA SPOT (mercado)		0,0%	0
NÃO SABE		0,0%	0

50. Considerando as práticas de produção sustentável, qual a percepção da firma quanto aos ganhos econômicos obtidos ao longo dos últimos 5 anos em termos de (marque aqueles que se aplicarem à produção da usina, onde 1 é "ganhos decrescentes" e 5 é "ganhos crescentes"):

[Baixar](#)

Açúcar							
	1	2	3	4	5	N/A	ResponseCount
CUSTOS	0,0% (0)	0,0% (0)	37,5% (3)	25,0% (2)	25,0% (2)	12,5% (1)	8
IMAGEM	0,0% (0)	12,5% (1)	25,0% (2)	12,5% (1)	50,0% (4)	0,0% (0)	8
PRODUTIVIDADE	0,0% (0)	0,0% (0)	37,5% (3)	12,5% (1)	50,0% (4)	0,0% (0)	8
Etanol							
	1	2	3	4	5	N/A	ResponseCount
CUSTOS	0,0% (0)	12,5% (1)	12,5% (1)	37,5% (3)	25,0% (2)	12,5% (1)	8
IMAGEM	0,0% (0)	25,0% (2)	25,0% (2)	0,0% (0)	50,0% (4)	0,0% (0)	8
PRODUTIVIDADE	0,0% (0)	12,5% (1)	37,5% (3)	12,5% (1)	37,5% (3)	0,0% (0)	8

ANEXO B – Produção mais limpa no complexo sucroalcooleiro.

Quadro 1 – Alguns sub-produtos gerados no processo produtivo e sua destinação.

Rejeito	Origem	Composição	Exemplos de medidas de produção mais limpa	
			Redução	Reuso/Reciclagem
Água de lavagem da cana-de-açúcar	Lavagem da cana-de-açúcar antes da moagem	Teores consideráveis de sacarose; presença de matéria vegetal, terra e pedregulhos, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação da despalha com fogo reduz aderência de terra e pedregulhos, podendo haver dispensa da lavagem; • Realização da lavagem em mesa separada daquela onde ocorre o desfibramento; • Redução da vazão de água usada através da remoção à seco de parte das impurezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem no processo de embebição (permite recuperação de sacarose diluída); • Reciclagem no processo de lavagem (necessário tratamento para remoção de sólidos grosseiros e resíduos sedimentáveis, e eventualmente para remoção de substâncias orgânicas solúveis)
Água dos condensadores barométricos e água condensada nos evaporadores	Concentração do caldo	Água contendo açúcares, arrastados em gotículas	Redução da perda do xarope (redução da velocidade do fluxo, redução da temperatura da água de condensação) e recuperação do xarope (uso de obstáculos que diminuam o arraste e aumento da altura de evaporadores)	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem da água no próprio processo; • Reciclagem no processo, mas em outra etapa, como embebição da cana-de-açúcar, lavagem do mel após cristalização do açúcar, geração de vapor, lavagem de filtros, etc.
Bagaço	Moagem da cana-de-açúcar e extração do caldo	Celulose, com teor de umidade de 40-60%	-	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeração de energia elétrica; • Obtenção de composto (adubo); • Produção de ração animal; • Produção de aglomerados; • Produção de celulose
Torta de filtro	Filtração do lodo gerado na clarificação do caldo	Resíduos solúveis e insolúveis; rico em fosfatos	-	<ul style="list-style-type: none"> • Uso como condicionador de solo; • Produção de ração animal.
Água de remoção de incrustações	Remoção química de sais na concentração do caldo	Predomínio de fosfatos, sílica, sulfatos, carbonatos e oxalatos	-	<ul style="list-style-type: none"> • Pelo elevado teor de fosfato e pequena quantidade é incorporado ao vinhoto para uso como fertilizante; • Uso como complemento da atividade em tratamento biológico de efluentes
Água da lavagem das dornas	Lavagem dos recipientes de fermentação para obtenção do álcool	Semelhante ao vinhoto, mas bem mais diluído (cerca de 20% de vinhoto)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Uso como fertilizante
Vinhaça	Resíduo da destilação do melaço fermentado para obtenção do álcool	Alta DBO [carga biológica] e DQO [carga química]	-	<ul style="list-style-type: none"> • Uso como fertilizante

(continua...)

(...continuação)

Rejeito	Origem	Composição	Exemplos de medidas de produção mais limpa	
			Redução	Reuso/Reciclagem
Flegmaça	Resíduo da destilação do melaço fermentado para obtenção do álcool	Semelhante ao vinhoto, mas contém água, óleos e álcoois)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de álcoois e é incorporada à vinhaça
Melaço	Fabricação de açúcar	Alta DBO	Praticamente todo usado para a produção do etanol	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricação de álcool e leveduras
Ponta da Cana	Corta da cana para moagem	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Alimento animal; • Queima para cogeração; • Forragem da lavoura
Condensados do caldo e xaropes	Fabricação do açúcar	Composto alcalino		<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento e Reuso na lavoura
Óleo Fúsel	Produção de etanol		-	<ul style="list-style-type: none"> • Comercializado
Levedura	Produção de etanol	Composto orgânico	-	<ul style="list-style-type: none"> • Reuso na fase de destilação; • Pode ser utilizado e comercializado como fertilizantes
Água de uso humano, limpeza, residuais diversas	Diversos	-	Racionalização no uso de água em limpeza, descargas, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento e, quando possível, são destinadas à lavoura
Água de lavagem dos gases das caldeiras	geração de vapor pelas caldeiras		-	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento - reuso em outras fases ou irrigação
Cinzas e fuligem	Queima do Bagaço	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilizante e matéria prima para itens da construção civil
Água de lavagem de cinzas e fuligens	Queima do Bagaço	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento e purificação para reuso
Sedimentos gerais	Diversos	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionamento em respeito a legislação ambiental (aterros, recipientes adequados, etc.)

Fonte: Elaboração própria a partir de ANA *et al.* (2009), CETESB (2002) e MATEUS (2010).

ANEXO C – Contribuições e tecnologias advindas de outros setores que foram incorporadas pelo complexo sucroalcooleiro e que ajudam no fechamento de ciclo.

Quadro 1 - Contribuições técnicas de firmas de fora do complexo.

Agente	Tecnologia	Contribuição
Tecnologias Químicas		
Codistil	Biodigestão anaeróbia	Tratamento de efluentes
Aratrop	Anti-espumante	Produto isento de substâncias tóxicas às leveduras fermentativas e totalmente solúvel em meio hidroalcoólico
Planalcol / Sermatec	Peneira Molecular	Substituição da destilação azeotrópica (que utilizava produtos químicos cancerígenos) e uso mínimo de energia
BetzDearborn	Bioscan e Biosoft	Identifica contaminação, perdas de açúcar e realiza tratamento de efluentes
Tecnologias Metal-mecânicas		
AhlstromPumps	Bombas de Processo	Diversas aplicações como lavagem, extração, purificação do caldo, evaporação e cristalização. Gerenciada por computador.
Sermatec	Difusor	Maior extração de açúcar e menor consumo de energia
Mausa	Centrífuga automática	Maior eficiência, menor consumo de energia e ajuste otimizado do ciclo automático
Procknor	Centrífuga contínua	Alta qualidade do açúcar, livre de problemas de operação
Procknor	Circuladores mecânicos para tachos a vácuo	Menor consumo de potência
Gumaco	Condensador evaporativo	Trocador de calor que utiliza o ar ambiente e água como meios refrigerantes
Alpina	Evaporador híbrido de placas de fluxo descendente	Aumento da capacidade, flexibilidade e redução de custos de energia
Alpina	Torres de resfriamento modulares e pré-fabricados	Flexibilidade de uso
Miningtech	Prensa desaguadora	Tratamento de caldo
Armstrong Eq.	Purgadores de balde invertido para vapor	Eficiência energética
Renk-Zanini	Redutores/Multiplicadores de velocidade e acoplamentos	Adequação a diferentes especificações de projeto e acionamentos
Unimot	Variadores eletromagnéticos de velocidade	Sistemas de acionamento de menor peso e volume
StorkVeco B.V.	Telas micro-perfuradas em níquel	Maior durabilidade e melhor qualidade do açúcar
Tecnologias de automação e monitoramento no campo		
Auteq	Computadores de bordo	Resistente e a prova d'água, reduz custos de operação da frota
Xpto	Coletor de dados portátil	Reduz tempo e custos do processo de digitação

(continua...)

(...continuação)

Sokkia	Estação/GPS/Softwares	Colheita, gerenciamento e processamento de dados monitorado por satélite
Ativa Automação	Automação, programação e supervisão	Controle e supervisão total de máquinas e processos
Técnicas agrônômicas e biológicas		
EMBRAPA	Diversas	Reaproveitamento da vinhaça, controle biológico de broca da cana-de-açúcar, monitoramento de safras via satélite, agricultura de precisão; melhoramento genético da cana-de-açúcar
Copersucar - CTC	Engenharia Genética	Melhoramento genético da cana-de-açúcar
Nantrotec	Microbiologia: novos tipos de levedura - levedura floclante	Fermentação contínua

Fonte: Elaboração própria a partir de Abarca (1999).