

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**DE RIBEIRÃO PRETO**  
**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES**

**BRYAN MANUEL JULCA BRICEÑO**

**Simulação de cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais**

**Orientador: Prof. Dr. Marcos Fava Neves**

**RIBEIRÃO PRETO**  
**2011**

Prof. Dr. João Grandino Rodas  
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Sigismundo Bialoskorski Neto  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Marcos Fava Neves  
Chefe do Departamento de Administração

**BRYAN MANUEL JULCA BRICEÑO**

**Simulação de cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Administração em Organizações

Orientador: Prof. Dr. Marcos Fava Neves

**RIBEIRÃO PRETO**

**2011**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Julca-Briceño, Bryan Manuel.

Simulação de cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais. Ribeirão Preto, 2011.

109 f. : Il. ; 30cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Mercados e Estratégia.

Orientador: Neves, Marcos Fava.

1. Sistema Agroindustrial. 2. Simulação de Cenários. 3. Mapeamento e Quantificação. 4. Cana-de-açúcar.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Bryan Manuel Julca Briceño

Simulação de cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Mercado e Estratégia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marcos Fava Neves

Julgamento: \_\_\_\_\_

Instituição: FEARP/USP

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Dedico este trabajo a mis madres, Elita Urrelo Alvarado, María Bereche More y Gaby Zárate Bereche, por su amor y dedicación en las etapas más importantes de mi vida.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao meu orientador, professor Dr. Marcos Fava Neves. Gostaria de agradecer pela confiança demonstrada, pelas oportunidades oferecidas para meu desenvolvimento e pelo apoio acadêmico e pessoal em todas as etapas do mestrado. Obrigado por ter me acolhido como orientando e contribuir com meu plano de vida. Estarei sempre em dívida!

Aos professores Doutores Matheus Alberto Cònsoli e João Luiz Passador, pelas valiosas contribuições dadas durante a minha qualificação, assim como pelo estímulo e confiança que demonstraram.

Aos especialistas entrevistados neste estudo: MSc. Luciano Rodrigues e Dr. Zilmar José de Souza da União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA); MSc Angelo Bressan Filho da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB); Glycon Santos da empresa ICC Brasil; Sr. Celso Procknor da empresa Procknor Engenharia Ltda.; Eduardo Sia da empresa Sucedem; Artur Yabe Milanez do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); Dr. Julio Garcia do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Sr. Fernando Degobbi da Concessionária Coopercitrus-Valtra da Cooperativa dos Cafeicultores e Citricultores de São Paulo (COOPERCITRUS).

A os meus pais, María Bereche More e Octavio Zárate Albornoz, por ter sido meus protetores durante minha infância, pelo seu amor incondicional e por ter me abrigado como filho.

A Elia Urrello Alvarado, minha avó e mãe, pelo maior presente: minha identidade, pelo seu carinho, generosidade, cumplicidade e incansável paciência durante a minha adolescência.

Ao meu melhor amigo, meu pai, Manuel Julca Urrello, pelo seu exemplo de luta, apoio, amizade e palavras de força que são essenciais para trilhar meu caminho.

À toda minha família, especialmente aos meus irmãos Julca (Diana, Many, Diego e Adrián), aos meus irmãos Zárate (Gaby, July, Gladis e Walter), aos meus tios (Diana e Roger Julca) e os meus sobrinhos (Victor Ampuero e Joan Pérez) obrigado pelo seu apoio, conselhos e presença na minha vida.

A María Agle Castro Ritty e Gilberto Flores, meus tios da infância, pelo carinho e generosidade. Sei que estão torcendo por mim desde o céu.

Agradeço aos meus queridos amigos: Carla Martoni, Marco Antonio Conejero, Mairun Junqueira e Milena Silveira. Não tenho palavras para agradecer seu apoio e amizade, só posso dizer que vocês são minha família brasileira.

Aos meus amigos Brunella Lambrusquini Zapata, Erick Núñez Espinoza, Carlos Zurita Cano, Carlos Osório Xavier, Marcio Ramatiz Santos e Guilherme Bellotti de Melo, pela sua ajuda e amizade durante meus primeiros dias no Brasil.

Aos meus caros amigos de sempre, Mirtha Milton Paico e Omar Gamarra Carlos, pela compreensão e afeto durante esses últimos anos.

Ao Luciano Thomé Castro e Vinicius Gustavo Trombin, pela ajuda e confiança nos meus primeiros projetos na MARKESTRAT.

A Abel León e José Guanilo, produtores rurais do Caserío Muy Finca, Mochumí, Lambayeque-Peru, pelos seus ensinamentos agrícolas. Muito obrigado por ter me ensinado a produzir a terra e descobrir minha vocação.

A Universidade de São Paulo, por todos os ensinamentos que me proporcionou.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico y Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro a essa pesquisa.

Ao Centro de Pesquisas e Projetos em Marketing e Estratégia, MARKESTRAT, pelo aprendizado profissional e pela oportunidade de conhecer tantos amigos.



Caminante, son tus huellas  
el camino y nada más;  
caminante, no hay camino,  
se hace camino al andar.

Al andar se hace camino  
y al volver la vista atrás  
se ve la senda que nunca  
se ha de volver a pisar.

Caminante no hay camino  
sino estelas en la mar...

Cuando el jilguero no puede cantar.  
Cuando el poeta es un peregrino,  
cuando de nada nos sirve rezar.  
"Caminante no hay camino,  
se hace camino al andar..."

Golpe a golpe, verso a verso.

**Antonio Machado Ruíz**  
(Poeta español, 1875-1939)

## RESUMO

JULCA-BRICEÑO, B.M. **Simulação de cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

Os sistemas agroindustriais são estruturas complexas que são influenciadas pelas transformações econômicas, políticas e tecnológicas da sociedade. Assim, as organizações públicas e privadas que estão inseridas nesses sistemas precisam de informações setoriais que as permitam identificar cenários futuros e ajustar seus recursos internos às novas situações geradas pelo ambiente externo. Uma das alternativas para dispor dessa informação é a aplicação de ferramentas de projeção por meio da simulação de cenários. Este trabalho, nesse sentido, tem como foco principal a simulação de cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais. Para atingi-lo, foi aplicada uma pesquisa exploratória e qualitativa, cuja execução foi dividida em três fases. A primeira considerou o desenho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil, identificando os seus principais setores e variáveis participantes; a segunda compreendeu a quantificação do sistema, estimando, a partir de relações entre as variáveis, os fluxos comerciais dos elos de insumos agrícolas, produção de matéria-prima, insumos industriais e processamento industrial, no ano fiscal de 2008; e, finalmente, na terceira fase foi feita uma simulação de cenários para o período 2011-2015 com base em projeções de mercado e uso de ferramenta eletrônica. A coleta de dados foi realizada por meio de dados primários e secundários, levantados em entrevistas com executivos, pesquisadores, instituições governamentais e organizações setoriais dos diferentes elos do sistema agroindustrial, além de publicações como anuários estatísticos, relatórios, prognósticos, entre outros, elaborados por instituições governamentais e não governamentais. Já o processamento e simulação de cenários foram feitos com a utilização de um software de planilha eletrônica. Como resultados desta pesquisa, portanto, foram apresentadas as etapas necessárias para desenhar, quantificar e simular cenários para o setor sucroenergético, assim como os valores obtidos nos cálculos, que permitirá, em pesquisas futuras, explorar o aperfeiçoamento do modelo de simulação por meio da inserção de novas variáveis e da atualização dos valores atribuídos a elas.

**Palavras-chave:** Sistema Agroindustrial. Cana-de-açúcar. Mapeamento e Quantificação. Simulação de Cenários.

## ABSTRACT

JULCA-BRICEÑO, B.M. **Scenario Simulations for the Brazilian Sugarcane Industry from the Method for Mapping and Quantitation Agribusiness Systems**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

Agroindustrial systems are complex structures that are subject to economic, political and technological changes within society. Therefore, the organization held within these systems must frequently adjust their specific resources to the situations created by the environment. One of the alternatives to identify opportunities and threats to the systems is the application of tools for exploring the future through scenario analysis. Thus, this research focuses on simulating scenarios for the Brazilian Sugarcane Agroindustrial System through the application of the Method for Mapping and Quantifying Agroindustrial Systems. In order to achieve this objective, an exploratory and qualitative research has been made in three phases. The first phase has considered the structure of the Sugarcane Agroindustrial System in Brazil, identifying their key sectors and variables; the second one has addressed the quantification of the system, estimating the trade flows between farm input suppliers, sugarcane producers, industrial input supplier and sugarcane mills in 2008; and finally, in the third phase a scenario simulation has been done for the period of 2011-2015 based on market projections with the use of an electronic tool. Both primary and secondary data have been used. Primary data have been collected through interviews with executives, researchers, governmental institutions and industrial organizations representatives, while secondary data have been gathered from publications such as statistical reports and prognostics from private and governmental institutions. The data processing and the scenario simulations have been done by using an electronic spreadsheet software. The results of the research show the necessary stages for drawing the system's structure, quantifying the trade flows between its links and simulating scenarios for the Sugarcane Agroindustrial System. They also show the values obtained from the calculations, which allows the further improvement of the simulation model in future research by updating the values given to the variables as well as by inserting new variables.

**Keywords:** Agribusiness Systems. Sugarcane Industry. Mapping and Quantitation. Scenario Simulations.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABRACAL	Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANFIR	Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários
ATR	Açúcar total recuperável
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONSECANA	Conselho de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FECOMBUSTÍVEIS	Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MF	Ministério de Fazenda
MW	Megawatt
Proálcool	Programa Nacional do Alcool
SMASP	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
ÚNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar
USD	Dólar dos Estados Unidos de América

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1: Procedimentos metodológicos para o mapeamento, quantificação e simulação de cenários do SAG da cana-de-açúcar.....</b>	<b>22</b>
<b>Quadro 2 – Lista de setores e variáveis envolvidos no elo de insumos agrícolas do SAG da cana.....</b>	<b>54</b>
<b>Quadro 3: Lista de variáveis envolvidas na revenda de defensivos do elo de insumos agrícolas do SAG cana.....</b>	<b>56</b>
<b>Quadro 4: Lista de variáveis envolvidas no elo de produção de cana-de-açúcar.....</b>	<b>57</b>
<b>Quadro 5: Lista de variáveis envolvidas no elo de insumos industriais.....</b>	<b>57</b>
<b>Quadro 6: Lista de variáveis envolvidas no elo de processamento industrial..</b>	<b>61</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de fertilizantes visando a quantificação.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabela 2: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de corretivos visando a quantificação.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabela 3: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de defensivos visando a quantificação.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabela 4: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de colhedoras visando a quantificação.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 5: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de tratores, implementos, auto-peças e serviços de manutenção visando a quantificação...</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 6: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de caminhões visando a quantificação.....</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 7: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de semi-reboques, reboques e carrocerias visando a quantificação.....</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 8: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de óleo diesel, lubrificantes e equipamentos de proteção individual (EPIs) visando a quantificação.....</b>	<b>68</b>

<b>Tabela 9: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de produção de matéria-prima visando a quantificação.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabela 10: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabela 11: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 12: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 13: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabela 14: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 15: Variáveis modificadas visando a simulação de cenários – elo insumos agrícolas.....</b>	<b>79</b>
<b>Tabela 16: Variáveis modificadas visando na simulação de cenários – elo produção de matéria-prima.....</b>	<b>80</b>
<b>Tabela 17: Variáveis modificadas visando na simulação de cenários – elo insumos industriais.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabela 18: Variáveis modificadas visando na simulação de cenários – elo processamento industrial.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabela 19: Variáveis de entrada para a simulação do SAG da cana-de-açúcar a partir do método de mapeamento e quantificação.....</b>	<b>83</b>
<b>Tabela 20: Resultados da simulação do cenário 1.....</b>	<b>86</b>
<b>Tabela 21: Resultados da simulação do cenário 2.....</b>	<b>86</b>
<b>Tabela 22: Resultados da simulação do cenário 3.....</b>	<b>87</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1: Sequência de etapas utilizadas para caracterizar e quantificar sistemas agroindustriais.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 2: Sistema de agribusiness e transações típicas.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 3: Exemplo hipotético de sistema agroindustrial.....</b>	<b>39</b>

<b>Figura 4: Exemplo hipotético de sistema agroindustrial.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 5: Exemplo hipotético (simplificado) de sistema agroindustrial.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 6: Ciclo de vida de um modelo de simulação.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 7: Sistema Agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 8: Mapeamento e Quantificação do Sistema Agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 9: Tela de entrada de dados do simulador de cenários.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 10: Faturamento do SAG da cana nos cenários simulados.....</b>	<b>88</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1	Problema de Pesquisa.....	19
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>21</b>
3.1	Tipo de Pesquisa.....	21
3.2	Etapas.....	21
3.3	Modelo de Pesquisa.....	24
3.4	Delimitação do Objeto.....	24
3.5	Coleta de Dados.....	25
3.6	Análise de Dados.....	27
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>28</b>
4.1	Sistemas Agroindustriais.....	28
	a) Enfoque do Sistema de Commodities.....	30
	b) Enfoque de Cadeia ( <i>filière</i> ) Agroalimentar.....	31
4.2	Cadeias e Redes.....	34
4.3	Mapeamento e Quantificação de Sistemas Agroindustriais.....	36
4.4	Simulação de cenários.....	42
	4.4.1 Aspectos Gerais: Sistemas e Modelos.....	42
	4.4.2 Simulação de Cenários.....	44
	4.4.3 Ciclo de vida de um modelo de simulação.....	47
	4.4.4 Simulação aplicada ao SAG da cana-de-açúcar.....	49
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
5.1	Mapeamento do SAG da cana-de-açúcar.....	51
	5.1.1 Desenho do sistema agroindustrial.....	51
	5.1.2 Identificação de variáveis.....	53
5.2	Quantificação do SAG da cana-de-açúcar.....	62
	5.2.1 Elo de insumos agrícolas.....	62
	5.2.2 Elo de produção de matéria-prima.....	69
	5.2.3 Elo de insumos industriais.....	69
	5.2.4 Elo de processamento industrial.....	72
5.3	Simulação de cenários a partir do mapeamento e quantificação do SAG da cana-de-açúcar.....	79
	5.3.1 Revisão de variáveis visando a simulação.....	79
	5.3.2 Variáveis de entrada.....	82
	5.3.3 Resultados da simulação de cenários.....	85



<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES GERENCIAIS E LIMITAÇÕES.....</b>	<b>89</b>
<b>6.1</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>89</b>
<b>6.2</b>	<b>Implicações Gerenciais.....</b>	<b>90</b>
<b>6.3</b>	<b>Limitações.....</b>	<b>90</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema agroindustrial (SAG) da cana-de-açúcar no Brasil iniciou-se no período colonial, aproximadamente em 1520, sendo por mais de duzentos anos o açúcar o principal produto de exportação. A partir da década de 1930, com o desenvolvimento de políticas de promoção governamentais, o setor tem apresentado grandes mudanças tecnológicas orientadas a diversificação dos produtos finais e à incursão em atividades com maior geração de valor.

Já na década de 1970, com a criação do Proálcool como política pública de promoção dos biocombustíveis, a produção de etanol tornou-se um pilar do SAG. Em 2010, quase 60% das usinas estiveram focadas no processamento misto, ou seja, tanto na transformação de cana em açúcar quanto em etanol (MAPA, 2010b). Da mesma forma, nos últimos anos, o setor tem se orientado para a produção de bioeletricidade, alcoquímica e comercialização de créditos de carbono, impulsionando a oferta de energias limpas e produtos renováveis (EPE, 2009).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a lavoura de cana-de-açúcar continua em expansão no Brasil e tem como principais direcionadores o crescimento do mercado mundial de açúcar e o aumento da demanda interna de etanol combustível. Essa produção, no entanto, está condicionada a fatores climáticos, ao desempenho dos outros países produtores, aos preços internacionais, às barreiras tarifárias e não tarifárias de países importadores de derivados, à estrutura logística, entre outros fatores. (CONAB, 2011).

Devido ao seu constante crescimento e nível de diversificação, o sistema se tornou muito abrangente, gerando uma estrutura complexa formada por fornecedores insumos, fornecedores de cana e bens de capital, usinas, distribuidores, *tradings*, postos de combustíveis, consumidores finais, entre outros elementos e agentes. Essa mesma complexidade dá origem a mudanças frequentes que interferem no agronegócio e criam a necessidade de gerar informações relevantes para as organizações públicas e privadas inseridas no SAG (NEVES; CONEJERO, 2010).

Embora as informações setoriais, como, por exemplo, os resultados da produção agrícola e a transformação industrial da cana-de-açúcar, sejam publicadas regularmente e formem parte do conhecimento público, esses volumes dependem de produtos ou serviços gerados por indústrias relacionadas – como as de fertilizantes, defensivos, maquinarias, materiais e

serviços – que envolvem fluxos de mercadorias e fluxos monetários ainda pouco estudados. Além disso, a análise de cenários futuros, fundamentada na identificação das relações entre os diversos elos que atuam sobre o SAG, tem sido, igualmente, pouco explorada. Assim, a falta de um balanço integral e a avaliação de mudanças nos fluxos financeiros faz surgir a necessidade de mapear, quantificar e simular cenários no sistema agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil.

O único método aplicável ao estudo das movimentações financeiras de um SAG é o Método de Mapeamento e Quantificação de Sistemas Agroindustriais, o qual visa a identificação dos diferentes elos do SAG e a estimativa dos fluxos monetários como base para formular estratégias e projetos relevantes ao desenvolvimento competitivo. O referido método já foi aplicado no Brasil às cadeias produtivas da laranja (LOPES, 2004), do trigo (ROSSI, 2005), do leite (CAMPOS, 2007) e da citricultura (NEVES et al., 2010), e, no Uruguai, na cadeia do leite (FORTUNATO et al., 2011), mostrando viabilidade na sua utilização. Todavia, esse método ainda não foi utilizado para estimar as movimentações financeiras futuras com base nas informações disponíveis e as perspectivas dos SAGs, ou seja, para simular cenários futuros.

Partindo dessas considerações, a pergunta que esta dissertação pretende responder é a seguinte: Como simular cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir da aplicação do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais, considerando as projeções de demanda futura de cana-de-açúcar, açúcar e etanol?”

### **1.1 Problema de Pesquisa**

Sendo que o Método de Mapeamento e Quantificação de Sistemas Agroindustriais tem demonstrado aplicabilidade no estudo de cadeias produtivas, mas ainda não foi utilizado para simular cenários futuros, como esse método pode ser utilizado na simulação de cenários na cadeia produtiva de cana-de-açúcar? Como a simulação de cenários pode empregar as projeções de demanda futura dos produtos finais da cadeia produtiva da cana-de-açúcar para estimar as movimentações financeiras entre os elos?

## 2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral **simular cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais.**

Os objetivos específicos são:

- Desenhar o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil, identificando os seus principais setores e variáveis;
- Apresentar o sistema agroindustrial assim como os setores e variáveis que o integram, com estimativas dos seus fluxos comerciais no ano fiscal 2008;
- Simular cenários dos fluxos comerciais do SAG da cana-de-açúcar para o período 2011 a 2015, com base em dados primários e secundários.

Para a definição dos objetivos específicos faz-se necessário alguns esclarecimentos:

O desenho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar brasileiro é composto pelo mapeamento dos diversos elos do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar, assim como o posicionamento dos setores e as relações entre suas variáveis, numa seqüência lógica

Já a quantificação do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar trata-se do cálculo do faturamento dos elos participantes nesse sistema. Esse faturamento tem como base o ano fiscal 2008 e será considerada como moeda o dólar americano. A movimentação financeira no sistema canavieiro possibilitará o entendimento da importância dos diferentes setores no sistema.

A simulação de cenários será feita a partir do mapeamento e quantificação, com base na relação das variáveis identificadas e das perspectivas do comportamento da demanda de cana-de-açúcar, açúcar e etanol, formuladas por projeções para o período 2011-2015.

### 3 MÉTODO

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

O presente trabalho, visando a compreensão do Sistema Sucroenergético Brasileiro e a análise de possíveis cenários futuros, possui natureza exploratória e qualitativa. Segundo Mattar (1993), a pesquisa exploratória pode ser utilizada para vários objetivos, como, por exemplo, familiarizar e elevar o conhecimento de um problema de pesquisa em perspectiva, ajudar no desenvolvimento ou criação de questões de pesquisa relevantes para o objetivo pretendido, ajudar no delineamento do projeto final da pesquisa e estabelecer prioridades para futuras pesquisas justificando a escolha desse tipo de trabalhos. A pesquisa exploratória é caracterizada pelo uso de métodos amplos e versáteis, como: levantamentos em fontes secundárias, levantamentos de experiências, estudos de casos selecionados e observação informal. Gil (1999) ressalta que as pesquisas exploratórias são desenvolvidas para dar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de um determinado fato. Esse tipo de pesquisa é utilizado quando o tema selecionado é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis sobre ele.

A pesquisa qualitativa é uma metodologia de pesquisa não-estruturada, exploratória, baseada em pequenas amostras, que proporciona *insights* e compreensão do contexto do problema (MALHOTRA, 2001). Este tipo de pesquisa justifica-se, sobretudo, por ser uma forma adequada de entender a natureza do fenômeno social (SELLTIZ et al., 1979). Outra razão para a utilização da pesquisa qualitativa é a de que nem sempre é possível ou conveniente utilizar métodos estruturados para obter informações dos agentes respondentes. O pesquisador, na pesquisa qualitativa, é um interpretador da realidade (BRADLEY, 1993).

#### 3.2 Etapas

A presente pesquisa foi realizada em seis etapas, formuladas a partir do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais e da teoria da simulação de cenários, de acordo com Quadro 1:

<b>Etapa 1</b> Descrição do sistema (cadeia) agroindustrial em estudo	Desenho do sistema agroindustrial por meio de “caixas” (elos e setores), respeitando o fluxo dos produtos e percorrendo desde os insumos até o consumidor final (desenho do sistema).
<b>Etapa 2</b> Apresentação da descrição para executivos e outros especialistas, visando ajustes na estrutura	Feita a primeira versão da descrição, são realizadas algumas entrevistas em profundidade com executivos de empresas atuantes nos setores e outros especialistas (pesquisadores, lideranças setoriais, entre outros) com a finalidade de ajustar o desenho proposto.
<b>Etapa 3</b> Identificação das relações entre as variáveis que integram os elos da cadeia	Revisão bibliográfica e entrevistas em profundidade com executivos de empresas e especialistas, tendo por objetivo a identificação de relações entre as variáveis e os setores a quantificar.
<b>Etapa 4</b> Quantificação do “ano base”	Neste ponto, todos os dados obtidos são processados e inseridos na descrição da indústria. Os dados são, então, enviados a executivos colaboradores e especialistas que analisarão os valores. Será solicitado, ainda, que estes reenviem os dados com seus comentários e contribuições.
<b>Etapa 5</b> Seleção de estudos focados nas projeções das variáveis de entrada	Revisão das variáveis utilizadas na quantificação e dos estudos focados na projeção das variáveis de entrada para a simulação de cenários. A seleção é feita cuidadosamente com base na experiência e relevância dos autores na indústria pesquisada.
<b>Etapa 6</b> Simulação de cenários	A simulação das movimentações financeiras para cada cenário é formulada a partir das relações identificadas na Etapa 3 e a definição de variáveis de entradas, selecionadas na Etapa 5, como ativadores dos cálculos para período futuro.
<b>Etapa 7</b> Relatório da simulação	Nesta etapa são registradas e explicadas as premissas, resultados e limitações da simulação.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves (2008).

Quadro 1: Procedimentos metodológicos para o mapeamento, quantificação e simulação de cenários do SAG da cana-de-açúcar

A primeira etapa da pesquisa consistiu-se em desenhar o SAG da cana-de-açúcar no Brasil, identificando e posicionando seus principais setores no ano base (2008), além de reconhecer os limites do futuro modelo de simulação, tendo como suporte fontes secundária (livros, artigos, relatórios, entre outros). Na segunda etapa, foram aplicadas entrevistas em profundidade com especialistas do setor. O objetivo dessas entrevistas foi obter as informações necessárias para descrever o sistema, posicionando corretamente na sua estrutura os agentes participantes nos setores de insumos agrícolas, produção de matéria-prima, insumos industriais, industrialização e distribuição dos produtos provenientes da cana. Partiu-se, para a execução das entrevistas, de roteiros semi-estruturados, que foram remetidos por *e-mail*, após uma primeira abordagem por telefone.

Na terceira etapa, foram identificadas as relações existentes entre as variáveis contidas nos setores, visando a sua quantificação. Para atingir tal objetivo, foram consultadas fontes secundárias (tais como anuários e publicações setoriais, entre outros) e, posteriormente, através de entrevistas pessoais, por telefone e por *e-mail*, com os especialistas contatados na etapa anterior, foram validada as relações entre as variáveis encontradas.

Na quarta etapa, a quantificação dos fluxos monetários do ano base foi efetuada a partir da coleta de dados das três primeiras etapas, por meio da estimação dos valores das variáveis e do resultado da sua inter-relação. Na próxima etapa, a quinta, visando a seleção de variáveis de entrada para a simulação, foram coletadas e avaliadas fontes secundárias de projeções e análises de tendências no agronegócio da cana-de-açúcar para o período 2011-2015. Na escolha da fonte foi considerada a sua credibilidade e competência, assim como a atualidade dos dados disponíveis. Na atualização de algumas outras variáveis, também foram coletadas informações primárias por meio de entrevistas, por telefone ou por *e-mail*, com os participantes do setor.

Na sexta etapa, depois de desenhado o sistema da cana-de-açúcar, identificadas as relações entre as variáveis dos setores, quantificados os fluxos financeiros do ano base e selecionadas as fontes de projeção das variáveis de entrada, foi modelado o sistema que reproduz a informação desejada para o período 2011-2015. Para a simulação de cenários foi aplicada uma quantificação a montante, ou seja, os cálculos foram feitos a partir dos valores projetados de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol, mantendo constantes as relações das variáveis do ano 2008. É importante mencionar que, em razão da dificuldade de projetar os preços dos fatores de produção (insumos, equipamentos e serviços), bem como de matéria prima (cana-de-açúcar) e dos produtos finais (etanol e açúcar), o escopo desta pesquisa foi focado na evolução dos volumes. Para a simulação, vale destacar ainda, que nesta pesquisa foi empregado um software de planilha eletrônica (Excel).

Finalmente, na sétima etapa, foi elaborado um relatório dos resultados, premissas utilizadas, limitações e sugestões da simulação, visando possíveis modificações futuras.

### **3.3 Modelo de Pesquisa**

A presente pesquisa, a fim de atender ao seu objetivo central, utiliza uma proposta fundamentada no método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais, desenvolvido por Neves et al. (2004), e na teoria de simulação de cenários. Para a simulação dos fluxos financeiros futuros são aplicados os conceitos teóricos da simulação de cenários, partindo do modelo de simulação determinística, o qual faz uso das relações identificadas no modelo baseando-se em premissas, porém, evitando distribuições probabilísticas – os chamados modelos estocásticos.

### **3.4 Delimitação do Objeto**

O primeiro passo para caracterizar e analisar um sistema é definir seus objetivos, bem como seus limites, seus subsistemas participantes e o seu contexto ambiental. Segundo Malhotra (2001), esses são fatores que afetam a definição do problema de pesquisa. Batalha (2001), do mesmo modo, comenta que para a realização de uma análise de cadeia devem ser definidas várias condições, as quais são conseqüências do objetivo a ser atingido. As condições mais importantes e difíceis referem-se aos contornos de espaço de análise a ser estudado e ao nível de detalhamento da análise a ser empreendida. Zylbersztajn (2001) também comenta que a definição das dimensões dos SAGs poderá depender do propósito do planejador, em geral focalizado em um produto. Retornando a Batalha, este autor considera que, ao definir limites e hierarquias, estabelecem-se as interações de seus sistemas componentes, mensuram-se suas movimentações e respectivos desempenhos intermediários.

Neste estudo, a abrangência é nacional, ou seja, na descrição dos agentes que compõem o sistema, são consideradas as organizações que registraram uma participação relevante no setor sucroenergético brasileiro durante o ano 2008. A partir das relações identificadas e da quantificação feita serão simulados os fluxos monetários do período 2011-2015. Vale pontuar que, sendo mais de 80% do volume de cana produzido dentro dos doze meses do ano civil, na estimação dos fluxos financeiros utilizou-se o critério de safra e ano civil indistintamente. Cabe mencionar, ainda, que, devido à abrangência do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar, o presente trabalho esteve focado em quatro dos cinco elos da cadeia produtiva, a saber, no elo de insumos agrícolas, de produção de matéria-prima, de insumos agroindustriais



e de processamento industrial; não sendo abordado o elo de distribuição de produtos finais nem agentes facilitadores do SAG. É importante referir também que, apesar de os resultados da simulação serem descritos na seção 5.3.3, não é objetivo desse estudo a análise profunda dos cenários e sim a estimação dos fluxos monetários.

### 3.5 Coleta de Dados

As informações necessárias para a execução desta pesquisa foram obtidas pela coleta de dados primários e secundários. Segundo Mattar (1993), os dados em pesquisa são classificados em dois grandes grupos: primários, são aqueles que não foram coletados anteriormente, estando em posse ainda dos pesquisados; e secundários, são aqueles que já foram coletados, tabulados, ordenados e, às vezes, até analisados e catalogados à disposição dos interessados.

Durante as etapas da pesquisa as informações secundárias foram coletadas em bancos de dados, revistas, artigos, livros, anuários, internet e outras fontes de informação. Na segunda, na terceira e na quinta etapas, os dados primários foram obtidos por meio de entrevistas em profundidade com especialistas participantes do setor. Na quarta, os resultados da quantificação do ano base foram fornecidos aos especialistas da União da Indústria de Cana-de-açúcar em sumário executivo com os principais dados da cadeia, bem como seu desenho.

A comunicação foi o método utilizado para a coleta de dados primários. Mattar (1996 apud Rossi, 2004) define esse método assim: “O método da comunicação consiste no questionamento, oral ou escrito, dos respondentes para a obtenção do dado desejado, que será fornecido por declaração, verbal ou escrita, do próprio”. Assim sendo, para a obtenção dos dados primários, foram realizadas entrevistas pessoais ou por telefone seguida de contato por *e-mail*. Mattar (1996) definiu essas formas de aplicação da seguinte maneira:

Entrevista pessoal: a entrevista pessoal consiste em que o entrevistador e o(s) entrevistado(s) estejam em contato pessoal para a obtenção dos dados. A tarefa do entrevistador é contatar ao(s) entrevistado(s), efetuar as perguntas e tomar nota das respostas.

Entrevista por telefone: as entrevistas por telefone consistem na obtenção dos dados da pesquisa através de telefone, ao invés do contato pessoal. De todos os métodos de coletar dados, a entrevista por telefone é o método que

atualmente predomina nos países onde a grande maioria da população possui telefone (nestes países, cerca de 90% das pesquisas de marketing são realizadas por telefone).

Os especialistas selecionados para as entrevistas possuíam o seguinte perfil: ter acesso às informações e dados do setor em estudo; possuir conhecimentos do sistema provenientes de suas experiências profissionais; estar disposto a colaborar com a pesquisa; e, ainda, fornecer um “canal” aberto de comunicação para futuros contatos.

Foram entrevistados: MSc. Luciano Rodrigues, Gerente de Economia e Análise Setorial da União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA); Dr. Zilmar José de Souza, Assessor da União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA) em assuntos relacionados a bioeletricidade; MSc Angelo Bressan Filho, funcionário da Gerência de Levantamento e Avaliação de Safra da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB); Glycon Santos, diretor da ICC Brasil, empresa de distribuição de leveduras de cana e levedura de cerveja para alimentação animal e derivados; Celso Procknor – Presidente da Procknor Engenharia Ltda, empresa dedicada à implantação de projetos industriais e ao desenvolvimento de equipamentos para a indústria da cana de açúcar; Eduardo Sai, executivo da empresa Sucden, organização dedicada à comercialização e a produção de açúcar, pertence ao Groupe Sucres & Denrées da França; Artur Yabe Milanez, Gerente do Departamento de Biocombustíveis do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); Dr. Julio Garcia, pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), na área de fitotecnia e fertilidade do solo; e Sr. Fernando Degobbi, Gerente de Marketing da Concessionária Valtra da Cooperativa dos Cafeicultores e Citricultores de São Paulo (COOPERCITRUS).

No processo de coleta de dados foi utilizada a amostragem não probabilística intencional. De acordo com Mattar (1996), a amostragem não probabilística é aquela em que a seleção dos elementos da população para compor a amostra depende ao menos em parte do julgamento do pesquisador ou do entrevistador no campo. O autor também menciona que a suposição básica da amostra intencional consiste, com um bom julgamento e uma estratégia adequada, na possibilidade de escolher os casos a serem incluídos e, assim, chegar a amostras que sejam satisfatórias para as necessidades da pesquisa.

### **3.6 Análise de Dados**

Os dados secundários foram validados por meio das entrevistas em profundidade, enquanto a avaliação das informações primárias foi feita por meio da comparação das respostas. O desenho do sistema, a modelação do simulador e a execução das corridas de simulação foram realizadas no programa computacional Excel.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados os elementos teóricos que foram utilizados na condução do objeto de pesquisa. A importância de se realizar uma revisão bibliográfica está no fato de ela oferecer uma gama de fenômenos muito mais ampla, além de ser um suporte fundamental ao estudo. Desse modo, com o propósito de obter através do aporte teórico um importante meio de alcançar os objetivos desse trabalho, no item 4.1 será realizado um estudo sobre Sistemas Agroindustriais, buscando entender como estão estruturadas as operações nas cadeias produtivas, especificamente na cadeia da cana-de-açúcar. No item 4.2, apresentar-se-á uma visão geral sobre Cadeias e Redes, tendo em vista que este trabalho envolve o estudo da interdependência dos atores de um SAG. Também nesse capítulo, no item 4.3, será abordado o Método de Mapeamento e Quantificação, destacando a seqüência metodológica para calcular os fluxos financeiros de um sistema agroindustrial. E, por fim, no item 4.4, será realizada uma revisão teórica sobre Simulação de Cenários.

### 4.1 Sistemas Agroindustriais

O agronegócio engloba [...] a soma de todas as operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agropecuários e itens produzidos a partir deles (DAVIS; GOLDBERG, 1957)

O termo *agribusiness* foi apresentado por John Herbert Davis pela primeira vez na *Boston Conference on Distribution of Agricultural Products*, em outubro de 1955, e teve sua consagração, em 1957, com o livro “*Concept of Agribusiness*”, de autoria de Davis e Ray Allan Goldberg. Segundo estes autores, o agronegócio é um conjunto de relações entre agentes da indústria de insumos, produção agrícola, indústria de alimentos e distribuição, que geram uma nova concepção profissionalizante da produção rural. A visão de Davis e Goldberg (1957), cabe ressaltar, não identifica níveis ou tamanhos de investimento, sendo que o conceito de agronegócio envolve tanto pequena como média produção.

De acordo com Batalha et al. (1997), há semelhanças entre o termo sistema agroindustrial (SAG) e o conceito de *agribusiness*, definido por Davis e Goldberg em 1957, sendo entendido por SAG:

[...] o conjunto de atividades que concorrem para a produção de produtos industriais, desde a produção dos insumos (sementes, adubos, máquinas agrícolas etc.) até a chegada do produto final (queijo, biscoito, massas etc.) ao consumidor. Ele não está associado a nenhuma matéria-prima agropecuária ou produto final específico.

Segundo Porsse (2003), quando o conceito de sistema agroindustrial recebe um caráter sistêmico é possível classificá-lo como complexo agroindustrial, cujo centro formador é a agropecuária. Nesse contexto, Batalha et al. (1997) afirmam que a formação de um complexo agroindustrial exige a participação de um conjunto de cadeias de produção, cada uma delas associada a um produto ou família de produtos.

Batalha e Silva (2001), por sua vez, distinguem os termos “sistema agroalimentar” e “sistema agroindustrial”. Os autores consideram que o sistema agroalimentar envolve todos os agentes relacionados com a produção de alimentos como atividade principal, enquanto o sistema agroindustrial é mais amplo e engloba não só o sistema agroalimentar como também outros segmentos agroindustriais. O sistema agroalimentar, portanto, está incluído no sistema agroindustrial.

No que se refere ao Brasil, Pinazza e Alimandro (1999) consideram o empresário Ney Bittencourt de Araujo o precursor na análise do agronegócio brasileiro. Em 1989, ele publicou o livro *O agribusiness Brasileiro*, constituindo o primeiro estudo da agricultura sob uma ótica sistêmica. Posteriormente, os estudos de sistemas agroindústrias passaram a ser uma ferramenta largamente utilizada pelos acadêmicos e pesquisadores brasileiros. Zylbersztajn (2001) afirma que o enfoque de sistemas agroindustriais tem ampla aplicação tanto no desenho de programas públicos a cargo do Estado quanto na formulação de estratégias corporativas dos agentes privados. Do mesmo modo, Batalha (2001) considera a aplicação desses sistemas de maneira vasta e a divide em dois grupos principais: o primeiro, delimitado dentro dos contornos externos da cadeia produtiva, e o segundo, complementado por Neves (1999), relacionado ao ambiente sociocultural e ao econômico-natural.

Os estudos relacionados ao agronegócio apresentam duas correntes sistêmicas, que desenvolveram diferentes metodologias de análise. A primeira delas é o *Commodities System Approach* (CSA ou Enfoque do Sistema de Commodities), originária dos Estados Unidos, particularmente da escola da Universidade de Harvard, e a segunda, a Análise de *Filières*, produto da escola francesa (2001).

a) Enfoque do Sistema de Commodities

O conceito de *agribusiness*, segundo Zylbersztajn (2001), nasceu a partir do trabalho inicial de Davis e Goldberg, em 1957, no entanto, foi o estudo de Goldberg, de 1968, intitulado *Agribusiness coordination: a systems approach to the wheat soybean and Florida orange economics*, o qual gerou o *Commodities System Approach* (CSA), que teve grande impacto no campo empresarial e acadêmico. Apesar de a base teórica de 1957 ser derivada da teoria neoclássica da produção, em especial do conceito da matriz insumo-produto de Leontieff,<sup>1</sup> o aparato conceitual utilizado desde 1968 decorre da economia industrial analisada pelo paradigma da estrutura-conduta-desempenho (ECD).<sup>2</sup>

Visto como um sistema complexo, Goldberg (1968) redefine o conceito do trabalho publicado em 1957 da seguinte maneira:

Um sistema de commodities engloba todos os atores envolvidos com a produção, processamento e distribuição de um produto. Tal sistema inclui o mercado de insumos agrícolas, a produção agrícola, operações de estocagem, processamento, atacado e varejo, demarcando um fluxo que vai dos insumos até o consumidor final. O conceito engloba todas as instituições que afetam a coordenação dos estágios sucessivos do fluxo de produtos, tais como as instituições governamentais, mercados futuros e associações de comércio.

---

<sup>1</sup> A matriz insumo-produto, formulada por Wassily Leontief, professor da Universidade de Harvard, implica na desagregação por tipo de atividade dos grandes setores econômicos, a partir de um sistema convencional de contas nacionais. Uma das vantagens do modelo é a de revelar a interdependência setorial.

<sup>2</sup> Sobre esse ponto, Azevedo (2003) destaca que o modelo ECD, atribuído a Edward Mason, considera que, dadas algumas condições básicas de oferta (localização, tecnologia, sindicalização etc.) e também de demanda (elasticidade-preço, bens substitutos, sazonalidade etc.), é possível caracterizar a estrutura de mercado. Esta estrutura define a conduta das empresas e resulta em um determinado desempenho desse mercado.

Zilbersztajn (2001), a propósito, destaca alguns aspectos importantes sobre o estudo de Goldberg (1968):

- É focalizado no sistema de um único produto, o que passou a caracterizar o enfoque de sistemas de *agribusiness*;
- Define o *locus* geográfico, o que mostra outras características de delimitação do campo analítico;
- Trabalha explicitamente o conceito de coordenação, provendo importantes espaços para a análise institucional;
- O autor reforça as características diferenciais dos sistemas de *agribusiness*, colocando enorme importância nos fatores que influenciam as flutuações de renda agrícola.

O trabalho de Goldberg (1968) teve o mérito de levar a análise para fora da fazenda e tratar o agronegócio como um sistema integrado, com transformações freqüentes pela influência dos ambientes econômicos e institucionais. Segundo Silva (1991), o conceito de *agribusiness* coloca a produção agrícola além dos vínculos intersetoriais e enfatiza sua importância como parte de um sistema de *commodities*, vinculado aos grandes negócios internacionais.

#### b) Enfoque de Cadeia (*filière*) Agroalimentar

A análise de *filière* foi desenvolvida pela escola industrial francesa, em 1960, e estuda a seqüência de atividades que transforma uma *commodity* em um produto pronto para o consumidor final. O conceito de *filières* ou cadeias centra-se nos aspectos distributivos do produto industrial, sem privilegiar a variável preço no processo de coordenação do sistema. Morvan (1988) define a *filière* ou cadeia como:

[...] uma seqüência de operações que conduzem à produção de bens. Sua articulação é amplamente influenciada pela fronteira de possibilidades dadas pela tecnologia e é definida pelas estratégias dos agentes que buscam maximização dos seus lucros. As relações entre os agentes são de interdependência ou complementariedade e são

determinadas por forças hierárquicas. Em diferentes níveis de análise a cadeia é um sistema, mais ou menos capaz de assegurar sua própria transformação.

Segundo Lauret (1983), a *filière* é uma abstração, isto é, uma representação das empresas, canais e circuitos situados em um determinado espaço da sociedade que visam a mensuração, compreensão e explicação da estrutura e funcionamento de um dado setor. Retornando a Morvan (1988), este autor resume a visão de cadeia de produção ligada a três elementos assim:

- Uma sucessão de operações de transformações dissociáveis, capazes de ser separadas e ligadas entre si por encadeamentos de técnicas e tecnologias conhecidas em um momento determinado;
- Um conjunto de relações comerciais e financeiras estabelecidas entre os estágios de transformação, ou seja, um fluxo de troca, situado a montante e a jusante, entre fornecedores e clientes;
- Um conjunto de ações econômicas que presidem a valoração dos meios de produção e asseguram a articulação das operações.

De acordo com Batalha e Silva (2001), a cadeia de produção pode ser dividida, de jusante a montante, em três macro-segmentos. Esta divisão muda em função do tipo de produto ou objetivo da análise. Os segmentos definidos pelos autores são:

- Comercialização: são as empresas que estão em contato com o cliente final da cadeia de produção e que viabilizam o consumo e o comércio dos produtos finais.
- Industrialização: firmas responsáveis pela transformação das matérias-primas em produtos finais destinados ao consumidor. Estas firmas podem ser unidades agroindustriais ou familiares.



- Produção de matérias-primas: firmas que fornecem as matérias-primas iniciais para outras empresas no processo de produção final.

Malassis (1973), por sua vez, considera além dos três segmentos citados por Batalha e Silva (2001), o subsetor de fornecimento para agricultura, ou seja, as empresas de serviços e meios de produção como, por exemplo, fertilizantes, assistência técnica, máquinas agrícolas, entre outros. O conjunto desses quatro subsetores e suas inter-relações foi denominado pelo autor como setor agroalimentar. Malassis também destacou a importância de se analisar os fluxos e encadeamento por produto dentro de cada um desses subsetores.

Segundo Zylbersztajn (2001), a propósito, o enfoque de sistema de commodities e o enfoque de cadeia apresentam semelhanças. As razões dessas semelhanças são:

- Ambos focalizam o processo produtivo enquanto uma seqüência dependente de operações e têm caráter descritivo.
- Os dois modelos partem da análise da matriz insumo-produto; entretanto, as cadeias enfatizam a hierarquização e o poder de mercado.
- A tecnologia, como variável, recebe tratamento especial, mais diferenciado nos dois enfoques.
- Ambos os enfoques tratam de estratégia, sendo que a literatura de cadeias é mais voltada para ações governamentais e no enfoque de CSA é predominantemente focalizado nas estratégias de agentes privados.
- A integração vertical é importante nos dois modelos para explicar o mecanismo de coordenação sistêmica, mas em nenhum deles se apresenta e se explica o nível ou forma de coordenação.

Assim, as principais diferenças entre os enfoques são: i) a importância do consumidor final como agente dinamizador da cadeia. Enquanto a análise de cadeia parte do mercado final à matéria-prima, o enfoque de sistemas tem como ponto de partida a matéria-prima; ii) o

enfoque CSA ressalta a importância do ambiente institucional e das organizações de suporte ao passo que a análise de cadeia está mais centrada nos agentes numa estrutura vertical.

## 4.2 Cadeias e Redes

Apesar de serem termos com significados diferentes, “redes” e “cadeias” são usados indistintamente. O termo “cadeia” é usado frequentemente para denominar abreviadamente o termo “cadeias de suprimento”, tradução portuguesa de *supply chain*. Monczka, Trent e Handfield (2002 apud CONSOLI, 2009) conceituam a cadeia de suprimento da seguinte forma:

[...] envolve todas as atividades associadas com o fluxo de transformação de produtos e informações desde o estágio de matérias-primas (extração) até o usuário final. [...] A cadeia de suprimentos inclui os sistemas de gestão, transporte, armazenamento e serviços ao usuário. As cadeias de suprimentos são essencialmente uma série relacionada de fornecedores e usuários; cada usuário é fornecedor da organização a jusante até o produtor alcançar o usuário final.

Desde a sua introdução a partir da década de 1980 nos Estados Unidos, a gestão de cadeia de suprimentos tornou-se um conceito muito comum nas áreas de negócios (CHEN; PAULRAJ, 2004). Todos os periódicos relacionados à manufatura, distribuição, marketing, gestão de clientes, logística e transportes têm publicado materiais sobre *supply chain management* e temas correlatos (ROSS, 1998 apud GRIPSRUD; JAHRE; PERSSON, 2006, p.645).

No que se refere à rede, Omta (2004) define uma rede (*network*) como o conjunto de todos os atores dentro de um setor industrial ou entre setores industriais relacionados que cooperam para adicionar valor ao cliente. Este conceito considera as relações interativas que vinculam empresas individuais em estruturas passíveis de serem analisadas em um enfoque de redes. A análise de redes estuda as características e a organização de redes formais e informais. Nesse sentido, tanto a cadeia de suprimentos quanto às redes são conjuntos de organizações que mantêm conexões. Enquanto a cadeia de suprimentos está focada na ordem seqüencial de

transações, os estudos de redes estão voltados às propriedades específicas dessas transações (OMTA et al., 2001).

De acordo com Mills, Schmitz e Frizelle (2004), a introdução do termo “redes” nos estudos das cadeias de suprimento geraram o termo “redes de fornecimento”, devido ao fato de as empresas estarem geralmente relacionada com várias cadeias de suprimentos. Os autores, desse modo, destacam a importância estratégica de avaliar as relações na rede, as quais abarcam aspectos de coordenação, poder entre agentes e posicionamento.

Já Lazzarini, Chaddad e Cook (2001) agregam as análises de cadeia de suprimentos e *networks* em um novo conceito denominado *netchain*. Os autores definem a *netchain* como:

[...] um conjunto de redes composto de interdependências horizontais entre empresas dentro de uma determinada indústria ou grupo, de modo que estas redes (ou camadas) são sequencialmente organizadas com base no vínculo vertical das diferentes camadas. A análise das *netchains* diferencia explicitamente entre interdependências horizontais (operações na mesma camada), interdependências verticais (operações entre as camadas) e o mapeamento de como estão relacionados os agentes no interior das camadas com outras camadas.

A análise de *netchain* considera os três tipos de interdependências da cooperação interorganizacional: a interdependência combinada (chamada de *pooled*), interdependência sequencial e interdependência recíproca. Cada interdependência apresenta diferentes tipos de coordenação, apresentada por Consoli (2009) como:

- Interdependência combinada: é uma forma mais simples e ocorre quando cada indivíduo em um grupo realiza uma contribuição discreta e bem definida para uma determinada tarefa. A interdependência combinada entre duas atividades significa que elas estão relacionadas a uma terceira ou compartilham um recurso comum e são dependentes apenas indiretamente.
- Interdependência sequencial: refere-se a uma seqüência estruturada de tarefas, em que o resultado ou produto de uma atividade ou empresa é insumo para a outra jusante. Na

cadeia de suprimentos, podem-se obter economias de integração com exploração desse tipo de dependência e a coordenação dessas atividades pode reduzir custos e melhorar serviços para agentes na rede.

- Interdependência recíproca: é a forma mais complexa, pois envolve relacionamento contínuo e simultâneo entre as partes em que o insumo de um determinado agente é dependente do outro e vice-versa. Isso ocorre quando duas atividades relacionadas precisam ser alteradas ao mesmo tempo de modo a funcionarem umas em relação às outras.

As possibilidades de gerar vantagens a partir da cooperação entre os membros de uma rede têm sido foco de vários estudos acadêmicos. Hardman, Darroch e Ortmann (2002), por exemplo, analisaram as possibilidades de aumentar a competitividade da cadeia da maçã na África do Sul. Da mesma forma, D'Haese et al. (2007) e Carbone, Galli e Sorrentino (2009), baseados no enfoque de *netchain*, estudaram o potencial vitivinícola da região de Lazio e dos produtores da África do Sul, respectivamente.

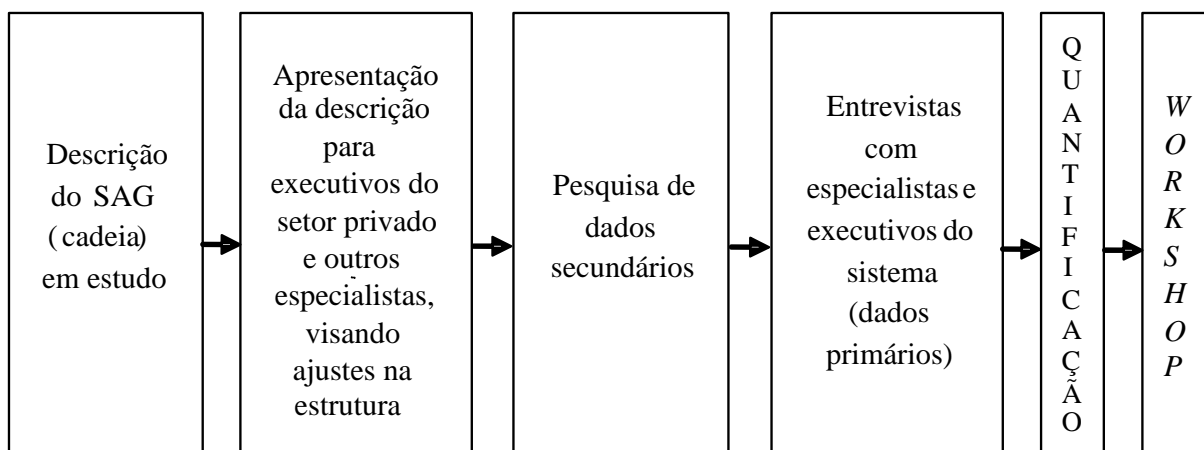
### **4.3 Mapeamento e Quantificação de Sistemas Agroindustriais**

A metodologia de mapeamento e quantificação utilizada nesta pesquisa foi desenvolvida e aplicada por Neves, Val e Marino (2001) e apresentada por Neves et al. (2004) no 33º congresso do EMAC (*European Marketing Academy*), em 2004. O referido método já foi aplicado no Brasil às cadeias produtivas da laranja (LOPES, 2004), trigo (ROSSI, 2005), leite (CAMPOS, 2007) e citricultura (NEVES et al., 2010), foi aplicado, ainda, no Uruguai, no SAG do leite (FORTUNATO et al., 2011).

O mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais é parte de um método maior, denominado GESis – Método para o Planejamento e Gestão Estratégica de Sistemas Agroindustriais (NEVES, 2008). Esse método está focado no conhecimento da descrição dos diferentes setores do SAG e na estimativa dos fluxos financeiros como base para formular estratégias e projetos relevantes ao desenvolvimento competitivo.

A seqüência de passos da metodologia proposta por Neves (2008) é resumida em seis etapas, referidas a seguir e mostradas na Figura 1:

- 1º Etapa: Descrição do sistema (desenho);
- 2º Etapa: Apresentação da descrição para executivos e outros especialistas. Devem ser utilizadas entrevistas em profundidade;
- 3º Etapa: Pesquisa em fontes governamentais, senso em órgão de pesquisas, associações e outras fontes de dados secundários;
- 4º Etapa: Entrevistas com representantes das organizações envolvidas (dados primários) buscando levantar o montante financeiro vendido pelas empresas do setor;
- 5º Etapa: Quantificação;
- 6º Etapa: Validação dos resultados por meio de *workshop*.

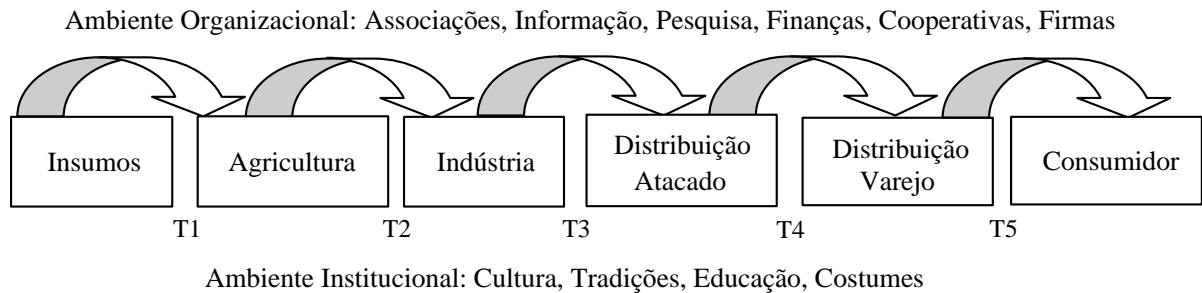


Fonte: Neves, Zuubier e Campomar (2001 apud NEVES, 2008)

Figura 1: Seqüência de etapas utilizadas para caracterizar e quantificar sistemas agroindustriais

A primeira etapa, desse modo, consiste em elaborar um desenho preliminar da cadeia, baseada em uma revisão bibliográfica e na experiência dos pesquisadores. Também é necessário delimitar quais segmentos serão estudados, mantendo o foco no eixo central do sistema e no

objetivo da pesquisa. O desenho estará baseado na estrutura proposta por Zylbersztajn (2001), contida na Figura 2:



Fonte: Zylberztajn (2001)

Figura 2: Sistema de *agribusiness* e transações típicas

Após a elaboração da ilustração e a definição das limitações do estudo, na segunda etapa, submete-se o “desenho” a especialistas do setor, os quais deverão fazer os ajustes até que se obtenha uma estrutura simples e idêntica à realidade atual do sistema.

A terceira etapa consiste na pesquisa de dados secundários, que, segundo Malhotra (2001), são dados coletados em função do problema em pauta. São consultadas fontes tais como: publicações em geral, jornais e revistas; publicações governamentais, anuários estatísticos, censos agropecuários, demográficos, de serviços e industrial, prognósticos agrícolas, fontes do governo que não são publicadas por instituições; publicações de instituições não governamentais, como associações, federações, centros de estudo e fundações e cooperativas; dados sobre veículos de comunicação. Nesse ponto, é muito importante o pesquisador ponderar e delinear o objetivo geral da pesquisa, para não capturar dados desnecessários ao objeto em estudo. A escolha dos documentos, o acesso a eles e as suas análises são aspectos que devem merecer atenção especial por parte do investigador (GODOY, 1995).

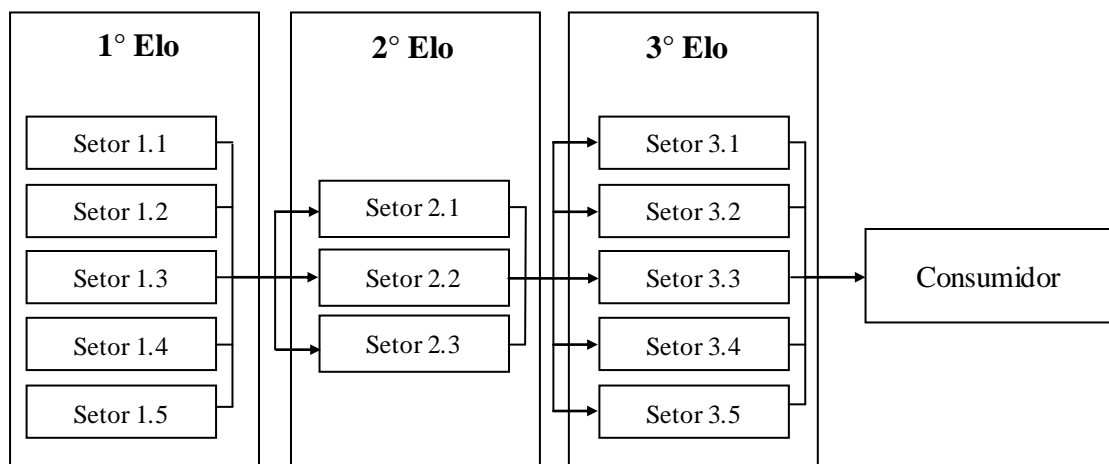
Na quarta etapa, após a coleta de dados secundários disponíveis, é realizada a coleta de dados primários, que consiste na coleta de dados pelo pesquisador para uma finalidade específica a fim de solucionar o problema em pauta (MALHOTRA, 2001). O meio básico para coletar dados primários, no âmbito do mapeamento e quantificação de SAGs, é o método de comunicação, isto é, através de declarações verbais ou escritas de especialistas, registradas a partir da aplicação de questionários (MATTAR, 1993). Assim, são utilizadas entrevistas em profundidade com representante de diversas organizações que atuam no setor.

A entrevista em profundidade é uma entrevista não estruturada, direta, pessoal em que o respondente é testado por um entrevistador capacitado que busca descobrir dados subjacentes sobre um tópico (MALHOTRA, 2001).

Primeiramente, para a seleção de entrevistas, são identificados quais os dados ainda não foram colhidos por meio de pesquisa secundária. Depois dessa primeira avaliação, são selecionados os executivos e especialistas a serem entrevistados. Para tais entrevistas, os agentes devem possuir, como já destacado, as seguintes características: ter acesso às informações e dados do setor em estudo; possuir conhecimentos do sistema proveniente de suas experiências profissionais; estar disposto a colaborar com a pesquisa; e fornecer um “canal” aberto de comunicação para futuros contatos, além de indicar possíveis agentes para contribuir com dados não disponíveis.

As informações obtidas nas entrevistas devem ser contrastadas e adicionadas aos conhecimentos levantados na revisão bibliográfica com o intuito de se obter o desenho simplificado do SAG em estudo. Assim, os diferentes setores pertencentes aos elos do sistema serão agrupadas e alocadas em uma estrutura de “caixas”, conforme a Figura 3.

A Figura 3 abaixo mostra, estruturalmente, um exemplo hipotético de sistema com três níveis básicos de processamento e distribuição até a chegada do produto elaborado ao consumidor final.

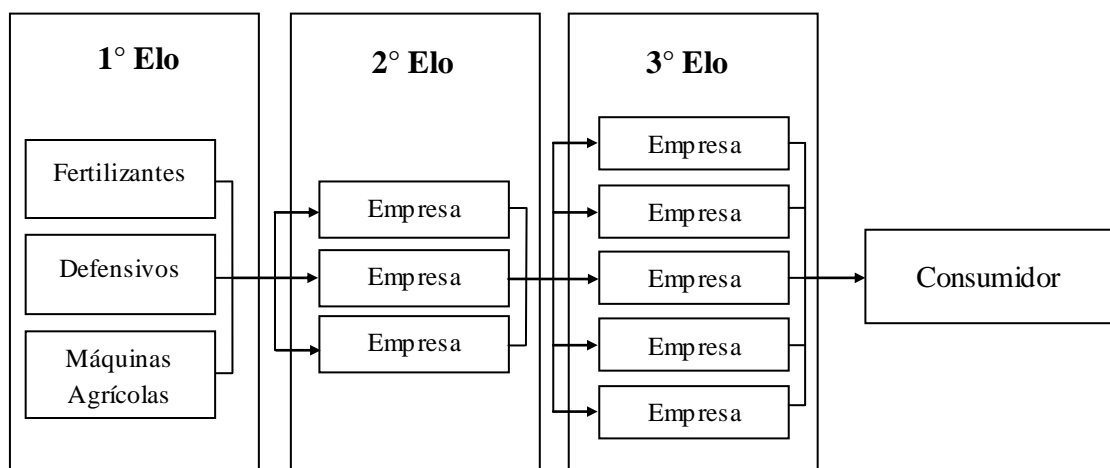


Fonte: Neves et al. (2004)

Figura 3: Exemplo hipotético de sistema agroindustrial

Como se vê, cada conjunto de setores atua dentro de um mesmo elo, integrante do sistema. As empresas identificadas na figura acima com os números 1.1 até 1.5, por exemplo, poderiam ser fornecedores de insumos para a agricultura, conforme o modelo da pesquisa proposto por Zybersztajn (2001). Como alternativa, cada setor poderia ser dividido em diversos subsetores, conformados por empresas especializadas no fornecimento de produtos ou serviços específicos como defensivos agrícolas, sementes, máquinas e implementos agrícolas, entre outros.

Com base na figura anterior, a Figura 4 apresenta a identificação dos setores do elo de insumos agrícolas:

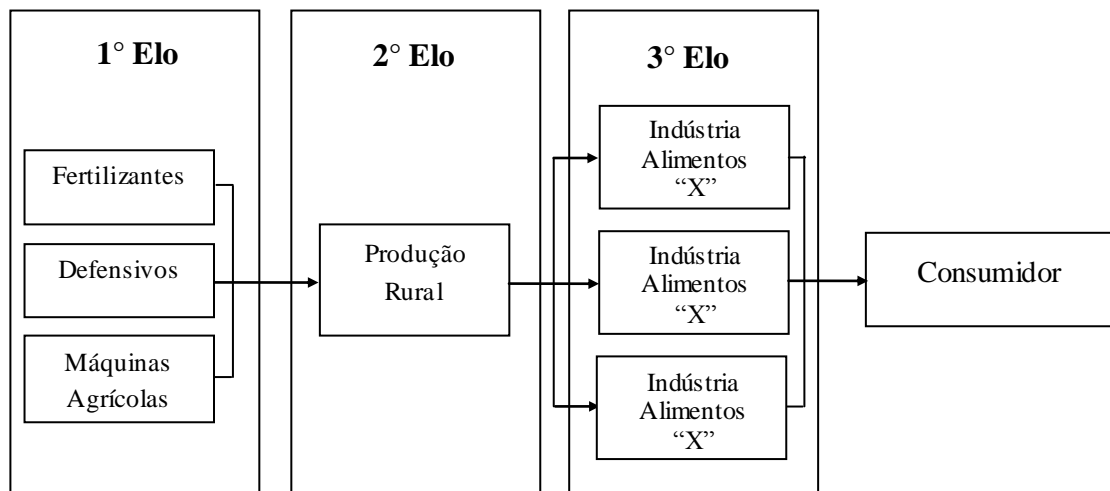


Fonte: Neves et al. (2004)

Figura 4: Exemplo hipotético de sistema agroindustrial

Nesta figura, a “caixa” Fertilizantes Agrícolas representa o conjunto de empresas fornecedoras de fertilizantes agrícolas para o SAG em estudo. Esse mesmo procedimento pode ser repetido para os outros elos do sistema. Assim, considerando o 2º Elo, da produção rural, e o 3º Elo, da indústria de alimentos, o desenho poderia ser simplificado de acordo a Figura 5:





Fonte: Neves et al. (2004)

Figura 5: Exemplo hipotético (simplificado) de sistema agroindustrial

Como resultados das primeiras etapas dessa metodologia tem-se, portanto, um desenho completo, contudo, estruturado de maneira simplificada, assim como o exemplo anterior (figura 5). Assim, o processo de quantificação de cada “caixa” da estrutura montada anteriormente se torna possível através das informações coletadas nessas primeiras etapas. A informação básica para quantificar os diferentes elos do sistema é o faturamento de cada setor analisado em determinado ano focado.

A quantificação a ser realizada na quinta etapa consiste em determinar o faturamento por meio do preço de venda. Para tanto, delimita-se o período da avaliação (no presente trabalho foi levantado o faturamento de 2008) e a moeda (aqui se utilizou o dólar dos Estados Unidos). Os dados primários e os secundários serão contrastados e o faturamento dos subsetores determinado. Quando os dados obtidos se mostrarem insuficientes para a realização de uma boa quantificação, mais informações deverão ser coletadas. Nesta fase de quantificação, é importante o pesquisador dedicar especial atenção para evitar possíveis distorções dos dados obtidos. Desse modo, é fundamental cruzar a informação com outras fontes, caso os números permaneçam distorcidos é oportuno entrevistar os agentes relacionados a tais dados.

De acordo com o método de mapeamento e quantificação de SAGs, na sexta etapa é indicada a realização de um *workshop*. Entretanto, na formulação deste trabalho, os resultados foram fornecidos aos especialistas da União da Indústria de Cana-de-Açúcar em um sumário executivo com os principais dados da cadeia, bem como o seu desenho.

## 4.4 Simulação de cenários

### 4.4.1 Aspectos Gerais: Sistemas e Modelos

Iniciando por Slack et al. (2002), estes autores afirmam que nenhuma operação produtiva existe isoladamente, ou seja, elas fazem parte de uma rede maior, interconectada com outras operações, formando uma rede de relações. O mesmo ocorre com os sistemas agroindustriais, particularmente o SAG da cana-de-açúcar, o qual está composto por um conjunto de elos ou setores que interagem para desenvolver atividades de produção, distribuição e comercialização de etanol, açúcar, bioeletricidade, leveduras e aditivos, entre outros.

Freitas (2001), igualmente, descreve “sistemas” como uma coleção de elementos inter-relacionados que atuam para atingir um objetivo. Esses elementos podem ser pessoas, objetos, máquinas, matérias-primas, os quais executam atividades e constituem-se em processos. O estudo dos sistemas e seus componentes tem sido foco de interesse dos pesquisadores por visar à geração de conhecimento e previsão do comportamento frente a novas condições.

Law e Kelton (1991) distinguem duas formas de estudar um sistema: experimentando o sistema real ou experimentando um modelo desse sistema. Estes autores consideram que, mesmo com as inevitáveis limitações, é mais comum construir um modelo como representação do sistema real e estudá-lo como substituto do que utilizar grandes investimentos e correr o risco de danificar o sistema real.

No que se refere aos modelos, Pidd (1996) define um modelo como sendo “uma representação externa e explícita de uma parte da realidade existente, a qual se deseja entender, mudar, administrar e controlar em alguma ou outra forma”. Segundo Chwif (1999), os modelos para representar os sistemas podem ser classificados em modelos simbólicos (ou icônicos), modelos analíticos e modelos de simulação, ou seja:

- Os modelos simbólicos (ou icônicos) são constituídos de símbolos gráficos (como retângulos utilizados para dar uma noção de seqüência ou outras relações entre entidades). Apesar de ser úteis na descrição do sistema, são fracos para a análise quantitativa.

- Os modelos analíticos basicamente podem ser reduzidos a um conjunto de equações que, ao serem resolvidas, permitem a obtenção da solução esperada. Segundo Harrel e Tumay (1994), são exemplos de modelos analíticos os modelos de programação dinâmica, as cadeias de Markov e os modelos de redes de fila. Embora estes modelos forneçam soluções precisas, se o sistema a ser modelado for extremamente complexo, as soluções podem se tornar complicadas.
- Os modelos de simulação, segundo Law e Kelton (1991) e Kelton, Sadowski e Sadowski (1998), apresentam três dimensões classificatórias:

Modelos estáticos e dinâmicos: Um modelo estático é a representação de um sistema em um tempo particular e pode ser usado para representar um sistema retratado em um dado momento. Já o modelo de simulação dinâmico representa a evolução de um sistema ao longo do tempo.

Modelos contínuos e discretos: Um sistema discreto é aquele cujas variáveis de estado se modificam em instantes pontuais no tempo, a partir da ocorrência de eventos, como é o caso de sistemas de manufatura. O modelo contínuo é utilizado para modelar sistemas cujo estado varia continuamente no tempo, como as variáveis envolvidas em um avião em movimento.

Modelos determinísticos e estocásticos: Se um modelo de simulação não contém qualquer componente probabilístico ele é chamado de determinístico. Neste caso, todas as variáveis são definidas em termos matemáticos, cujos valores podem ser determinados com exatidão. A saída, em modelos determinísticos, é estabelecida uma vez que as configurações de entrada e as relações no modelo foram especificadas, fazendo uso de suposições, porém, evitando expressões probabilísticas. Sobre o modelo estocástico, este é o mais utilizado e normalmente impõe um procedimento de amostragem aleatória, onde é desenvolvida uma aproximação numérica probabilística do problema (BASTOS, 2009).

Uma outra abordagem de distinção, a propósito, trata de simulação matemática *versus* simulação física. A simulação física aborda a experimentação de objetos reais que agem como modelos de representação da realidade, enquanto na simulação matemática as relações de um sistema são expressas em fórmulas matemáticas, podendo ser feita de duas maneiras: por simulação analítica ou por simulação numérica (BERENDS, 1999). Um modelo pode ser definido como uma representação dos elementos que integram um sistema, sendo o modelo considerado uma abstração, que tende a se aproximar do sistema real.

Segundo Vorst (2000), na simulação analítica, o pesquisador é capaz de derivar uma única solução considerada ótima segundo o modelo construído. A formulação numérica utiliza o modelo para avaliar o comportamento dos sistemas e não com a busca da solução ótima.

#### **4.4.2 Simulação de Cenários**

A literatura de simulação de cenários teve início com um artigo publicado no final da década de 1950 por Conway, Johnson e Maxwell, (KNEPELL; ARAGNO, 1993). Sendo os pioneiros na discussão dos conceitos metodológicos, os autores afirmaram que mesmo parecendo a simulação muito difícil e pouco explorada pelo homem, ela esteve presente desde a origem da humanidade, isto é, desde a primeira representação pictórica de um objeto real na parede das cavernas. No mundo moderno, a simulação tem sido um instrumento muito útil à técnica do desenho, sendo usada, entre outros, nos testes de máquinas de guerra, planejamento de construções, formulação de novos químicos (CONWAY; JOHNSON; MAXWELL, 1959). Nas décadas mais atuais, algumas definições sofreram mudanças, contudo, ainda subsiste a concepção original de que a simulação é a versão simplificação do mundo real.

Segue, agora, as versões dos autores mais representativos da simulação de cenários:

Mize e Cox (1968) consideram a simulação como o processo de conduzir experimentos através da experimentação direta com o sistema ou por meio de solução analítica de algum problema associado. Naylor et al. (1971) referem-se à simulação como uma técnica numérica para conduzir experimentos, envolvendo certos tipos de modelos matemáticos e lógicos que descrevem o comportamento do sistema durante períodos extensos do tempo real. Já para Shannon (1977), simulação é o processo de planejar um modelo computadorizado de um

sistema real e conduzir experimentos com esse modelo, visando entender o comportamento do sistema e avaliar estratégias para sua operação.

Pegden et al. (1995), definiu simulação como o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com esse modelo, a fim de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação. Para Fishman (1996), por sua vez, a simulação é um experimento amostral realizado com o uso do computador. Qualquer simulação corresponde a um modelo que envolve valores desconhecidos, os quais podem variar aleatoriamente e pertencem a uma amostra populacional apropriada.

Saindo do aspecto técnico dessas definições e voltando-se um pouco mais para o mundo dos negócios, onde a tomada de decisão é um aspecto extremamente relevante no dia-a-dia das empresas, a simulação oferece um maior conforto aos gestores que podem antever os resultados das suas ações sem comprometer recursos da instituição.

Pidd e Cassel (1998) definem de forma bastante ampla o conceito de simulação e abordam os vários aspectos associados a sua definição, afirmando que:

A simulação permite que se verifique o funcionamento de um sistema real em um ambiente virtual, gerando modelos que se comportem como aquele, considerando a variabilidade dos sistema e demonstrando o que acontecerá na realidade de forma dinâmica. Isto permite que se tenha uma melhor visualização e um melhor entendimento do sistema real, compreendendo as inter-relações existentes no mesmo, evitando assim que se gaste dinheiro, energia e até o moral do pessoal em mudanças que não tragam resultados positivos.

Kelton, Sadowski e Sadowski (1998) formularam uma definição prática:

Simulação é o proceso de projetar e criar um modelo em computador de um sistema ou proposto para o propósito de conducir experimentos numéricos para nos dar uma melhor compreensão do comportamento de um dado sistema dada um série de condiciones.

Slack et al. (2002) indica que a simulação é especialmente útil ao projeto de operações muito complexas, sendo uma das abordagens mais fundamentais para a tomada de decisões, pois possibilitam aos gestores explorar possibilidades por meio de simulações.

De acordo com Reibstein & Chussil (1999), a adoção de técnicas de simulação traz as seguintes vantagens:

- Compressão do tempo: as simulações aceleram o tempo, reduzindo o tempo real dos fenômenos a serem analisados, ou seja, o comportamento de vários anos de um sistema pode ser verificado em segundos;
- Custo reduzido: como a simulação é feita no ambiente computacional, não é necessário construir um sistema fisicamente para verificar seu comportamento;
- Promove a criatividade: em razão da inexistência de riscos, os usuários podem experimentar como será o comportamento do sistema em situações incertas, desagradáveis, inesperadas ou mesmo não-convencionais;
- Permite fazer experiências: o processo de criação e implementação de simulações dá aos tomadores de decisão *insights* práticos. Além dos resultados, o processo de criação e implementação de uma simulação é um treinamento para os administradores;
- Unifica pontos de vista divergentes: Os usuários desenvolvem uma visão comum do sistema em uma linguagem computacional;
- Captura o conhecimento: O processo de simulação captura e codifica o conhecimento acumulado pela organização onde cria e aplica um repositório de informações competitivas;
- É experimental: Embora a simulação não diga aos gerentes o que vai acontecer, ajuda-os a explorar o que pode acontecer de acordo com uma estrutura pré-definida

Sobre as desvantagens do uso da simulação, Oliveira (1988), Pedgen et al. (1995) e Shannon (1992) ressaltam:

- Pelo fato de ser uma técnica experimental, pode dificultar a identificação de relações causa/efeito, especialmente em modelos complexos.
- o resultado da simulação incluirá componentes que podem levar a análises inconclusivas, desde que a maioria dos modelos de simulação tente incorporar alguma variação aleatória do sistema em estudo,.
- A disponibilidade de tempo/recursos geralmente limita as faixas de valores dos parâmetros que podem ser testados, causando possíveis perigos nas extrapolações.
- O desenvolvimento pode ser caro se comparado aos modelos analíticos, principalmente nos casos em que a programação computacional, a calibração e a validação são mais extensivos.
- A análise e a interpretação dos resultados podem ser difíceis, envolvendo testes e conhecimento estatísticos.

#### **4.4.3 Ciclo de vida de um modelo de simulação**

O desenvolvimento de um modelo de simulação, segundo Paul e Balmer (1993), está composto por grandes fases:

- Concepção ou formulação do modelo;

O pesquisador deve entender claramente o sistema a ser simulado e os seus objetivos definidos através da discussão com especialistas. Nesta fase, deve ser decidida a abrangência do modelo e o nível de detalhe. Após estas decisões, o modelo abstrato deve ser representado de acordo com alguma técnica de representação do modelo de simulação, a fim de torná-lo um modelo conceitual que possibilite o entendimento de outras pessoas.

Os dados de entrada também devem ser coletados nesta fase. De acordo com Shannon (1975), há uma constante interação entre a construção do modelo conceitual e a coleta dos dados. No entanto, é importante ressaltar que é o modelo que deve dirigir a coleta de dados e não o contrário (PIDD, 1996).

- Implementação do modelo;

Na segunda fase, o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional através da implementação no computador, com a utilização de uma linguagem de simulação ou de um simulador comercial. Pode-se, ainda, codificar o modelo de simulação em uma linguagem de programação geral, tendo em vista a disponibilidade de tempo e recursos.

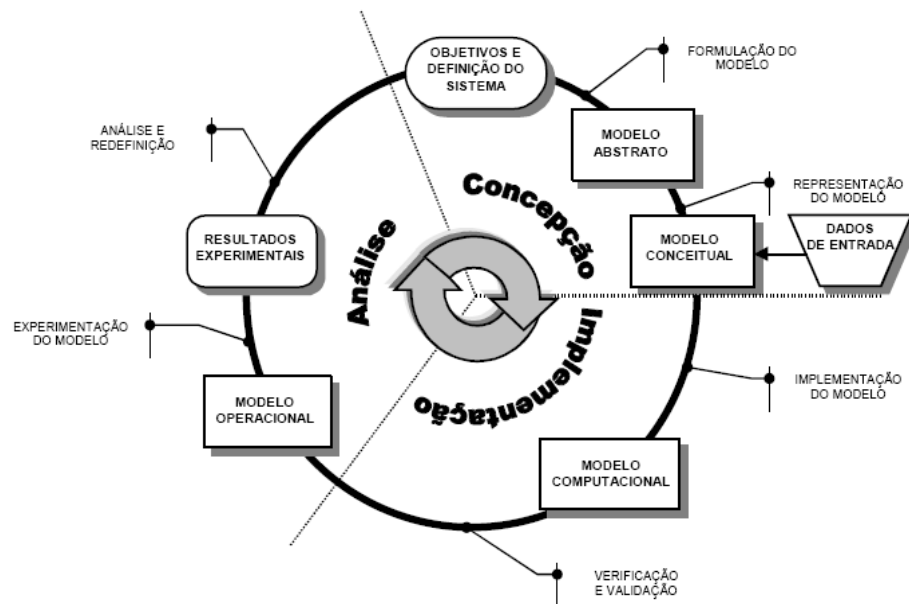
O modelo computacional deve, inclusive, ser verificado comparado o modelo conceitual, a fim de avaliar se está operando de acordo com o pretendido. Alguns resultados devem ser gerados para validar o modelo computacional, observando se o modelo é uma representação precisa da realidade e está dentro dos objetivos da simulação.

- Análise dos resultados do modelo

Na terceira etapa, após a verificação e validação do modelo computacional, este está pronto para a realização dos experimentos, dando origem ao modelo experimental ou, de acordo com Paul e Balmer (1993), ao modelo operacional. Nesse ponto, são efetuadas várias “rodadas” do modelo e os resultados da simulação são analisados, utilizando-se diversas técnicas estatísticas, além dos resultados documentados. A partir desses resultados, as conclusões e recomendações sobre o sistema podem ser geradas. Entretanto, caso o resultado da simulação não seja satisfatório, o modelo pode ser modificado e este ciclo é reiniciado. As fases são mostradas na Figura 6.

Segundo Paul (1992), apesar destas fases estarem ordenadas numa seqüência linear, isto não ocorre exatamente desta forma em um estudo prático de simulação, sendo possível haver várias iterações e realimentações no processo a medida que o entendimento do problema muda. Law e McComas (1990) estimam que em um típico estudo de simulação cerca de 30% a 40% deste ciclo seja atribuído à implementação.





Fonte: Chwif (1999)

Figura 6: Ciclo de vida de um modelo de simulação

#### 4.4.4 Simulação aplicada ao SAG da cana-de-açúcar

Trabalhos que utilizam simulação para analisar o setor sucroenergético brasileiro podem ser encontrados a partir do final da década de 1980. Entre esses trabalhos estão o de Yoshizaki (1989) que utilizou a simulação discreta para analisar o desempenho do sistema de recepção de cana de uma usina. Hahn (1995) modelou o sistema de transporte da cana em usinas de açúcar e álcool visando determinar o número de caminhões, carregadoras, colhedoras e tratores necessários em um dado dia. Yamada (1999) utilizou redes Petri atemporizadas para modelar todas as etapas de produção de açúcar e álcool, buscando validar a utilização desta técnica tanto nas etapas discretas quanto nas etapas contínuas desse processo produtivo.

Barata (1992) apresentou um modelo de otimização para o planejamento agregado da produção de usinas de açúcar e álcool baseado na programação linear. Grisotto (1995) formulou um modelo de otimização para o carregamento, transporte e descarregamento de cana-de-açúcar em usinas produtoras de açúcar e álcool. Colin et al. (1999) apresentaram um modelo de programação linear para otimização do sistema logístico de distribuição e armazenamento de açúcar. Iannoni e Morabito (2006) utilizaram simulação discreta para estudar o sistema de recepção de cana de uma usina.

Kawamura et al. (2006) apresentaram um modelo de programação linear para tratar das decisões de produção, transporte e estocagem dos produtos de uma cooperativa de comercialização de açúcar e álcool. Silva (2006) desenvolveu um modelo de simulação como ferramenta para o planejamento da frota de máquinas e veículos de uma usina. Zaccaria (2009) analisou a viabilidade técnica da simulação para aumentar a eficiência de entrega de cana-de-açúcar oriunda da colheita mecanizada.

É possível destacar, da mesma forma, pesquisas em outros países produtores. Na Austrália, por exemplo, Whan et al. (1976) desenvolveram um modelo de otimização do retorno financeiro em função da composição de variedades de cana. Abel et al. (1981) formularam um modelo de programação de colheita de cana utilizando transporte ferroviário. Higgins et al. (2004) aplicaram um modelo de programação matemática para a da programação da colheita ao longo da safra.

Na Índia, Mathew e Rajendran (1993) utilizaram simulação para analisar a programação das atividades de manutenção de uma usina açucareira. Na Colômbia, Cock et al. (2000) formularam uma metodologia para a escolha de variedade de cana por meio da análise do custo total de processamento das variedades. Em Cuba, Milan et al. (2006) empregaram programação linear para analisar o transporte da cana do campo até as usinas.

De um modo geral, partindo da análise das publicações sejam nacionais ou estrangeiras, pode-se concluir que todas as pesquisas foram focadas em modelar operações técnico-econômicas voltadas para a área agrícola e industrial, sem abordar os fluxos financeiros da cadeia produtiva como sistema integral.

## **5 RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentados os resultados com base nos objetivos específicos da pesquisa: mapeamento, quantificação e simulação de cenários do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar.

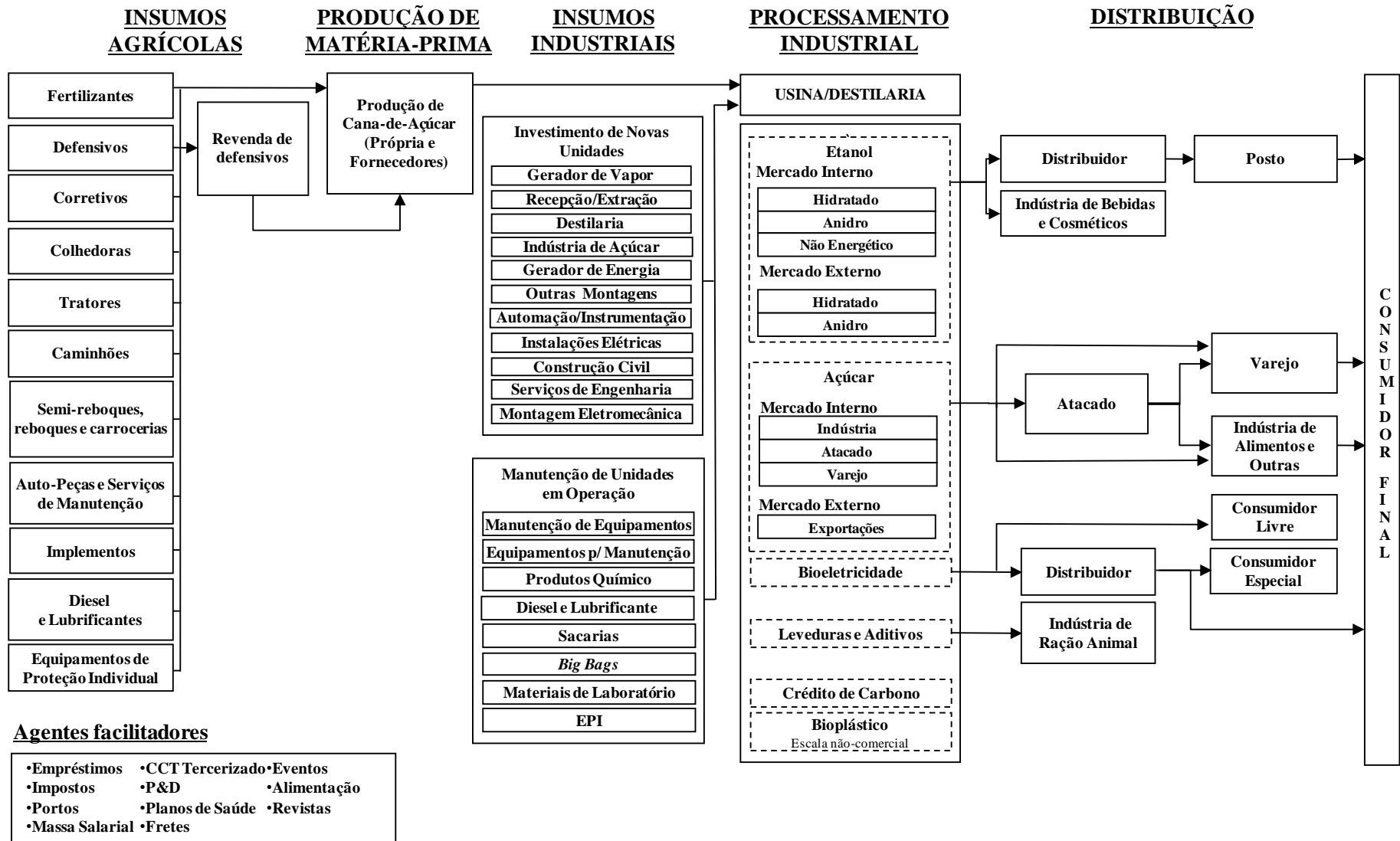
### **5.1 Mapeamento do SAG da cana-de-açúcar**

#### **5.1.1 Desenho do sistema agroindustrial**

Neves et al. (1998a) formularam um desenho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar visando analisar as relações entre as empresas fornecedoras de insumos, os produtores e as unidades de processamento. Nesse mesmo ano, Neves et al. (1998b) apresentaram uma pesquisa sobre as transações entre as unidades de processamento e as empresas de alimentos no setor. Partindo desses trabalhos e das entrevistas realizadas com especialistas e participantes do SAG, foi elaborado o desenho mostrado na Figura 7, o qual constitui a estrutura do modelo de simulação.

De jusante a montante, o SAG está composto pelo elo de insumos agrícolas, necessários à produção de matéria-prima, pelos setores do elo de produção agrícola, geradora da cana-de-açúcar. Seguem os setores que integram o elo de insumos industriais, adquiridos pelas unidades de processamento (usinas e de destilarias) para a transformação da cana. Posteriormente, podem ser identificados os primeiros produtos finais (etanol, açúcar, biotricidade, leveduras e aditivos, entre outros) que são dirigidos ao elo de distribuição com a finalidade de ser adquiridos pelo consumidores finais.

Além dos setores diretamente envolvidos na geração de matéria prima e produtos finais, também foram identificados os agentes facilitadores do sistema – considerados pelo método de mapeamento e quantificação como setores que não compram nem vendem, mas prestam serviços que servem de suporte ao funcionamento do SAG (NEVES et al, 1998a).



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves et al.(1998a), Neves et al. (1998b) e entrevistas  
 Figura 7: Sistema Agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil

### 5.1.2 Identificação de variáveis

Após a definição do desenho do SAG cana e buscando quantificar o valor das movimentações financeiras, foram identificadas as variáveis de cada setor envolvido. As unidades de medida de cada uma delas também foram determinadas visando a coleta de valores numéricos na etapa de quantificação. De acordo com o mencionado na seção delimitação do objeto de estudo, apresentada no capítulo anterior, devido à abrangência do SAG da cana-de-açúcar, a identificação de variáveis e o levantamento de informação para modelo de simulação abarcou unicamente os quatro primeiros elos do sistema agroindustrial, ou seja, os elos de insumos agrícolas, produção de matéria-prima, insumos industriais e processamento industrial. No modelo não foram considerados o elo de distribuição nem os agentes facilitadores do SAG.

#### Elo de insumos agrícolas

No Brasil, o ciclo completo da cana-de-açúcar é geralmente de seis anos. Durante esse período, ocorrem cinco cortes, quatro tratos culturais e uma reforma do canavial. Segundo Marques (2009), o processo produtivo, demandante de insumos agrícolas, está estruturado em quatro grandes etapas: preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita. No preparo do solo as operações não apresentam um padrão definido devido a fatores como condições do terreno, tipo de solo, regime de chuvas, disponibilidade de máquinas e implementos, declividade, suscetibilidade a erosão e, principalmente, à situação da área, ou seja, se são áreas de expansão ou renovação do canavial. Em geral, as operações mais usuais nesta etapa são: aração, calagem, confecção de terraços, dessecação de plantio, gessagem, gradagem niveladora, manutenção de estradas e carreadores, sistematização do terreno e subsolagem. Todas essas operações demandam o uso de maquinaria, corretivos e defensivos (dessecantes).

No caso do plantio de cana-de-açúcar, ele é realizado em diferentes épocas do ano, em função da localização geográfica das fazendas e especialmente por influência de fatores climáticos. Na região Centro-Sul, o plantio é realizado nos meses de janeiro a maio, sendo caracterizado como plantação de 18 meses ou “cana-de-ano-e-meio”. A região Nordeste é caracterizada pelo plantio de 12 meses ou “cana-de-ano”, efetuado nos meses de setembro e outubro. Esta etapa requer, principalmente, do uso de maquinaria.

Já os tratamentos culturais têm como finalidade proporcionar melhores condições para o desenvolvimento da cultura, tanto cana-planta como cana soqueira. Dentre algumas técnicas podem ser citadas: adubações, aplicação de defensivos químicos, irrigação, aplicação de corretivos (como calcário e gesso), entre outros.

Finalmente, a colheita da cana-de-açúcar ocorre em períodos diferentes. No caso do Centro-Sul, o processo inicia-se, em maio, prolongando-se até o mês de novembro, fazendo com que a safra se encaixe no ano civil. Na região Nordeste, com uma participação mínima de cana em relação ao total nacional, a colheita é iniciada no mês de setembro e vai até março, atravessando o ano civil. Segundo a CONAB (2009), o volume de cana produzida por essas regiões, em 2008, esteve distribuído, respectivamente, em 82% e 18%.

Segundo Ripoli (2008), existem três tipos de sistemas de colheita de cana-açúcar: o sistema manual, atualmente proibido pelas recentes leis trabalhistas; o sistema semi-mecanizado, com tendência a diminuir pela adesão das usinas ao Protocolo Agroambiental; e o sistema mecanizado, no qual a matéria prima é cortada, carregada e transportada por máquinas (colhedora, caminhões, reboques, semi-reboques e carrocerias), sem utilização direta de mão-de-obra. Conforme dados da UNICA (2010), nas áreas das unidades processadoras de açúcar e etanol, a mecanização atingiu, em média, 60% da área colhida na safra 2008/2009 e deverá atingir 100% da área mecanizável em 2014.

Depois de revisadas as diferentes etapas do processo de produção de matéria-prima, apresentadas acima, foram definidos os setores dos diferentes insumos agrícolas demandados pelos produtores. Também foram listadas, com a finalidade de manter o agrupamento por elo, as variáveis relacionadas à distribuição da área plantada com cana, variáveis estas que direcionam o comportamento no uso dos insumos agrícolas. Posteriormente essa análise foi acrescida com a revisão de publicações setoriais e entrevistas aplicadas a participantes e especialistas do SAG, resultando nas variáveis apresentadas no Quadro 2.

<b>SETOR</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>
• DISTRIBUIÇÃO DE ÁREA PLANTADA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área colhida com cana-de-açúcar (ou área em produção)</li> <li>- Área de cana-de-açúcar em renovação</li> <li>- Área de cana-de-açúcar em expansão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ha</li> <li>- Ha</li> <li>- Ha</li> </ul>

• FERTILIZANTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume de fertilizante utilizado na produção de cana-planta</li> <li>- Volume de fertilizante utilizado na produção de cana soqueira</li> <li>- Preço médio de fertilizante cana-planta</li> <li>- Preço médio de fertilizante cana soqueira</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- t/ha</li> <li>- t/ha</li> <li>- R\$/t</li> <li>- R\$/t</li> </ul>
• CORRETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume de calcário utilizado na produção de cana-planta</li> <li>- Volume de calcário utilizado na produção de cana-soqueira</li> <li>- Preço médio de calcário cana-planta e cana soqueira</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- t/ha</li> <li>- t/ha</li> <li>- R\$/t</li> </ul>
• DEFENSIVOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dessecantes: volume utilizado no pré-plantio</li> <li>- Herbicidas: volume utilizado na produção de cana-planta</li> <li>- Herbicidas: volume utilizado na produção de cana soqueira</li> <li>- Herbicidas: volume utilizado na aplicação de capina química</li> <li>- Inseticidas: volume utilizado na produção de cana (planta)</li> <li>- Nematicidas: volume utilizado na produção de cana (planta)</li> <li>- Preço médio de dessecantes utilizados no pré-plantio</li> <li>- Preço médio de herbicidas utilizados na cana-planta</li> <li>- Preço médio de herbicidas utilizados na cana soqueira</li> <li>- Preço médio de herbicidas utilizados na capina química</li> <li>- Preço médio de inseticidas utilizados na cana (planta)</li> <li>- Preço médio de nematicidas utilizados na cana (planta)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- kg/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- R\$/l</li> <li>- R\$/l</li> <li>- R\$/l</li> <li>- R\$/l</li> <li>- R\$/kg</li> <li>- R\$/l</li> </ul>
• COLHEDORAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colhedoras: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Colhedoras: preço médio de unidades adquiridas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> <li>- R\$</li> </ul>
• TRATORES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratores 50 a 99 cv: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Tratores 100 a 199 cv: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Tratores acima de 200 cv: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Preço médio de tratores (50 a 99 cv) adquiridos pelo setor</li> <li>- Preço médio de tratores (100 a 199) adquiridos pelo setor</li> <li>- Preço médio de tratores (acima de 200 cv) adquiridos pelo setor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- R\$</li> <li>- R\$</li> <li>- R\$</li> </ul>
• CAMINHÕES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caminhões: unidades a cada 1000 has</li> <li>- Idade média dos caminhões utilizados pelo setor</li> <li>- Preço médio dos caminhões utilizados pelo setor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> <li>- Anos</li> <li>- R\$</li> </ul>
• SEMI-REBOQUES, REBOQUES E CARROCERIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semi-reboques e reboques 3 eixos: novas unidades adquiridas</li> <li>- Reboques 2 eixos: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Reboques 4 eixos: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Carrocerias: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Preço médio de semi-reboques e reboques adquiridos (3 eixos)</li> <li>- Preço médio de reboques adquiridos (2 eixos)</li> <li>- Preço médio de reboques adquiridos (4 eixos)</li> <li>- Preço médio de carrocerias adquiridas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- R\$</li> <li>- R\$</li> <li>- R\$</li> <li>- R\$</li> </ul>
• AUTO-PEÇAS E SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantidade média de máquinas e equipamentos por usina</li> <li>- Custo médio por serviços de manutenção e peças por usina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> <li>- R\$/usina</li> </ul>
• IMPLEMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veículos motorizados: unidades a cada 1000 has</li> <li>- Implementos: unidades por veículo motorizado</li> <li>- Vida útil dos implementos para veículos motorizados</li> <li>- Preço médio dos implementos para veículos motorizados</li> <li>- Participação de área irrigada com relação à área total plantada</li> <li>- Custo médio de equipamentos de irrigação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- Ano</li> <li>- R\$</li> <li>- %</li> <li>- R\$/ha</li> </ul>
• ÓLEO DIESEL E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diesel: volume consumido na produção de cana-planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l/ha</li> </ul>

LUBRIFICANTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diesel: volume consumido na produção de cana soqueira</li> <li>- Diesel: volume consumido na colheita de cana</li> <li>- Diesel: volume consumido no transporte de cana</li> <li>- Diesel: volume consumido no transporte de insumos</li> <li>- Lubrificantes: volume consumido de lubrificantes</li> <li>- Preço médio do diesel</li> <li>- Preço médio do lubrificante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- l/ha</li> <li>- R\$/l</li> <li>- R\$/l</li> </ul>
• EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custo médio por EPIs por t de cana (área agrícola e industrial)</li> <li>- Participação dos EPIs utilizados na área agrícola</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R\$/t cana</li> <li>- %</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves et al (1998a), AGRANUAL (2009) e entrevistas  
Quadro 2 – Lista de setores e variáveis envolvidos no elo de insumos agrícolas do SAG da cana

Durante a pesquisa também foi identificada a importância das cooperativas na revenda de defensivos (herbicidas, inseticidas e nematicidas). Em alguns casos, as cooperativas funcionam como intermediários entre os fabricantes ou representantes dos insumos e os produtores de cana. Esta situação já havia sido referida por Neves et al (1998a), como operações feitas através de vendedores no campo ou atrás do balcão. Nesse sentido, objetivando a posterior quantificação do elo, a relação de variáveis foi complementada com os termos mostrados no Quadro 3:

SETOR	VARIÁVEL	UNIDADE DE MEDIDA
• REVENDAS DE DEFENSIVOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Defensivos adquiridos de cooperativas no sistema cana própria</li> <li>- Defensivos adquiridos de cooperativas no sistema fornecedores</li> <li>- Margem de lucro na comercialização de defensivos (cana própria)</li> <li>- Margem de lucro na comercialização de defensivos (fornecedores)</li> <li>- ICMS (Imposto Circulação de Mercadorias e Serviços)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- % médio</li> <li>- % médio</li> <li>- %</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves et al (1998a), Marques(2009), MF (2009) e entrevistas  
Quadro 3: Lista de variáveis envolvidas na revenda de defensivos do elo de insumos agrícolas do SAG cana

### Elo da produção de matéria-prima

A produção de cana, uma vez colhida, torna-se alvo de movimentações financeiras baseadas na transferência da propriedade. Para as unidades de processamento, as transações de venda com os produtores de cana é um dos pontos mais importantes das suas operações, devido à necessidade de fluxo constante no fornecimento da matéria-prima, sendo indispensável estabelecer parcerias na procura de relacionamentos estáveis de longo prazo (NEVES; CONEJERO, 2010). De acordo com Ministério de Agricultura (MAPA, 2009), no período



2000 a 2008, 38% da cana moída pelas unidades de processamento foi proveniente de fornecedores independentes, enquanto 62% foi produzida pelas unidades de processamento (usinas e destilarias).

As transações de venda de cana são reguladas por contratos e utilizam como sistema de pagamento a quantidade média do açúcar total recuperável (ATR) e o preço do quilograma de ATR vigente no mercado, calculados pelo CONSECANA (Conselho de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo). Essas variáveis, descritas anteriormente, foram incluídas no elo da produção, apresentadas no Quadro 4 a seguir:

<b>SETOR</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>
• MATÉRIA-PRIMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção nacional de cana-de-açúcar</li> <li>- Participação da cana-própria na produção total</li> <li>- Participação da cana de fornecedores na produção total</li> <li>- Kg de açúcar total recuperável por t de cana (ATR médio)</li> <li>- Preço do ATR médio na safra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- t</li> <li>- %</li> <li>- kg/t</li> <li>- R\$/ATR</li> <li>- R\$/t</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves et al (1998a), Marques(2009), UDOP (2009) e entrevistas  
 Quadro 4: Lista de variáveis envolvidas no elo de produção de cana-de-açúcar

### Elo dos insumos industriais

A produção de derivados a partir da cana de açúcar está integrada por um conjunto de operações industriais complexas demandantes de equipamentos, insumos e serviços. Todos eles são apresentados no Quadro 5. Neste elo, cabe ressaltar, foram diferenciados os fluxos destinados à montagem de novas unidades (UN) e o faturamento por operação e manutenção de todas as unidades em processamento (UP) no período estudado (novas e antigas).

<b>SETOR</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>
• NOVAS UNIDADES DE PROCESSAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de usinas com capacidade de 1,5 milhões de t de cana</li> <li>- Número de usinas com capacidade de 3 milhões de t de cana</li> <li>- Número de destilarias com capacidade de 1,5 milhões de t de cana</li> <li>- Número de destilarias com capacidade de 3 milhões de t de cana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> <li>- Unidades</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNIDADES DE PROCESSAMENTO EM OPERAÇÃO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nºde unidades (usinas e destilarias) em processamento (UP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidades</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• INVESTIMENTO EM MONTAGEM – UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investimento para montagem de usina nova por t de cana</li> <li>- Investimento para montagem de destilaria nova por t de cana</li> <li>- Equipamentos para montagem (EM): unidade nova <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geradores de vapor: participação em EM</li> <li>- Sistema recepção/extração: participação em EM</li> <li>- Destilaria: % investimento participação em EM</li> <li>- Indústria de açúcar (usinas): participação em EM</li> <li>- Turbinas/geradores de energia: participação em EM</li> <li>- Outros montagem: participação em EM</li> </ul> </li> <li>- Automação/instrumentação: participação no investimento total</li> <li>- Instalações elétricas: participação no investimento total</li> <li>- Construção civil: participação no investimento total</li> <li>- Serviços de engenharia, isolamento térmico e pintura participação no investimento total</li> <li>- Montagem elétrica: participação no investimento total</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- USD/t</li> <li>- USD/t</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS – UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Serviço de manutenção de equipamentos: custo médio por t de cana moída</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R\$/t cana</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQUIPAMENTOS PARA MANUTENÇÃO – UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos para manutenção: custo médio por t de cana moída</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R\$/t cana</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRODUTOS QUÍMICOS - UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produtos químicos: custo médio por t de cana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R\$/t cana</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ÓLEO COMBUSTÍVEL E LUBRIFICANTE – UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diesel: consumo médio por t de cana moída</li> <li>- Lubrificante: consumo médio por t de cana moída</li> <li>- Preço médio do diesel</li> <li>- Preço médio do lubrificante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ml/t cana</li> <li>- ml/t cana</li> <li>- R\$/t</li> <li>- R\$/t</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• SACARIAS - UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sacarias utilizadas para açúcar durante a safra</li> <li>- Preço médio de sacarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ml/t cana</li> <li>- ml/t cana</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIG-BAGS – UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Big-bags utilizados para açúcar durante a safra</li> <li>- Preço médio de sacarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ml/t cana</li> <li>- R\$/unidade</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MATERIAS DE LABORATÓRIO – UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custo médio de materiais de laboratório</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R\$/t cana</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) – UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custo médio por EPIs por t de cana (área agrícola e industrial)</li> <li>- Participação dos EPIs utilizados na área industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R\$/t cana</li> <li>- %</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves et al (1998a), Marques (2009) e entrevistas  
Quadro 5: Lista de variáveis envolvidas no elo de insumos industriais

## Elo de processamento industrial

O processamento industrial da cana-de-açúcar, segundo Marques (2009), está conformado por um conjunto de operações físicas e químicas que visam a geração de produtos derivados. Essas atividades são sintetizadas a seguir:

- *Preparo da cana*

Depois do descarregamento da cana, três amostras são conduzidas até o laboratório para determinar o ATR, ou seja, o indicador de qualidade para a produção de açúcar e etanol. Posteriormente, a cana segue para o processo de lavagem, é lançada em uma esteira metálica, onde ela passa por um conjunto de facas niveladoras, picadores, sucedido por um desfibrador.

- *Extração e tratamento do caldo*

Logo após o preparo, inicia-se o processo de extração do caldo, sendo o resíduo (bagaço) depositado para seu uso como combustível na produção de vapor. A seguir, uma seqüência de procedimentos físicos e químicos é adotada para remover impurezas orgânicas e minerais. Esses procedimentos são: aquecimento, sulfitação (ou branqueamento), caleagem (para a correção de pH), flasheamento (para eliminar de gases dissolvidos), decantação (para promover a aglutinação de impurezas) e filtração. O caldo agora é chamado de “caldo clarificado” e pode ser destinado tanto para a produção de açúcar quanto de etanol (DAL BEM et al., 2006).

- *Evaporação*

O caldo clarificado segue por meio de um conjunto de evaporadores (geralmente a vácuo) para concentrar os sólidos. No caso da produção de etanol o caldo deve atingir uma concentração de 18% de sólidos e para a produção de açúcar a concentração atinge 65% de sólidos antes do processo de cozimento nas fábricas de açúcar. Na fabricação de açúcar, o caldo clarificado passa a ser chamado de “xarope” (DAL BEM et al., 2006).

- *Fábrica de açúcar*

Na produção específica de açúcar, o xarope saído da evaporação passa três vezes pelas etapas de cozimento (evaporação no caldo até o início da formação de cristais) e centrifugação (separação dos cristais de açúcar do mel). O mel residual deste processo é destinado à

fabricação de etanol. Como última etapa do processo de fabricação de açúcar, os cristais são levados por esteiras transportadoras ao secador. Após a secagem, o açúcar segue para o armazenamento em sacaria ou a granel.

- *Fermentação*

A primeira etapa necessária à operação de fermentação consiste no preparo do mosto e do agente de fermentação, isto é, a levedura. Uma vez misturados e fermentados durante aproximadamente sete horas, o material transforma-se em uma mistura de vinho. Essa mistura é levada às centrífugas que separam o vinho das leveduras. Recentemente, o excesso de leveduras passou a ser retirado e processado para o uso como fonte de proteína para ração animal. Já o vinho resultante, composto basicamente por álcool e água, é bombeado para as colunas de destilação onde ocorre a separação do álcool etílico, da água, bem como de outros compostos.

- *Destilação*

Este processo utiliza uma seqüência de destilações parciais que aumentam a porcentagem de etanol até atingir um ponto de concentração e nível de impurezas específico. No Brasil, esse ponto é usualmente definido como álcool etílico hidratado carburante (AEHC) e possui uma concentração de 93%. Outro produto importante no Brasil é o álcool etílico anidro carburante (AEAC), cuja concentração em massa é de 99,3%. Para o caso da produção do AEAC, o AEHC é misturado a produtos químicos como o ciclohexano ou monoetilenoglicol (MEG), chamados de desidratantes.

- *Geração de vapor e eletricidade*

A forma primordial de obtenção de energia para os processos industriais das usinas de etanol e açúcar se dá via produção de vapor e eletricidade. A geração de vapor consiste no aproveitamento do bagaço para o aquecimento da água e este processo é feito com a utilização de caldeiras. Os vapores são utilizados para o acionamento de turbinas, onde há a transformação de energia térmica em mecânica. Nas usinas, as turbinas a vapor geralmente são responsáveis pelo acionamento de picadores, desfibradores, moendas e bombas de captação de água.

A combinação do uso matéria-prima agrícola, equipamentos e insumos industriais dentro das unidades de processamento, como foi descrito acima, permite a oferta de produtos derivados da cana-de-açúcar tais como etanol, açúcar, bioeletricidade, leveduras e aditivos – todos eles posicionados no âmbito comercial. Além disso, em resposta ao crescimento das demandas por boas práticas ambientais, o mercado de créditos de carbono tem se desenvolvido no sistema agroindustrial. No Quadro 6 abaixo são listadas as variáveis para este elo:

<b>SETOR</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>
• MERCADO INTERNO DE ETANOL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume do etanol consumido pelo mercado interno</li> <li>- Participação do consumo energético no MI               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etanol anidro: participação no consumo energético do MI</li> <li>- Etanol hidratado: participação no consumo energético do MI</li> </ul> </li> <li>- Participação do consumo não-energético no MI               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etanol anidro: participação no consumo não-energético do MI</li> <li>- Etanol hidratado: participação no consumo não-energético do MI</li> </ul> </li> <li>- Mercado informal               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etanol anidro: participação no consumo total de etanol anidro</li> <li>- Etanol hidratado: participação no consumo total de etanol hidratado</li> </ul> </li> <li>- Preço médio de etanol anidro vendido pelas usinas</li> <li>- Preço médio de etanol hidratado vendido pelas usinas</li> <li>- Preço médio de etanol não energético vendido pelas usinas</li> <li>- Preço médio de etanol anidro: mercado informal</li> <li>- Preço médio de etanol hidratado: mercado informal</li> <li>- Impostos sobre vendas: PIS/COFINS</li> <li>- Impostos sobre vendas: ICMS (etanol energético)</li> <li>- Impostos sobre vendas: ICMS (etanol não energético)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- litros</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- R\$/litro</li> <li>- R\$/litro</li> <li>- R\$/litro</li> <li>- R\$/litro</li> <li>- R\$/litro</li> <li>- R\$/litro</li> <li>- %</li> <li>- %</li> </ul>
• MERCADO EXTERNO DE ETANOL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume das exportações de etanol</li> <li>- Etanol anidro: participação nas exportações totais de etanol</li> <li>- Etanol hidratado: participação nas exportações totais de etanol</li> <li>- Preço médio de etanol exportado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- litros</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- US\$</li> </ul>
• MERCADO INTERNO DE AÇÚCAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume do açúcar consumido pelo mercado interno               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participação do setor atacadista</li> <li>- Participação do setor varejista</li> <li>- Participação do setor industrial</li> </ul> </li> <li>- Preço médio do açúcar vendido ao setor atacadista</li> <li>- Preço médio do açúcar vendido ao setor varejista</li> <li>- Preço médio do açúcar vendido ao setor industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- t</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- %</li> <li>- R\$/t</li> <li>- R\$/t</li> <li>- R\$/t</li> </ul>
• MERCADO EXTERNO DE AÇÚCAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume das exportações de açúcar</li> <li>- Preço médio do açúcar exportado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- t</li> <li>- R\$/t</li> </ul>
• BIOELETRICIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MW médios comercializados</li> <li>- Quantidade horas comercializadas por ano</li> <li>- Preço médio por hora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MW</li> <li>- hora</li> <li>- R\$/hora</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• LEVEDURAS E ADITIVOS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leveduras: volume vendido pelo setor</li> <li>- Aditivos: volume vendido pelo setor</li> <li>- Creme de levedura: volume vendido pelo setor</li> <li>- Preço médio de leveduras</li> <li>- Preço médio de aditivos</li> <li>- Preço médio de creme de levedura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- t</li> <li>- t</li> <li>- t</li> <li>- US\$/t</li> <li>- US\$/t</li> <li>- US\$/t</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CRÉDITOS DE CARBONO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume de CO<sub>2</sub>e vendidos pelo setor</li> <li>- Preço médio de tCO<sub>2</sub>e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- t CO<sub>2</sub>e</li> <li>- US\$</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves et al (1998a), Marques(2009), MF (2009), UNFCC (2009), COGEN (2009) e entrevistas

Quadro 6: Lista de variáveis envolvidas no elo de processamento industrial

No final desta seção 5.1, portanto, foi cumprido o objetivo específico de desenhar o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil. Apresentou-se a estrutura do SAG em cinco elos (insumo agrícolas, produção de matéria-prima, insumos industriais, processamento industrial e distribuição), além de ter sido identificado os agentes facilitadores que dão suporte ao SAG. Ademais, foram mapeados 67 setores que integram os elos, dos quais 44 são abordados nesta pesquisa, abarcando o total de 151 variáveis operadas na quantificação.

## 5.2 Quantificação do SAG da cana-de-açúcar

A quantificação dos elos do sistema agroindustrial foi feita a partir das movimentações registradas em cada setor. Com tal propósito, cada uma das variáveis, definidas na seção 5.1.2, recebeu um valor com base nos preços, volumes e porcentagens coletados de publicações especializadas ou obtidos por meio de entrevistas com participantes do setor. Essas variáveis e as suas relações descritas, que serão agora descritas, integram o modelo alvo de simulação.

### 5.2.1 Elo de insumos agrícolas

A indústria de insumos agrícolas faturou com o setor sucroenergético USD 10.247,52 milhões em 2008, considerando também o faturamento com defensivos pelas cooperativas e vendas agrícolas de USD 578,28. A seguir, são apresentados os cálculos a partir das variáveis, assim como a descrição dos resultados:

- *Fertilizantes*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 1 (V1): Área de cana-de-açúcar em produção (ou área em produção)</li> <li>- Variável 2 (V2): Área de cana-de-açúcar em renovação</li> <li>- Variável 3 (V3): Área de cana-de-açúcar em expansão</li> <li>- Variável 4 (V4): Volume de fertilizante utilizado na produção de cana-planta</li> <li>- Variável 5 (V5): Volume de fertilizante utilizado na produção de cana soqueira</li> <li>- Variável 6 (V6): Preço médio de fertilizante cana-planta</li> <li>- Variável 7 (V7): Preço médio de fertilizante cana soqueira</li> <li>- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7.010.202 has</li> <li>- 547.355 has</li> <li>- 452.295 has</li> <li>- 0,55 t/ha</li> <li>- 0,45 t/ha</li> <li>- 1.470 R\$/t</li> <li>- 1.475 RS/t</li> <li>- 1,84</li> </ul>
Faturamento: fertilizantes: $\{(V1 \times V5 \times V7) + [(V2+V3) \times V4 \times V6]\} / V8 = \text{USD } 2.968.064.458$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CONAB (2009), ANDA (2009), AGRANUAL (2009) e entrevistas  
Tabela 1: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de fertilizantes visando a quantificação

De acordo com os cálculos apresentados na Tabela 1, o faturamento do setor de fertilizantes totalizou USD 2.968,06 milhões no setor sucroenergético em 2008, cerca de 3.704 mil toneladas. O uso deste insumo nas lavouras de cana-de-açúcar é essencial, sendo a cana-de-açúcar o terceiro maior mercado brasileiro de fertilizantes, atrás somente das culturas de soja e milho (ANDA, 2009). Com base nas entrevistas realizadas, as atuais formulações de 4%-20%-20% para cana-planta e 20%-05%-20% para cana soqueira (porcentagens de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente) poderia aumentar progressivamente depois de 2015, devido à maior presença de variedades transgênicas. Além disso, a expansão da cultura anuncia um incremento constante na demanda de fertilizantes.

- *Corretivos*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 1 (V1): Área de cana-de-açúcar em produção (ou área em produção)</li> <li>- Variável 2 (V2): Área de cana-de-açúcar em renovação</li> <li>- Variável 3 (V3): Área de cana-de-açúcar em expansão</li> <li>- Variável 9 (V9): Volume de calcário utilizado na produção de cana-planta</li> <li>- Variável 10 (V10): Volume de calcário utilizado na produção de cana-soqueira</li> <li>- Variável 11 (V11): Preço médio de calcário cana-planta e cana soqueira</li> <li>- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7.010.202 has</li> <li>- 547.355 has</li> <li>- 452.295 has</li> <li>- 1,5 t/ha</li> <li>- 0,3 t/ha</li> <li>- 60 R\$/t</li> <li>- 1,84</li> </ul>
Faturamento: corretivos: $\{(V1 \times V10 \times V11) + [(V2+V3) \times V9 \times V11]\} / V8 = \text{USD } 117.473.987$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CONAB (2009), AGRANUAL (2009) e entrevistas  
Tabela 2: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de corretivos visando a quantificação

A Tabela 2 mostra as vendas de corretivos para as lavouras canavieiras. Em 2008 o faturamento do setor foi estimado em USD 117,47 milhões, com um consumo de 3.602 mil toneladas, equivalente a 14% do consumo nacional (ABRACAL, 2009). Segundo as entrevistas, sendo o calcário utilizado para regular o pH dos terrenos, em um período posterior a cinco anos, a demanda deste insumo vai aumentar significativamente em virtude da expansão da cultura em zonas de solos ácidos.

- *Defensivos e revenda*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<b>VENDA DIRETA</b>	
- Variável 1 (V1): Área de cana-de-açúcar em produção (ou área em produção)	- 7.010.202 has
- Variável 2 (V2): Área de cana-de-açúcar em renovação	- 547.355 has
- Variável 3 (V3): Área de cana-de-açúcar em expansão	- 452.295 has
- Variável 12 (V12): Dessecantes: volume utilizado no pré-plantio	- 2 L/ha
- Variável 13 (V13): Herbicidas: volume utilizado na produção de cana-planta	- 2 L/ha
- Variável 14 (V14): Herbicidas: volume utilizado na produção de cana soqueira	- 0,4 L/ha
- Variável 15 (V15): Herbicidas: volume utilizado na aplicação de capina química	- 1,5 L/ha
- Variável 16 (V16): Inseticidas: volume utilizado na produção de cana (planta)	- 0,25 kg/ha
- Variável 17 (V17): Nematicidas: volume utilizado na produção de cana (planta)	- 6 L/ha
- Variável 18 (V18): Preço médio de dessecantes utilizados no pré-plantio	- 19,77 R\$/L
- Variável 19 (V19): Preço médio de herbicidas utilizados na cana-planta	- 48,9 R\$/L
- Variável 20 (V20): Preço médio de herbicidas utilizados na cana soqueira	- 259,2 R\$/L
- Variável 21 (V21): Preço médio de herbicidas utilizados na capina química	- 37,52 R\$/L
- Variável 22 (V22): Preço médio de inseticidas utilizados na cana (planta)	- 690 R\$/kg
- Variável 23 (V23): Preço médio de nematicidas utilizados na cana (planta)	- 26,1 R\$/L
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
<b>REVENDA: COOPERATIVAS</b>	
- Variável 24 (V24): Faturamento do setor defensivos (sem revenda)	- 911.462.465
- Variável 25 (V25): Participação da cana-própria na produção total	- 55,50%
- Variável 26 (V26): Participação da cana de fornecedores na produção total	- 44,50%
- Variável 27 (V27): Defensivos adquiridos de cooperativas no sistema cana própria	- 35%
- Variável 28 (V28): Defensivos adquiridos de cooperativas no sistema fornecedores	- 100%
- Variável 29 (V29): Margem de lucro na comercialização de defensivos (cana própria)	- 10%
- Variável 30 (V30): Margem de lucro na comercialização de defensivos (fornecedores)	- 14%
- Variável 31 (V31): ICMS (Imposto Circulação de Mercadorias e Serviços)	- 12%
Faturamento: defensivos (venda direta): $= \{ [(V2+V3) \times V12 \times V18] + [(V2+V3) \times V13 \times V19] + [(V2+V3) \times V16 \times V22] + [(V2+V3) \times V17 \times V23] + [(V1 \times V14 \times V20) + [(V1+V2+V3) \times V15 \times V21]] \} / V8 = \text{USD } 911.462.465$	
Faturamento: defensivos (revenda): $= \{ [(V24 \times (1-V31) \times V25 \times V27) \times (1+V29)] + [(V24 \times (1-V31) \times V26 \times V28) \times (1+V30)] \}$ $= \text{USD } 578.284.652$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CONAB (2009), AGRANUAL (2009) e entrevistas  
Tabela 3: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de defensivos visando a quantificação



Em 2008, conforme apresentado na Tabela 3, o setor de defensivos agrícolas no Brasil para a cultura da cana-de-açúcar faturou USD 1.489,74 milhões (incluído revenda), representando 9,5% das vendas totais no país (ABIQUIM, 2009). As vendas realizadas diretamente representaram 61% do valor total. Do montante desembolsado com defensivos pelos agricultores nas lavouras de cana-de-açúcar, 80,4% foram gastos com herbicidas, 10,3% com inseticidas e 9,3% com fungicidas. A cana-de-açúcar, portanto, se destaca, entre as três culturas, como a que mais consome defensivos agrícolas no país, evidenciando a importância do setor.

- *Colhedoras*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 32 (V32): Colhedoras: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Variável 33 (V33): Colhedoras: preço médio de unidades adquiridas</li> <li>- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 981</li> <li>- 800.000</li> <li>- 1,84</li> </ul>
Faturamento: colhedoras: $\{[(V32 \times V33)] / V8\} = \text{USD } 426.521.739$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANFAVEA (2009) e entrevistas com empresas do setor  
Tabela 4: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de colhedoras visando a quantificação

De acordo o apresentado na Tabela 4, o setor sucroenergético adquiriu 22% das colhedoras vendidas em 2008, contabilizando um faturamento de USD 426,52 milhões. Foram vendidas 981 unidades para o setor, representando um crescimento de 52% em relação a 2007. A frota nacional de colhedoras de cana quase dobrou de tamanho (ANFAVEA, 2009). Até 2007 existiam aproximadamente 1,28 mil colhedoras nas lavouras de cana. A exigência do fim das queimadas foi um dos impulsionadores que levaram a este crescimento significativo das vendas.

- *Tratores, implementos, auto-peças e serviços de manutenção*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<b>TRATORES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 34 (V34): Tratores 50 a 99 cv: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Variável 35 (V35): Tratores 100 a 199 cv: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Variável 36 (V36): Tratores + de 200 cv: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Variável 37 (V37): Preço médio de tratores (50 a 99 cv) adquiridos pelo setor</li> <li>- Variável 38 (V38): Preço médio de tratores (100 a 199) adquiridos pelo setor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.350</li> <li>- 2.150</li> <li>- 470</li> <li>- R\$ 90.000</li> <li>- R\$ 170.000</li> </ul>

- Variável 39 (V39): Preço médio de tratores (+ de 200 cv) adquiridos pelo setor	- R\$ 220.000
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
<b>IMPLEMENTOS</b>	
- Variável 1 (V1): Área colhida com cana-de-açúcar (ou área em produção)	- 7.010.202 has
- Variável 2 (V2): Área de cana-de-açúcar em renovação	- 547.355 has
- Variável 3 (V3): Área de cana-de-açúcar em expansão	- 452.295 has
- Variável 40 (V40): Veículos motorizados: unidades a cada 1000 has	- 17,07
- Variável 41 (V41): Implementos: unidades por veículo motorizado	- 1,5
- Variável 42 (V42): Vida útil dos implementos para veículos motorizados	- 10
- Variável 43 (V43): Preço médio dos implementos para veículos motorizados	- R\$ 30.250
- Variável 44 (V44): Participação de área irrigada com relação à área total plantada	- 12%
- Variável 45 (V45): Custo médio de equipamentos de irrigação	- R\$ 141
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
<b>AUTOPEÇÃS E SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO</b>	
- Variável 46 (V46): N° unidades (usinas e destilarias) em processamento (UP)	- 413
- Variável 47 (V47): Quantidade média de veículos motorizados por usina	- 348
- Variável 48 (V48): Custo médio por serviços de manutenção e peças	- R\$ 36.502
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
<p>Faturamento: tratores:  <math>= \{ (V34 \times V37) + (V35 \times V38) + (V36 \times V39) \} / V8 = \text{USD } 320.869.565</math></p> <p>Faturamento: implementos:  <math>= \{ [V40 \times V41 \times [(V1+V2+V3)/1000]] / V42 \} \times V43 + \{ (V1+V2+V3) \times V44 \times V45 \} / V8</math>  <math>= \text{USD } 410.993.886</math></p> <p>Faturamento: autopeças:  <math>= \{ [(V46 \times V47 \times V48)] / V8 \} = \text{USD } 2.851.202.961</math></p>	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em MAPA (2009), RPA Consultoria (2009), Grupo IDEA (2009), ABIMAQ (2009), SINDIPEÇAS (2009) e entrevistas

Tabela 5: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de tratores, implementos, auto-peças e serviços de manutenção visando a quantificação

Como se vê, na Tabela 5, cerca de 3.970 tratores foram comercializados para o setor sucroenergético no ano de 2008, gerando um faturamento de USD 320,87 milhões. As vendas para o setor representam 9% das vendas totais de tratores no país. O setor sucroenergético foi responsável pela compra de 47% dos tratores vendidos com potencia acima de 200 cv (ANFAVEA, 2009). O faturamento com implementos foi da ordem de USD 410,99 milhões. Neste segmento estão incluídos, ainda, arados, transbordos, grades, pulverizadores, subsoladores, auto-propelidos, irrigação, entre outros. O setor de autopeças e serviços de manutenção de máquinas e equipamentos faturou cerca de USD 2.851,20 milhões em 2008. Estes valores incluem peças e mão-de-obra para cerca de 144 mil máquinas em operação no setor, que consumiram anualmente em torno de USD 20 mil em manutenção por unidade.

- *Caminhões*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 1 (V1): Área colhida com cana-de-açúcar (ou área em produção)</li> <li>- Variável 49 (V49): Caminhões: unidades a cada 1000 has</li> <li>- Variável 50 (V50): Idade média dos caminhões utilizados pelo setor</li> <li>- Variável 51 (V51): Preço médio dos caminhões utilizados pelo setor</li> <li>- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 7.010.202 has</li> <li>- 2,27</li> <li>- 8,11 anos</li> <li>- R\$ 310.756</li> <li>- 1,84</li> </ul>
Faturamento: caminhões: $= \{ [ V49 \times (V1/1000) \times (1/V50) ] \times V51 \} / V8 = \text{USD } 331.335.129$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANFA VEA (2009) e entrevistas  
 Tabela 6: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de caminhões visando a quantificação

As vendas de caminhões pesados, categoria com peso bruto total acima de 40 toneladas, também foram impulsionadas pelo setor sucroenergético. Além de fazerem o transporte do etanol, estes caminhões respondem por 80% do transporte da cana-de-açúcar colhida. É possível notar, na Tabela 6, que em 2008 foram vendidos 1.962 caminhões pesados para o setor, equivalente a 5% das vendas totais de caminhões desta categoria no país. O setor sucroenergético gerou uma movimentação financeira da ordem de USD 331,34 milhões neste segmento.

- *Semi-reboques, reboques e carrocerias*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 52 (V52): Semi-reboques e reboques 3 eixos: novas unidades adquiridas</li> <li>- Variável 53 (V54): Reboques 2 eixos: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Variável 54 (V54): Reboques 4 eixos: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Variável 55 (V55): Carrocerias: novas unidades adquiridas pelo setor</li> <li>- Variável 56 (V56): Preço médio de semi-reboques e reboques adquiridos (3 eixos)</li> <li>- Variável 57 (V57): Preço médio de reboques adquiridos (2 eixos)</li> <li>- Variável 58 (V58): Preço médio de reboques adquiridos (4 eixos)</li> <li>- Variável 59 (V59): Preço médio de carrocerias adquiridas</li> <li>- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.510</li> <li>- 1.447</li> <li>- 899</li> <li>- 488</li> <li>- R\$ 90.000</li> <li>- R\$ 65.000</li> <li>- R\$ 100.000</li> <li>- R\$ 40.000</li> <li>- 1,84</li> </ul>
Faturamento: semi-reboques, reboques e carrocerias: $= \{ [ (V52 \times V56) + (V53 \times V57) + (V54 \times V58) + (V55 \times V59) ] \} / V8 = \text{USD } 233.355.978$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANFIR (2009) e entrevistas  
 Tabela 7: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de semi-reboques, reboques e carrocerias visando a quantificação

Como mostra a Tabela 7, em 2008, as vendas de carrocerias, reboques e semi-reboques foram estimadas em USD 233,35 milhões. Além das 488 carrocerias vendidas, registrou-se o emplacamento de 4.856 reboques e semi-reboques canavieiros, os quais representam cerca de 9% das vendas totais da linha pesada no Brasil e um crescimento de 11% em relação a 2007 (ANFIR, 2009).

- *Óleo diesel, lubrificantes e equipamentos de proteção individual (EPI)*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<b>ÓLEO DIESEL E LUBRIFICANTES</b>	
- Variável 1 (V1): Área colhida com cana-de-açúcar (ou área em produção)	- 7.010.202 has
- Variável 2 (V2): Área de cana-de-açúcar em renovação	- 547.355 has
- Variável 3 (V3): Área de cana-de-açúcar em expansão	- 452.295 has
- Variável 60 (V60): Diesel: volume consumido na produção de cana-planta	- 1000 L
- Variável 61 (V61): Diesel: volume consumido na produção de cana soqueira	- 22,3 L
- Variável 62 (V62): Diesel: volume consumido na colheita de cana	- 47,7 L
- Variável 63 (V63): Diesel: volume consumido no transporte de cana	- 52
- Variável 64 (V64): Diesel: volume consumido no transporte de insumos	- 5,8
- Variável 65 (V65): Lubrificantes: volume consumido de lubrificantes	- 3,16
- Variável 66 (V66): Preço médio do diesel	- R\$ 1,8
- Variável 67 (V67): Preço médio do lubrificante	- R\$ 4,67
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
<b>EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)</b>	
- Variável 68 (V68): Produção nacional de cana-de-açúcar	- 568.958.000 t
- Variável 69 (V69): Custo médio por EPIs por t de cana (área agrícola e industrial)	- 0,30 R\$/t
- Variável 70 (V70): Participação dos EPIs utilizados na área agrícola	- 58%
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
Faturamento: óleo diesel e lubrificantes: $= \{ [ ( (V2 + V3) \times V60 ) + (V1 \times V61) + (V1 \times V62) + (V1 \times V63) + (V1+V2+V3) \times V64 ] \times V66 \} + [(V1+V2+V3) \times V64] \times V67 \} / V8 = \text{USD } 1.044.132.175$ Faturamento: equipamentos de proteção individual (EPI): $= \{ (V68 \times V69 \times V70) / V8 \} = \text{USD } 53.803.637$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CONAB (2009), Grupo IDEA, Agroanalysis (2009) e entrevistas  
 Tabela 8: Operacionalização das variáveis envolvidas no setor de óleo diesel, lubrificantes e equipamentos de proteção individual (EPIs) visando a quantificação

Observa-se na Tabela 8 que as operações mecanizadas na produção agrícola e no transporte da cana-de-açúcar do campo à unidade industrial consumiram cerca de 1.026,98 milhões de litros de óleo diesel e lubrificantes, o equivalente a USD 1.044,13 milhões movimentados em 2008. As vendas de EPIs agrícolas (equipamentos de proteção individual), destinados à saúde e segurança dos trabalhadores, movimentaram USD 53,80 milhões.

### 5.2.2 Elo de produção de matéria-prima

VARIÁVEL	UNIDADE DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 68 (V68): Produção nacional de cana-de-açúcar</li> <li>- Variável 71 (V71): Kg de açúcar total recuperável por t de cana (ATR médio)</li> <li>- Variável 72 (V72): Preço do ATR médio na safra</li> <li>- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 568.958.000 t</li> <li>- 143,25</li> <li>- R\$ 0,2782</li> <li>- 1,84</li> </ul>
Faturamento: produção de matéria-prima: $= \{ (V68 \times V71 \times V72) / V8 \} = \text{USD } 12.322.934.543$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CONAB (2009), MAPA (2009) e UDOP (2009)  
 Tabela 9: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de produção de matéria-prima visando a quantificação

A safra 2008/09 de cana-de-açúcar foi recorde atingindo a produção de 568,96 milhões de toneladas. Esse volume de cana-de-açúcar moída gerou um faturamento de USD 12.322,93 milhões para o setor sucroenergético, como pode ser visto na Tabela 9. O rendimento da matéria-prima foi de 143,25 Kg ATR (Açúcar Total Recuperável) por tonelada de cana, uma redução de 2% em relação à safra anterior. O valor médio do ATR na safra 2008/09 foi de USD 0,151. O valor médio da tonelada de cana na safra 2008/09 foi de USD 21,65 (R\$ 39,85). A cana de fornecedores representou cerca de 44,50% do abastecimento da indústria (USD 5.483,70 milhões) e o restante, 55,50%, foram de cana própria (USD 6.839,22 milhões).

### 5.2.3 Elo de insumos industriais

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 68 (V68): Produção nacional de cana-de-açúcar</li> <li>- Variável 73 (V73): Número de usinas com capacidade de 1,5 milhões de t de cana</li> <li>- Variável 74 (V74): Número de usinas com capacidade de 3 milhões de t de cana</li> <li>- Variável 75 (V75): Número de destilarias com capacidade de 1,5 milhões de t de cana</li> <li>- Variável 76 (V76): Número de destilarias com capacidade de 3 milhões de t de cana</li> <li>- Variável 78 (V78): Investimento para montagem (IM) de usina nova por t de cana</li> <li>- Variável 79 (V79): Investimento para montagem (IM) de destilaria nova por t de cana</li> <li>- Variável 80 (V80): Equipamentos para montagem: unidade nova               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável 81 (V81): Geradores de vapor: participação em IM – Usina</li> <li>- Variável 82 (V82): Geradores de vapor: participação em IM - Destilaria</li> <li>- Variável 83 (V83): Sistema recepção/extração: participação em IM – Usina</li> <li>- Variável 84 (V84): Sistema recepção/extração: participação em IM - Destilaria</li> <li>- Variável 85 (V85): Destilaria: % investimento participação em IM - Usina</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 568.958.000 t</li> <li>- 3</li> <li>- 1</li> <li>- 15</li> <li>- 10</li> <li>- US\$ 85</li> <li>- US\$ 75</li> <li>- 12%</li> <li>- 15%</li> <li>- 15%</li> <li>- 12%</li> <li>- 18%</li> </ul>

- Variável 86 (V86): Destilaria: % investimento participação em IM - Destilaria	- 9%
- Variável 87 (V87): Indústria de açúcar (usinas): participação em IM – Usina	- 0%
- Variável 88 (V88): Indústria de açúcar (usinas): participação em IM - Destilaria	- 9%
- Variável 89 (V89): Turbinas/geradores de energia: participação em IM – Usina	- 6%
- Variável 90 (V90): Turbinas/geradores de energia: participação em IM - Destilaria	- 6%
- Variável 91 (V91): Outros montagem: participação em IM – Usina	- 9%
- Variável 92 (V92): Outros montagem: participação em IM - Destilaria	- 9%
- Variável 93 (V93): Automação/instrumentação: participação no investimento total	- 2%
- Variável 94 (V94): Instalações elétricas: participação no investimento total	- 8%
- Variável 95 (V95): Construção civil: participação no investimento total	- 13%
- Variável 96 (V96): Serviços de engenharia, isolamento térmico e pintura participação no investimento total	- 10%
- Variável 97 (V97): Montagem eletromecânica: participação no investimento total	- 7%
- Variável 98 (V98): Serviço de manutenção de equipamentos: custo médio por t de cana moída	- R\$ 1,08
- Variável 99 (V99): Equipamentos para manutenção: custo médio por t de cana moída	- R\$ 2,12
- Variável 100 (V100): Produtos químicos: custo médio por t de cana	- R\$ 1,5
- Variável 101 (V101): Diesel: consumo médio por t de cana moída	- 94 ml/t cana
- Variável 102 (V102): Lubrificante: consumo médio por t de cana moída	- 29 ml/t cana
- Variável 103 (V103): Preço médio do diesel	- R\$ 1,80
- Variável 104 (V104): Preço médio do lubrificante	- R\$ 4,67
- Variável 105 (V105): Sacarias utilizadas para açúcar durante a safra	- 119.400.00
- Variável 106 (V106): Preço médio de sacarias	- 0,70
- Variável 107 (V107): Big-bags utilizados para açúcar durante a safra	- 1.000.000
- Variável 108 (V108): Preço médio de big bags	- R\$ 27
- Variável 109 (V109): Custo médio de materiais de laboratório	- R\$ 0,05/t cana
- Variável V69 (V69): Custo médio por EPIs por t de cana (área agrícola e industrial)	- R\$ 0,30/t cana
- Variável 77 (V77): Participação dos EPIs utilizados na área industrial	- 42%
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84

#### INVESTIMENTO EM NOVAS UNIDADES DE PROCESSAMENTO

Faturamento: geradores de vapor:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78) \times V81] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V82]\} = \text{USD } 568.125.000$$

Faturamento: sistema recepção/extração:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78) \times V83] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V84]\} = \text{USD } 667.125.000$$

Faturamento: destilaria:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78) \times V85] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V86]\} = \text{USD } 766.125.000$$

Faturamento: indústria de açúcar:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78) \times V87] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V88]\} = \text{USD } 57.375.000$$

Faturamento: turbinas/geradores de energia:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78) \times V89] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V90]\} = \text{USD } 274.500.000$$

Faturamento: outros montagem:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78) \times V91] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V92]\} = \text{USD } 411.750.000$$

Faturamento: automação/instrumentação:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78)] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V93]\} = \text{USD } 91.500.000$$

Faturamento: instalações elétricas:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78)] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V94]\} = \text{USD } 366.000.000$$

Faturamento: construção civil:

$$= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78)] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79) \times V95]\} = \text{USD } 594.750.000$$

<p>Faturamento: serviços de engenharia, isolamento térmico e pintura:  <math>= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78)] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79)] \times V96\} = \text{USD } 457.500.000</math></p> <p>Faturamento: montagem eletromecânica:  <math>= \{[(V73 \times 1.500.000 \times V78) + (V74 \times 3.000.000 \times V78)] + [(V75 \times 1.500.000 \times V79) + (V76 \times 1.500.000 \times V79)] \times V97\} = \text{USD } 320.604.303</math></p>
--

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CONAB (2009), PROCKNOR (2009), CEPEA/ESALQ (2009) e entrevistas

Tabela 10: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação

A indústria de insumos industriais faturou com o setor sucroenergético USD 6.236,12 milhões em 2008 (Tabela 10). Para quantificar o elo, foram divididos os fluxos monetários em investimentos para a montagem de novas unidades (usinas e destilarias) e operação e manutenção de unidades em processamento (novas e antigas).

No primeiro grupo, foram considerados os investimentos realizados pelas 29 usinas/destilarias que entraram em operação no ano de 2008. Sabe-se que estes investimentos devem ter iniciado em 2006, portanto, foi considerada uma estimativa de movimentação financeira gerada para a instalação dessas novas unidades que começaram a produzir em 2008. Das 29 unidades industriais, com base nas entrevistas, adotou-se a premissa de que 4 são usinas (sendo 3 com capacidade de moagem de 1,5 milhão de tonelada de cana-de-açúcar e 1 com capacidade de 3 milhões de toneladas) e 25 são destilarias (sendo 15 com capacidade de moagem de 1,5 milhão de toneladas e 10 com capacidade de 3 milhões de toneladas). O investimento médio para montagem da parte industrial de uma usina foi estimado em USD 85/t de cana-de-açúcar (capacidade de moagem) e de uma destilaria em USD 75/t. Considerando estas proposições, o faturamento do grupo foi estimado em aproximadamente USD 4.575,00 milhões.

Para o cálculo dos valores por operação e manutenção das unidades em funcionamento (novas e antigas) foram realizados os cálculos apresentados na Tabela 11, a seguir:

**MANUTENÇÃO DE UNIDADES EM OPERAÇÃO (NOVAS E ANTIGAS):**

Faturamento: serviço de manutenção de equipamentos:  $\{(V68 \times V98) / V8\} = \text{USD } 332.604.303$

Faturamento: equipamentos para manutenção:  $\{(V68 \times V99) / V8\} = \text{USD } 655.988.051$

Faturamento: produtos químicos:  $\{(V68 \times V100) / V8\} = \text{USD } 463.824.457$

Faturamento: óleo diesel e lubrificantes:

$= \{[(V68 \times V101 \times V103) + (V68 \times 102 \times 104)] / V8\} / 1000 = 94.190.750$

Faturamento: sacarias:  $\{(V105 \times V106) / V8\} = 45.423.913$

Faturamento: big-bags:  $\{(V107 \times V108) / V8\} = 14.673.913$

Faturamento: materiais de laboratório:  $[(V68 \times V109) / V8] = \text{USD } 15.460.815$

Faturamento: equipamentos de proteção individual (EPI):  
 $= \{(V68 \times V69 \times V77) / V8\} = \text{USD } 38.961.254$

Fonte: Elaborado pelo autor com base em PROCKNOR (2009), CEPEA/ESALQ (2009) e entrevistas  
 Tabela 11: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação

De acordo com a Tabela 11, no cálculo das movimentações financeiras por operação e manutenção das usinas em processamento, o faturamento por serviços de manutenção de equipamentos foi de USD 332,60 milhões, enquanto a venda dos equipamentos para esse serviço atingiu USD 655,98 milhões. Já o faturamento com produtos e especialidades químicas na produção de etanol e açúcar foi estimado em USD 463,82 milhões. Esse valor inclui cal virgem e hidratada, commodities químicas, polímeros, auxiliares na produção de açúcar e etanol, levedura/fermento, tratamento de águas e resinas de troca iônica, entre outros.

O consumo de diesel e lubrificantes para a operação industrial foi de 70 milhões de litros, gerando um faturamento de USD 94,19 milhões. O setor movimentou, em 2008, USD 15,46 milhões com materiais de laboratório, foram gastos com sacarias de 50 kg USD 45,42 milhões, com *big bags* de 1.200kg USD 14,67 milhões e com EPIs industriais foram movimentados USD 38,96 milhões.

#### 5.2.4 Elo de processamento industrial

As usinas faturaram USD 24.533,87 milhões pela venda de todos os seus produtos comercializados, sendo USD 14.339,85 milhões com etanol, USD 9.764,71 com açúcar, USD 389,63 milhões com bioeletricidade, USD 36,20 milhões com leveduras, aditivos e USD 3,47 milhões com créditos de carbono. Estes produtos representaram, respectivamente, 58,4%, 39,8%, 1,6%, 0,1% e 0,01% das vendas das usinas. A seguir são apresentados cada um dos produtos:



- Mercado interno e externo de etanol

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<b>MERCADO INTERNO DE ETANOL</b>	
- Variável 110 (V110): Volume de etanol consumido pelo mercado interno	- 22.805.000.000 L
- Variável 111 (V111): Participação do consumo energético no MI	- 93%
- Variável 112 (V112): Etanol anidro: participação no consumo energético do MI	- 31%
- Variável 113 (V113): Etanol hidratado: participação no consumo energético do MI	- 69%
- Variável 114 (V114): Participação do consumo não-energético no MI	- 7%
- Variável 115 (V115): E. Anidro: participação no consumo não-energético do MI	- 40%
- Variável 116 (V116): E. Hidratado: participação no consumo não-energético do MI	- 60%
- Variável 117 (V117): Mercado informal	
- Variável 118 (V118): Etanol anidro: participação no consumo total de anidro	- 3%
- Variável 119 (V119): Etanol hidratado: participação no consumo total de hidratado	- 6%
- Variável 120 (V120): Preço médio de etanol anidro vendido pelas usinas	- R\$ 0,84
- Variável 121 (V121): Preço médio de etanol hidratado vendido pelas usinas	- R\$ 0,72
- Variável 122 (V122): Preço médio de etanol não energético vendido pelas usinas	- R\$ 0,79
- Variável 123 (V123): Preço médio de etanol anidro: mercado informal	- R\$ 0,84
- Variável 124 (V124): Preço médio de etanol hidratado: mercado informal	- R\$ 0,72
- Variável 125 (V125): Impostos sobre vendas: PIS/COFINS	- R\$ 0,048 x L
- Variável 126 (V126): Impostos sobre vendas: ICMS (etanol energético)	- 12%
- Variável 127 (V127): Impostos sobre vendas: ICMS (etanol não energético)	- 25%
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
<b>MERCADO EXTERNO DE ETANOL</b>	
- Variável 128 (V128): Volume das exportações de etanol	- 5.124.000.000
- Variável 129 (V129): Etanol anidro: participação nas exportações totais de etanol	- 74%
- Variável 130 (V130): Etanol hidratado: participação nas exportações totais de etanol	- 26%
- Variável 131 (V131): Preço médio de etanol exportado	- USD 0,47
<p>Faturamento: etanol anidro energético no mercado interno (formal e informal):  <math>= \{ \{ (V110 \times V111 \times V112) \times [(V120 + V125)/(1-V126)] \} + \{ [(V110 \times V111 \times V112) + (V110 \times V114 \times V115) \times V118] \times V123 \} \} / V8 = \text{USD } 3.727.291.008</math></p> <p>Faturamento: etanol hidratado energético no mercado interno (formal e informal):  <math>= \{ \{ (V110 \times V111 \times V113) \times [(V121 + V125)/(1-V126)] \} + \{ [(V110 \times V111 \times V113) + (V110 \times V114 \times V116) \times V119] \times V124 \} \} / V8 = \text{USD } 7.322.471.146</math></p> <p>Faturamento: etanol não-energético no mercado interno:  <math>= \{ \{ (V110 \times V114 \times V115) \times [(V120 + 125)/(1-V127)] \} + \{ (V110 \times V114 \times V116) \times [(V121 + 125)/(1-V127)] \} \} / V8 = \text{USD } 899.982.609</math></p> <p>Faturamento: etanol anidro exportado:  <math>= \{ (V128 \times V129) \times V131 \} = 1.778.122.153</math></p> <p>Faturamento: etanol hidratado exportado:  <math>= \{ (V128 \times V130) \times V131 \} = 611.987.477</math></p>	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em EPE (2010), CEPEA/ESALQ, FECOMBUSTÍVEIS (2009), MDIC-SECEX (2009)

Tabela 12: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação

Em 2008, como apresentado na Tabela 12, o mercado interno de etanol gerou um faturamento de USD 7.322,5 milhões para as usinas, aproximadamente 15,60 bilhões de litros de etanol

hidratado (mercado formal e informal). O volume de vendas deste produto vem crescendo consideravelmente nos últimos anos e o principal motivo deste crescimento foi a introdução dos carros com motores flex, que, em 2008, responderam por 90% da produção dos automóveis comerciais leves no Brasil.

O mercado interno de etanol anidro nas usinas movimentou USD 3.727,3 milhões com a venda de 6,83 bilhões de litros em 2008 (mercado formal e informal). O maior consumo no Brasil deste produto é misturado à gasolina, atualmente, na proporção de 25%. Todavia, em virtude do aumento do consumo do etanol frente à gasolina, em função do aumento dos carros flex, o consumo de etanol anidro tem diminuído nos últimos anos.

Em 2008, o etanol para uso não-energético foi utilizado no Brasil basicamente na produção de bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos e químicos. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional 2009, este consumo foi de 1.500,22 milhões de litros em 2008, representando um faturamento para as usinas de USD 899,98 milhões.

No mercado externo, as usinas geraram um faturamento de USD 2.390,10 milhões em função dos 5,12 bilhões de litros embarcados de etanol anidro e etanol hidratado. Esta cifra inclui etanol destinado à indústria química e bebidas. Os principais compradores foram os Estados Unidos (34%), Holanda (26%), Jamaica (8%) e El Salvador (7%).

- *Mercado interno e externo de açúcar*

As usinas faturaram com açúcar USD 9.764,71 milhões em 2008 contabilizando as vendas para o mercado externo e interno. Segue este valor apresentado detalhadamente:

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<b>MERCADO INTERNO DE AÇÚCAR</b>	
- Variável 132 (V132): Volume do açúcar consumido pelo mercado interno	- 11.574.847 t
- Variável 133 (V133): Participação do setor atacadista	- 13%
- Variável 134 (V134): Participação do setor varejista	- 30%
- Variável 135 (V135): Participação do setor industrial	- 57%
- Variável 136 (V136): Preço médio do açúcar vendido ao setor atacadista	- R\$ 716.34/t
- Variável 137 (V137): Preço médio do açúcar vendido ao setor varejista	- R\$ 875.45/t
- Variável 138 (V138): Preço médio do açúcar vendido ao setor industrial	- R\$ 569.27/t
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
-	

<b>MERCADO EXTERNO DE AÇÚCAR</b> – Variável 139 (V139): Volume das exportações de açúcar – Variável 140 (V140): Preço médio do açúcar exportado	– 19.472.457 t – R\$ 518,10/t
Faturamento: açúcar vendido ao setor atacadista – mercado interno: = $\{(V132 \times V133 \times V136) / V8\} = \text{USD } 580.404.790$	
Faturamento: açúcar vendido ao setor varejista– mercado interno: = $\{(V132 \times V134 \times V137) / V8\} = \text{USD } 1.663.712.894$	
Faturamento: açúcar vendido ao setor industrial– mercado interno: = $\{(V132 \times V135 \times V138) / V8\} = \text{USD } 2.037.625.498$	
Faturamento: açúcar exportado: = $\{(V139 \times V140) / V8\} = \text{USD } 5.482.967.663$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em EPE (2010), CEPEA/ESALQ, FECOMBUSTÍVEIS (2009), MDIC-SECEX (2009) e USDA (2009).

Tabela 13: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação

No mercado interno o faturamento das usinas com açúcar movimentou USD 4.281,74 milhões. Deste total, as vendas das usinas destinadas à indústria de alimentos, geraram um faturamento da ordem de USD 2.037,62 milhões, o faturamento destinado para o varejo foi de USD 1.663,71 milhões e para o atacado de USD 580,40 milhões. Parte do volume de açúcar destinado à indústria foi comercializado por meio de algum atacadista, ou seja, não é uma venda direta da usina para a indústria. Geralmente, esta transação ocorre com atacadistas especializados no segmento industrial que vendem para pequenas fábricas. Estes atacadistas, além de venderem para estas fábricas, por vezes, empacotam o açúcar em embalagens menores e vendem para o varejo.

As principais indústrias consumidoras de açúcar são as de refrigerantes (20%), balas e chocolates (10%), química (10%), lácteos (7%), outras indústrias representam 53%. No consumo do açúcar *in natura*, o principal tipo vendido é o açúcar cristal (61%), seguido do açúcar refinado (36%), refinado granulado e outros tipos (4%). No total, as vendas destinadas à indústria somaram 6,59 milhões de toneladas de açúcar, as vendas diretas para o varejo cerca de 3,5 milhões de toneladas e para o atacado foram 1,49 milhões de toneladas.

As exportações geraram um faturamento de USD 5.482,97 milhões. Das 19,47 milhões de toneladas embarcadas, cerca de 50% das exportações foram destinadas a 5 países e o restante para mais de 100 países diferentes. Entre 2000 e 2008, em média, 25% do açúcar exportado pelo Brasil foi destinado ao mercado Russo, configurando-se como o principal mercado comprador internacional, seguido da Nigéria, Egito, Arábia Saudita, entre outros.

- *Bioeletricidade, créditos de carbono, leveduras e aditivos*

VARIÁVEIS	VALORES E UNIDADES DE MEDIDA
<b>BIOELETRICIDADE</b>	
- Variável 141 (V141): MW médios comercializados	- 544
- Variável 142 (V142): Quantidade horas comercializadas por ano	- 8.760
- Variável 143 (V143): Preço médio por hora	- 150,44
- Variável 8 (V8): Taxa de câmbio	- 1,84
<b>LEVEDURAS E ADITIVOS</b>	
- Variável 144 (V144): Leveduras: volume vendido pelo setor	- 75.000 t
- Variável 145 (V145): Aditivos: volume vendido pelo setor	- 6.000 t
- Variável 146 (V146): Creme de levedura: volume vendido pelo setor	- 20.000 t
- Variável 147 (V147): Preço médio de leveduras	- USD 400/t
- Variável 148 (V148): Preço médio de aditivos	- USD 700/t
- Variável 149 (V149): Preço médio de creme de levedura	- USD 100/t
<b>CRÉDITOS DE CARBONO</b>	
- Variável 150 (V150): Volume de CO <sub>2</sub> e vendidos pelo setor	- 473.940 t CO <sub>2</sub> e
- Variável 151 (V151): Preço médio de tCO <sub>2</sub> e	- USD 7,34/ t CO <sub>2</sub> e
Faturamento: Bioeletricidade: $= \{(V141 \times V142 \times V143) / V8\} = \text{USD } 389.626.518$	
Faturamento: Leveduras e Aditivos: $= \{(V144 \times V147) + (V145 \times V148) + (V146 \times V149)\} = \text{USD } 36.200.00$	
Faturamento: Créditos de Carbono: $= \{(V150 \times V151)\} = 3.478.720$	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em EPE (2010), CEPEA/ESALQ, FECOMBUSTÍVEIS (2009), MDIC-SECEX (2009) e entrevistas

Tabela 14: Operacionalização das variáveis envolvidas no elo de insumos industriais visando a quantificação

A bioeletricidade gerada a partir do bagaço da cana-de-açúcar cada vez mais vem se destacando como um importante produto das usinas. Em 2008, cerca de 30 usinas negociaram 544 MW médios/ano durante 15 anos. Este volume irá gerar um faturamento anual de USD 389,63 milhões.

Cerca de 10% das leveduras utilizadas na produção de etanol, especificamente na fermentação do caldo de cana, são posteriormente recuperadas e secas para serem destinadas à composição de ração para alimentação animal. Em 2008, o setor faturou US 32,0 milhões. No total, as vendas de leveduras e creme de leveduras atingiram 75 mil e 20 mil toneladas, respectivamente. Juntamente com as leveduras, para essa finalidade, são comercializados aditivos baseados em leveduras de cana-de-açúcar (como, por exemplo, a parede celular). Em 2008, comercializadas 6 mil toneladas desse subproduto gerando um faturamento de USD

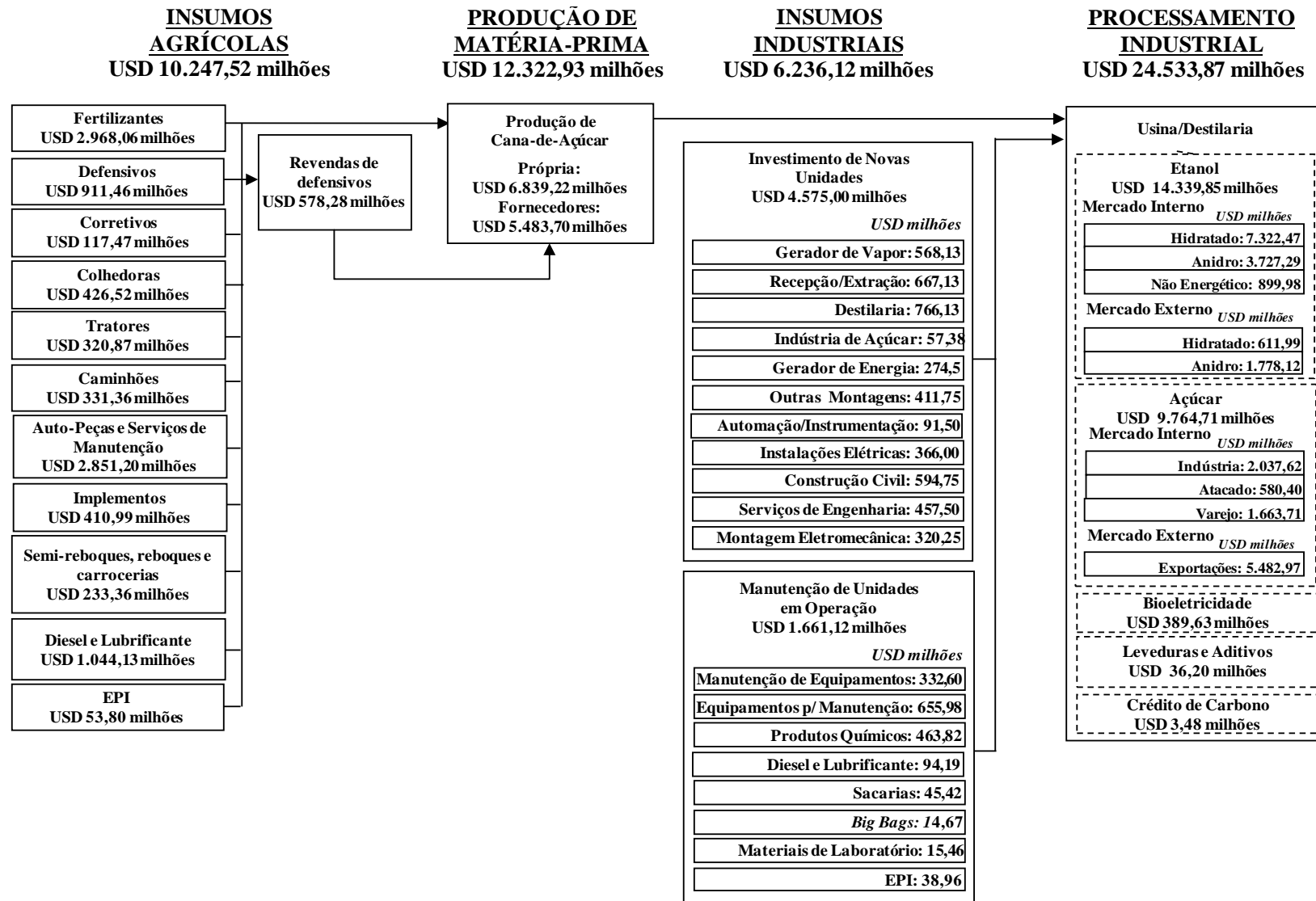
4,20 milhões. O faturamento das leveduras somado aos seus aditivos, portanto, alcançou em 2008 USD 36,20 aproximadamente.

Em 2008, em termos de volume negociado, o Brasil ocupou o terceiro lugar na lista de países vendedores de créditos de carbono, com 3% do mercado. A China e a Índia estiveram nos primeiros lugares com, respectivamente, 84% e 4%. Já nas cifras acumuladas de RCEs primárias (Reduções Certificadas de Emissões), entre 2002 e 2008, o Brasil tem quase 8%. O montante mundial negociado em 2008 foi de 389 milhões de tCO<sub>2</sub>e, avaliado em USD 6.519 milhões – 14% menos que em 2007.

Os 68 projetos brasileiros registrados pela UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) no mercado de créditos de carbono geraram uma redução estimada de 3,45 milhões de tCO<sub>2</sub>e e um faturamento de cerca de USD 25,35 milhões em 2008, utilizando o preço médio deste mesmo ano registrado pelo mercado voluntário de USD 7,34 por tCO<sub>2</sub>e. Dos 68 projetos brasileiros, 24 são do setor sucroenergético. Estes 24 projetos geraram uma redução estimada de 473,94 mil tCO<sub>2</sub>e, avaliadas em USD 3,48 milhões, em 2008.

O bioplástico é uma das inovações para o aproveitamento do bagaço da cana e, se realizado os investimentos previstos, em pouco tempo representará um faturamento significativo para as usinas. Apesar disso, em 2008, a produção brasileira do bioplástico foi realizada em escalas mínimas e insuficiente para que se coloque comercialmente o produto no mercado. A empresa PHB Industrial, a gaúcha Braskem, Dow Chemical e Solvay tem iniciado investimentos e anunciaram o princípio da produção a partir de 2011.

Uma vez estimadas as movimentações monetárias dos 44 setores envolvidos na pesquisa, apresenta-se na Figura 8 o mapeamento e quantificação do SAG da cana. A obtenção destes valores agregados, gerados a partir da operatividade de 151 variáveis, mostra o cumprimento do segundo objetivo específico da pesquisa. Assim, atingidos os dois primeiros objetivos, a seção 5.3 descreve a etapa de simulação de cenários.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neves et al.(1998a), Neves et al. (1998b), fontes secundárias e entrevistas Figura 8: Mapeamento e Quantificação do Sistema Agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil

### 5.3 Simulação de cenários a partir do mapeamento e quantificação do SAG da cana-de-açúcar

#### 5.3.1 Revisão de variáveis visando a simulação

Uma vez identificado o conjunto de variáveis que tornaram possível a quantificação do SAG cana em 2008, foi analisada sua validade para o período 2011-2005. Nesse sentido, foram revisados as porcentagens e volumes com a finalidade de estimar os fluxos monetários futuros. Alguns preços também foram atualizados. A revisão dessas variáveis foi realizada por meio de entrevistas com especialistas e agentes participantes da cadeia, assim como publicações setoriais da última safra 2010/2011. Cabe mencionar que os valores atribuídos mantêm relação com as expectativas dos entrevistados assumindo uma tendência normal, ou seja, sem reduções ou crescimentos significativos do setor sucroenergético.

Nº	VARIÁVEIS	UNIDADE	2011	2012	2013	2014	2015
V46	Nº unidades (usinas e destilarias) em processamento (UP)	Unidades	431	435	441	445	451
V6	Preço médio de fertilizante cana-planta	R\$/t	900	900	900	900	900
V7	Preço médio de fertilizante cana soqueira	R\$/t	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130
V18	Preço médio de dessecantes utilizados no pré-plantio	R\$/l	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75
V19	Preço médio de herbicidas utilizados na cana-planta	R\$/l	25,52	25,52	25,52	25,52	25,52
V20	Preço médio de herbicidas utilizados na cana soqueira	R\$/l	240,3	240,3	240,3	240,3	240,3
V21	Preço médio de herbicidas utilizados na capina química	R\$/l	38,21	38,21	38,21	38,21	38,21
V22	Preço médio de inseticidas utilizados na cana (planta)	R\$/kg	700	700	700	700	700
V23	Preço médio de nematicidas utilizados na cana	R\$/l	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
V32	Colhedoras: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
V34	Tratores 50 a 99 cv: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	1.563	1.641	1.723	1.809	1.900
V35	Tratores 100 a 199 cv: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	2.489	2.613	2.744	2.881	3.025
V36	Tratores + de 200 cv: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	544	571	600	630	661
V52	Semi-reboques+ reboques 3 eixos: novas unidades adquiridas	Unidades	2.906	3.051	3.204	3.364	3.532
V53	Reboques 2 eixos: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	1.675	1.759	1.847	1.939	2.036
V54	Reboques 4 eixos: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	1.041	1.093	1.148	1.205	1.265
V55	Carrocerias: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	565	593	623	654	687

Fonte: Elaborado pelo autor com base em AGRANUAL (2010), SMASP (2010), ÚNICA (2010) e entrevistas  
Tabela 15: Variáveis modificadas visando a simulação de cenários – elo insumos agrícolas

Os valores das variáveis modificadas, apresentadas na Tabela 15, responderam às seguintes premissas:

- V46: De acordo ao último relatório de usinas e destilarias cadastradas no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010b), no Brasil existem 426 unidades de processamento. Com base nas entrevistas aplicadas, o setor espera a abertura de 5 usinas por ano (açúcar e etanol) no período 2011-2015.
- V6 a V23: Sendo que o ano de 2008 apresentou um aumento significativo dos preços dos insumos agrícolas, foram utilizados os preços médios mais próximos ao período de estudo. Os dados, desse modo, pertencem ao AGRIANUAL (2010).
- V32: Partindo das entrevistas realizadas, foi utilizado o valor de 1.000 colhedoras de cana por ano durante o período em estudo.
- V34 a V55: Com base nas entrevistas, foi estimado um crescimento médio de 5% por ano no número de tratores, semi-reboques, reboques e carrocerias.

Nº	VARIÁVEIS	UNIDADE	2011	2012	2013	2014	2015
V25	Participação da cana-própria na produção total	%	62%	62%	62%	62%	62%
V26	Participação de cana de fornecedores na produção total	%	38%	38%	38%	38%	38%
V71	Kg de açúcar total recuperável por t de cana (ATR médio)	Kg/t de cana	146,49	146,49	146,49	146,49	146,49

Fonte: Elaborado pelo autor com base em MAPA (2009), CONSECAN (2009) e entrevistas  
Tabela 16: Variáveis modificadas visando na simulação de cenários – elo produção de matéria-prima

As premissas utilizadas na modificação das variáveis do elo de produção, destacadas na Tabela 16, são:

- V25 e V26: Foi definida a partir do cálculo da média de participação de cana-própria e de fornecedores para o período 2000-2008.
- V71: A partir das entrevistas realizadas foi reconhecida a dificuldade na previsão das quilogramas de açúcar por ATR, assim, foi utilizada a média do período 2000-2008.



Nº	VARIÁVEIS	UNIDADE	2011	2012	2013	2014	2015
V73	Número de usinas com capacidade de 1,5 milhões de t de cana	Unidades	0	0	0	0	0
V74	Número de usinas com capacidade de 3 milhões de t de cana	Unidades	5	5	5	5	5
V75	Número de destilarias com capacidade de 1,5 milhões de t de cana	Unidades	0	0	0	0	0
V76	Número de destilarias com capacidade de 3 milhões de t de cana	Unidades	0	0	0	0	0
V78	Investimento para montagem (IM) de usina nova por t de cana	USD/t de cana	165	165	165	165	165
V79	Investimento para montagem (IM) de destilaria nova por t de cana	USD/t de cana	145	145	145	145	145

Fonte: Elaborado pelo autor com base em entrevistas  
Tabela 17: Variáveis modificadas visando na simulação de cenários – elo insumos industriais

Nas modificações das variáveis apresentadas na Tabela 17 foram consideradas as seguintes premissas:

- V71: O setor sucroenergético projeta a inauguração de 5 usinas novas (produção mista) por ano durante o próximo quinquênio. Este número é menor do que o registrado em 2008 em virtude das perspectivas do mercado e da preferência dos investidores por comprar unidades em operação, evitando investimentos “*greenfield*” (construir usinas novas).
- V78 e V79: Foram atualizados os valores de investimento para a montagem de usinas novas, com base nas entrevistas dos agentes do setor.

Nº	VARIÁVEIS	UNIDADE	2011	2012	2013	2014	2015
V141	MW médios comercializados	MW	500	500	500	500	500
V144	Leveduras: volume vendido pelo setor	T	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000
V145	Aditivos: volume vendido pelo setor	T	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
V146	Creme de levedura: volume vendido pelo setor	T	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000

Fonte: Elaborado pelo autor com base em entrevistas  
Tabela 18: Variáveis modificadas visando na simulação de cenários – elo processamento industrial

A seguir são mencionadas as premissas utilizadas nas variáveis da Tabela 18:

- V141: Apesar de a capacidade potencial do setor sucroenergético superar os 4.000 MW médios durante o período 2011-2015, as perspectivas dos participantes entrevistados

consideraram razoável a venda de 500 MW médios, devido às atuais condições dos programas de promoção de bioeletricidade.

- V144 a V146: O setor de leveduras e creme de leveduras, geradas a partir da cana-de-açúcar, poderia experimentar redução nos volumes de vendas com relação ao ano 2008, mas a tendência seria a manter os valores esperados em 2011. Os volumes foram coletados por meio das entrevistas aplicadas.

### **5.3.2 Variáveis de entrada**

Tendo definidas as mudanças nos valores das variáveis que conformam o modelo, foram selecionadas, posteriormente, as variáveis de entrada. As variáveis de entrada são aquelas que direcionam os resultados do modelo e ao mesmo tempo mantêm independência em relação a ele. Em razão da sua complexidade e importância, muitas vezes seus valores têm que ser estimados por meio de modelos estatísticos especializados (JOHNSON; MOLLAGHASEMI, 1994). Segundo Perera e Linayaque (2000), a falta de dados de entrada vindos de fontes confiáveis ou apresentados no formato e período adequados pode prejudicar o planejamento dos projetos de simulação de cenários.

No modelo de simulação, a partir do método de mapeamento e quantificação do SAG da cana, foram definidos como variáveis de entradas tais informações: área colhida com cana-de-açúcar (ou área em produção); produção nacional de cana-de-açúcar; produção nacional de etanol; volume de etanol consumido pelo mercado interno; volume de exportações de etanol, volume de açúcar consumido pelo mercado interno; e volume de exportações de açúcar. Sendo necessária a obtenção desses dados para o período 2011-2015, foram utilizadas projeções de fontes secundárias. Esta decisão foi adotada frente à existência de trabalhos formulados por organizações especializadas no setor.

Na revisão de projeções para o SAG da cana foram encontrados estudos de empresas e centros de pesquisa privados, além de estimações feitas pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011). A decisão de utilizar esta última fonte esteve fundamentada na competência dessa instituição no estudo do setor agrícola brasileiro e na experiência de

geração de estatísticas durante os últimos anos, particularmente em matéria de dados projetados. A Tabela 18 detalha a informação utilizada para as variáveis de entrada:

<b>VARIÁVEIS DE ENTRADA</b>	<b>CENÁRIOS</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Área colhida com cana-de-açúcar - ou área em produção (hectares)	Cenário 1	8.896.213	8.730.410	8.623.977	8.564.788	8.540.408
	Cenário 2	9.421.780	9.640.714	9.852.908	10.062.645	10.271.469
	Cenário 3	9.947.348	10.551.018	11.081.839	11.560.502	12.002.530
Produção nacional de cana-de-açúcar (toneladas)	Cenário 1	701.556.973	685.608.118	675.249.209	669.221.143	666.359.931
	Cenário 2	750.112.126	769.321.160	787.959.412	806.387.465	824.737.492
	Cenário 3	798.667.280	853.034.202	900.669.615	943.553.787	983.115.053
Volume do etanol consumido pelo mercado interno (litros)	Cenário 1	18.640.256.485	17.751.515.613	17.112.328.226	16.630.369.888	16.257.561.763
	Cenário 2	24.149.364.472	24.727.209.737	25.304.367.785	25.881.412.174	26.458.437.765
	Cenário 3	29.658.472.460	31.702.903.861	33.496.407.344	35.132.454.460	36.659.313.766
Volume das exportações de etanol (litros)	Cenário 1	2.452.060.921	2.776.779.594	2.568.217.311	2.729.235.833	2.684.793.234
	Cenário 2	3.743.834.689	4.360.610.581	4.278.396.376	4.621.653.929	4.705.928.961
	Cenário 3	5.035.608.457	5.944.441.567	5.988.575.440	6.514.072.024	6.727.064.689
Volume do açúcar consumido pelo mercado interno (toneladas)	Cenário 1	10.413.680	10.293.900	10.235.726	10.206.615	10.201.838
	Cenário 2	12.299.686	12.542.366	12.782.995	13.024.160	13.265.184
	Cenário 3	14.185.693	14.790.833	15.330.263	15.841.704	15.841.704
Volume das exportações de açúcar (toneladas)	Cenário 1	24.946.222	25.140.521	25.723.556	26.291.359	26.950.054
	Cenário 2	29.997.178	31.160.299	32.481.566	33.745.435	35.030.136
	Cenário 3	35.048.134	37.180.078	39.239.577	41.199.510	43.110.217

Fonte: MAPA (2011). Projeções preliminares.

Tabela 19: Variáveis de entrada para a simulação do SAG da cana-de-açúcar a partir do método de mapeamento e quantificação

Observa-se na Tabela 19 a inclusão de três cenários para cada variável de entrada. Esses cenários foram assumidos a partir dos limites inferiores e superiores calculados pelo estudo do Ministério. A interpretação dessas séries de dados (cenário 1 e cenário 3) está relacionada com os maiores e menores valores registrados no período de projeção, com um intervalo de confiança de 95%, considerando o comportamento passado.

A análise das projeções do MAPA permite verificar um comportamento extremo nos valores de algumas variáveis de entrada (principalmente para a área colhida com cana, produção nacional de cana e produção do etanol consumido pelo mercado interno), sendo que os

cenários 1 e 3 apresentam, respectivamente, crescimentos negativos e positivos elevados em comparação com o cenário 2. Nota-se, por exemplo, que a área colhida com cana teria uma queda média de 1,01% no cenário 1, enquanto no cenário 2 e 3 o crescimento seria de 2,18% e 4,81%, respectivamente, para o período 2011-2015. Já no caso das exportações de etanol a evolução não mantém um padrão no tempo. Tanto o cenário 1 como o 2 estariam afetados por crescimentos negativos em 2013, enquanto no cenário 3 o aumento seria de apenas 1% (diferente dos 18% registrado no ano de 2012). Em 2014 e 2015, a propósito, os volumes exportados registrariam uma recuperação em todos os cenários. Além disso, as exportações de açúcar apresentariam aumentos contínuos e estáveis de 2%, 4% e 6%, média quinquenal, nos cenários 1, 2 e 3, respectivamente. É importante ressaltar que não obstante a identificação das mudanças no comportamento das variáveis de entrada, obtidas de fonte secundária, a revisão da consistência da projeção não forma parte do foco deste estudo – tendo em vista que ela pertence a outro processo de pesquisa desenvolvido pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

De acordo com as explicações técnicas do estudo do MAPA, as projeções foram feitas utilizando os modelos de Suavização Exponencial e o modelo Arima. A seguir, será apresentada uma breve descrição de ambos os modelos.

- *Modelo de Suavização Exponencial*

Os modelos de suavização exponencial são muito populares pela simplicidade, facilidade de implementação e razoável precisão. Podem ser de vários tipos: modelos de suavização exponencial simples, modelos de suavização exponencial linear de Brown (SELB), modelos de Holt-Winters com e sem sazonalidade, entre outros. O modelo ajustado às séries da Tabela 14 foi o SELB, o qual considera um termo permanente determinístico composto por uma tendência linear mais flutuações puramente aleatórias que independem de um período para o outro. O SELB ajusta um modelo de tendência em que a informação mais recente possui maior peso que as informações anteriores (MAPA, 2010).

- *Modelo Arima*

Os modelos Arima consistem em uma classe de modelos lineares que associam de forma conjunta parte auto-regressiva e partes médias móveis, isto é, é feita uma integração dos processos (TRENTIN, 2002).

Esses modelos estatísticos lineares são mais sofisticados por usarem a correlação entre as observações. Para aplicar o modelo Arima, é necessário ter uma série temporal estacionária ou uma que possa se tornar estacionária. Segundo Morettin & Tolo (2004), uma série temporal também pode ser definida por uma série histórica, que significa uma seqüência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo, durante um período específico, e que apresentam uma dependência seriada.

Depois de disponíveis o modelo de simulação, as variáveis modificadas (atualizadas para o período 2011-2015) e as variáveis de entrada todas essas informações foram processadas no Programa Computacional Excel por meio de planilhas eletrônicas (APÊNDICE C). Na Figura 9 é apresentada a tela de entrada de dados do simulador.

VARIÁVEIS MODIFICADAS E VARIÁVEIS DE ENTRADA PARA O PERÍODO 2011-2015								
<b>ÁREA PLANTADA COM CANA-DE-AÇÚCAR</b>								
V1	Área colhida com cana-de-açúcar (até área em produção)	Hectares	2008	2011	2012	2013	2014	2015
			7.010,202	9.947,348	10.151,018	11.881,830	41.540,501	42.042,438
<b>PRODUÇÃO NACIONAL DE CANA-DE-AÇÚCAR</b>								
V18	Produção nacional de cana-de-açúcar	Toneladas	2008	2011	2012	2013	2014	2015
			508.938.000	708.887.288	815.734.201	900.889.813	443.553.787	443.112.875
V25	Participação de cana-polpa na produção total	%		55,38%	62%	62%	62%	62%
V26	Participação de cana-de-florechada na produção total	%		44,39%	38%	38%	38%	38%
<b>USINAS EM FUNCIONAMENTO</b>								
V16	Nº unidades (sucina e destilarias) em funcionamento (UF)	Unidades	2008	2011	2012	2013	2014	2015
			413	431	436	441	446	451
<b>FERTILIZANTES</b>								
V8	Preço médio de fertilizantes cana-glassa	R\$ t	2008	2011	2012	2013	2014	2015
			1.470	900	900	900	900	900
V7	Preço médio de fertilizantes cana-sequeira	R\$ t		1.470	1130	1130	1130	1130
<b>DEFENSIVOS</b>								
V18	Preço médio de defensivos utilizados na cana-glassa	R\$ t	2008	2011	2012	2013	2014	2015
			19,77	13,37	13,37	13,37	13,37	13,37
V19	Preço médio de herbicidas utilizados na cana-glassa	R\$ t		18,4	21,37	21,37	21,37	21,37
V20	Preço médio de herbicidas utilizados na cana-sequeira	R\$ t		219,2	246,3	246,3	246,3	246,3
V21	Preço médio de herbicidas utilizados na cana-glassa	R\$ t		17,52	18,21	18,21	18,21	18,21
V22	Preço médio de inseticidas utilizados na cana-glassa	R\$ kg		690	700	700	700	700
V23	Preço médio de inseticidas utilizados na cana-glassa	R\$ t		28,1	23,3	23,3	23,3	23,3
<b>COLHEDORES</b>								
V2	Colheiteiras: novas unidades adquiridas pelo setor	Unidades	2008	2011	2012	2013	2014	2015
			981	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9: Tela de entrada de dados do simulador de cenários

### 5.3.3 Resultados da simulação de cenários

Com as saídas do modelo foram obtidos os fluxos financeiros dos 44 setores em estudo. Assim, a soma desses sectores, da mesma forma que a quantificação do ano 2008, permite

conhecer os faturamentos dos elos e do sistema agroindustrial. A Tabela apresenta o resumo da simulação do cenário 1.

<b>ELOS</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
INSUMOS AGRÍCOLAS	11.348,06	11.297,51	11.290,49	11.318,53	11.372,91
PRODUÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	15.538,54	15.185,29	14.955,86	14.822,35	14.758,97
INSUMOS INDUSTRIAIS	4.509,26	4.464,38	4.435,23	4.418,26	4.410,21
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	23.434,70	22.979,40	22.787,12	22.683,69	22.672,04
FATURAMENTO SAG CANA	54.830,56	53.926,58	53.468,70	53.242,83	53.214,14

Fonte: Elaborado pelo autor  
Tabela 20: Resultados da simulação do cenário 1

As cifras da Tabela 20 mostram o cenário com menor crescimento monetário da simulação. O faturamento total do SAG, como produto da soma dos elos, registra uma diminuição média de 0,74% por ano durante o período 2011-2015. De acordo com as entrevistas, dado que a magnitude das movimentações financeiras do SAG depende diretamente das condições do mercado, a redução do setor sucroenergético poderia estar influenciada, principalmente, por menores safras derivadas de problemas climáticos, diminuição dos investimentos para ampliação de fábrica e instalação de novas usinas, assim como o comportamento desfavorável da demanda externa de etanol. O consumo interno de etanol também poderia ser afetado pelas mudanças dos derivados do petróleo, principalmente da gasolina.

<b>ELO</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
INSUMOS AGRÍCOLAS	11.779,77	12.000,90	12.218,87	12.436,80	12.655,84
PRODUÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	16.613,97	17.039,43	17.452,24	17.860,39	18.266,82
INSUMOS INDUSTRIAIS	4.645,89	4.699,94	4.752,39	4.804,25	4.855,88
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	28.441,35	29.161,42	29.924,89	30.672,35	31.425,61
FATURAMENTO SAG CANA	61.480,98	62.901,68	64.348,39	65.773,79	67.204,16

Fonte: Elaborado pelo autor  
Tabela 21: Resultados da simulação do cenário 2

Os faturamentos da simulação do cenário 2, apresentados na Tabela 21, mostram um comportamento mais favorável que o cenário 1, com crescimento médio de 2,25% por ano durante o período 2011-2015. Segundo as entrevistas aplicadas com especialistas do setor, o cenário de crescimento moderado constitui a imagem mais próxima da realidade de curto prazo. O aumento das áreas plantadas além do Estado de São Paulo (principalmente no Mato Grosso), a demanda de açúcar brasileiro frente a dificuldades na oferta mundial e o crescimento do consumo interno de etanol por efeito da maior frota de veículos *flex-fuel*, são variáveis que determinariam as projeções de mercado utilizadas neste cenário.

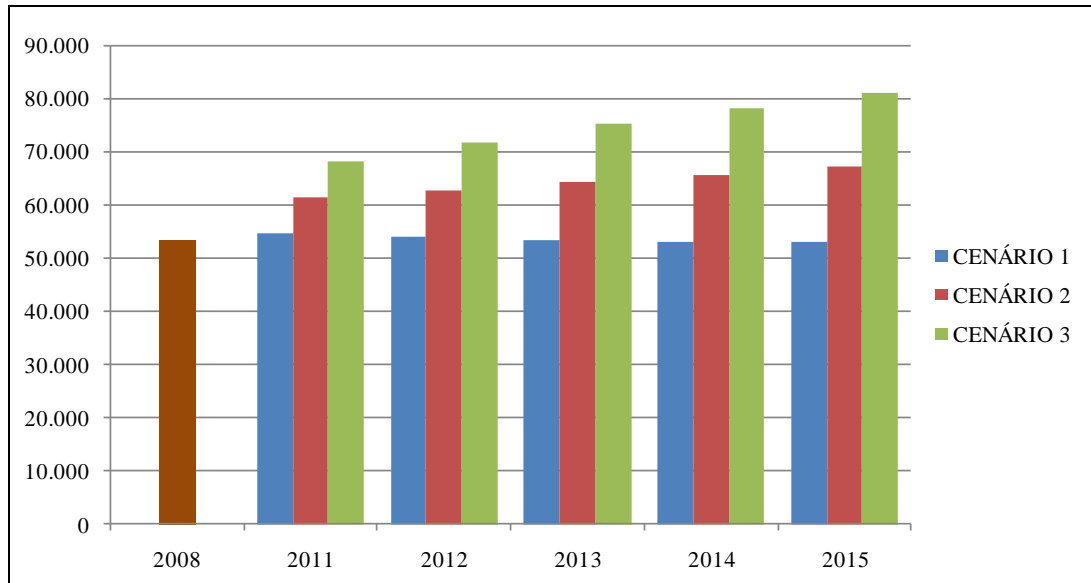
<b>CENÁRIO 3</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
INSUMOS AGRÍCOLAS	12.211,49	12.704,29	13.147,25	13.555,06	13.938,78
PRODUÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	17.689,40	18.893,56	19.948,62	20.898,44	21.774,67
INSUMOS INDUSTRIAIS	4.782,52	4.935,51	5.069,55	5.190,23	5.301,55
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	33.448,00	35.343,43	37.062,67	38.661,01	39.999,09
FATURAMENTO SAG CANA	68.131,41	71.876,78	75.228,08	78.304,74	81.014,09

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 22: Resultados da simulação do cenário 3

Já o faturamento no cenário 3, mostrado na Tabela 22, apresenta o resultado das projeções com maiores crescimentos para a indústria. De acordo a modelo simulado, neste cenário o faturamento registraria um aumento médio de 4,43% durante o período em estudo. Os entrevistados concordaram que a expansão do setor em níveis elevados está condicionada às condições edafoclimáticas favoráveis, ao aumento da capacidade instalada (ampliação e usinas *greenfield*), à estrutura logística adequada, a uma maior demanda de etanol e açúcar no exterior, às barreiras tarifárias dos países importadores e aos incentivos governamentais.

A seguir, no Gráfico 1, é apresentada a comparação dos faturamentos do SAG da cana para os diferentes cenários simulados nesta pesquisa:



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10: Faturamento do SAG da cana nos cenários simulados

É importante destacar que durante o período de estudo (2011-2015) somente foram realizadas mudanças nas variáveis de entrada, mantendo-se constantes os volumes de venda de setores como, por exemplo, tratores, semi-reboques, reboques e carrocerias, colhedoras e número de usinas em operações; que na prática poderiam sofrer alterações em função do comportamento da produção de matéria-prima e consumo de derivados. Essas alterações impactariam diretamente o faturamento do SAG. Os resultados detalhados da simulação feita neste estudo são apresentados no Apêndice B.

Tendo cumprido o terceiro objetivo específico do presente estudo, simular cenários dos fluxos monetários do SAG da cana-de-açúcar no período 2011-2015, foi possível observar a viabilidade da simulação a partir do método de mapeamento e quantificação, principalmente por meio do uso de fontes primárias e secundárias. Todavia, apesar de contar com variáveis de entrada que facilitam as estimativas, existe dificuldade em designar valores às variáveis contidas nos setores do SAG, as quais sofreriam mudanças frente a cenários com crescimentos baixos (ou negativos), semelhantes ao cenário 1, assim como cenários de crescimentos elevados, parecidos com o visto no cenário 3.



## 6 CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES GERENCIAIS E LIMITAÇÕES

O objetivo deste último capítulo é retomar a pergunta realizada no início do trabalho, bem como lembrar quais foram os objetivos específicos formulados e ressaltar a contribuição ao problema levantado. Por fim, citar as limitações e sugerir oportunidades para pesquisas futuras que possam dar continuidade a este estudo.

### 6.1 Conclusões

A pergunta de pesquisa colocada no início deste trabalho foi a seguinte: como simular cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir da aplicação do método de mapeamento e quantificação de sistemas agroindustriais, considerando as projeções de demanda futura de cana-de-açúcar, açúcar e etanol? De forma a estimar as movimentações financeiras futuras dos setores e elos do sistema agroindustrial.

Sendo o objetivo geral desse trabalho simular cenários para o setor sucroenergético brasileiro a partir do método de mapeamento e quantificação, esse objetivo foi alcançado por meio de três objetivos específicos: (i) desenhar do sistema agroindustrial da cana de-açúcar no Brasil, (ii) quantificar das movimentações monetárias no ano fiscal 2008 e (iii) simular cenários das movimentações financeiras para o período 2011 a 2015. Os referidos objetivos foram atingidos através da revisão da literatura sobre método de mapeamento e quantificação, assim como da teoria sobre simulação de cenários.

No desenho do SAG da cana-de-açúcar foram identificados 67 setores que integram os elos da cadeia, dos quais 44 são abordados nesta pesquisa, abarcando o total de 151 variáveis operadas na quantificação. Foram, igualmente, identificados os agentes facilitadores do sistema, considerados setores que não compram nem vendem, mas prestam serviços que servem de suporte ao funcionamento do SAG.

A quantificação das movimentações financeiras do sistema agroindustrial da cana foi realizada a partir de estimações para cada setor. Para tanto, foi necessário designar valores a cada uma das variáveis com base em preços, volumes e porcentagens coletados de publicações especializadas ou obtidos por meio de entrevistas com participantes do setor.

No terceiro objetivo, visando a simulação de cenários, foi analisada a validade das variáveis do mapeamento de 2008 e modificados alguns valores atribuídos às mesmas com base nas expectativas dos entrevistados, assumindo uma tendência normal. Entretanto, foram definidos variáveis ou dados de entrada que direcionaram a simulação em função de projeções formuladas por uma fonte secundária. Os cenários foram assumidos a partir dos limites inferiores e superiores calculados pelas projeções, com um intervalo de confiança de 95%, considerando o comportamento passado.

Assim sendo, o cumprimento dos objetivos específicos desta pesquisa mostra que o método de mapeamento e quantificação de SAG tem condições que facilitam a simulação de cenários para o setor sucroenergético brasileiro, tendo em vista que o método prevê a representação do funcionamento de um sistema complexo, bem como a identificação de variáveis e definição de valores necessários para a construção de modelos. Além disso, em razão de o método empregar informações simplificadas, vindas de fontes primárias e secundárias, isso pode facilitar a atualização periódica das informações e o aprimoramento contínuo do modelo simulado.

## **6.2 Implicações Gerenciais**

A simulação de cenários aplicada à cadeia da cana-de-açúcar, como visto na revisão da literatura, não é um tema recente no âmbito acadêmico e empresarial. Todavia, as pesquisas realizadas nesta área não estiveram focadas em uma visão sistêmica que buscasse a estimação dos fluxos monetários, mas sim em processos operacionais da produção ou industrialização da matéria-prima. Nesse sentido, tendo em vista as limitações expostas na seção 6.3, este estudo pode contribuir para o conhecimento da inter-relação entre as variáveis de todo o setor sucroenergético e servir de ferramenta de auxílio para a tomada de decisões, tanto na esfera pública quanto na privada, porém, partindo de prévios ajustes das premissas do modelo de acordo com os objetivos perseguidos.

## **6.3 Limitações**

As limitações do presente estudo foram:

- Mesmo com a preocupação de levantar minuciosamente a bibliografia relacionada ao tema, é possível que trabalhos relevantes tenham passado despercebidos;
- Os dados levantados para a quantificação e simulação foram obtidos por meio de fontes secundárias e entrevistas com especialistas selecionados, sem a utilização de uma amostragem probabilística;
- Algumas variáveis dos insumos agrícolas e industriais não mantêm relação de dependência com o comportamento das variáveis de entrada, ou seja, apresentam valores fixos nos diferentes cenários, devido às dificuldades de identificação de variações;
- A dificuldade de prever o comportamento futuro dos preços dos insumos e produtos do SAG levou a adoção dos valores de um único ano (2008), apesar de o modelo contar com as condições necessárias para processar essas variáveis;
- Em virtude das dificuldades para incluir valores diferenciados por regiões geográficas, no decorrer do desenvolvimento da pesquisa foram empregados os indicadores da Região Centro-Sul para todo o Brasil;
- Essa pesquisa contemplou a quatro dos cinco elos existentes na cadeia produtiva, isto é, não abarcou a distribuição nem os agentes facilitadores do SAG.

De um modo geral, pode-se concluir que esta pesquisa abre possibilidades para novos estudos serem estimulados a partir da simulação de cenários para o setor sucroenergético na tentativa de aprimorar o modelo desenvolvido, como, por exemplo, a inclusão de projeções de preços procurando conceder capacidade preditiva ao modelo ou a inserção do elo de distribuição, bem como dos agentes facilitadores. Nessa mesma linha, outros sistemas agroindustriais poderiam ser alvos de simulação com a finalidade de contribuir à proposta teórica do método de mapeamento e quantificação de SAGs.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, D. J. et al. Routing and scheduling problem for rail system: a case study. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 32, n. 9, p. 767-774, set. 1981.

ABIMAQ. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Anuário ABIMAQ 2009-2010**. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/anuario/>>. Acesso em: 17 ago. 2010.

ABIQUIM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Anuário da Indústria Química Brasileira** -2008. São Paulo: ABIQUIM, 2009.

ABRACAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CALCÁRIO AGRÍCOLA. **Estatísticas**. Disponível em: <[http://www.calcario-rs.com.br/estatisticas\\_calcario.asp](http://www.calcario-rs.com.br/estatisticas_calcario.asp)>. Acesso em: 28 jan. 2010.

AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Informa Economics FNP, 2009.

AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Informa Economics FNP, 2010.

AGROANALYSIS – A Revista de Agronegócio da FGV. Consumo de Diesel por atividade de Produção de Cana, 2009. Disponível em: <[www.agroanalysis.com.br](http://www.agroanalysis.com.br)> Acesso em: 30 out. 2009.

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Estatísticas**. Disponível em: < <http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 21 jun. 2009

ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**, 2008. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 05 ago. 2009

ANFIR - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS. **Estatísticas**. Disponível em: < <http://www.anfir.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

AZEVEDO P. F. Organização industrial. In: PINHO, D. B.; VASCONCELOS, M. A. S. (Org.) **Manual de Economia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

BARATA, M. Q. F. **Otimização econômica do corte e reforma de canaviais**. 1992, 173 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

BASTOS, K. Z. **Modelo de simulação para análise e apoio à decisão nos processos de corte mecanizado, carregamento e transporte no agronegócio da cana-de-açúcar**. 2009, 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2009.

BATALHA, M. O. Sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas. In: \_\_\_\_\_ (coord.). **Gestão Agroindustrial**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

BATALHA, M. O.; SILVA, A. L. da. Gerenciamento de sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas. In: Batalha, M. O. (coord.) **Gestão Industrial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

BERENDS, P.; ROMME, G. Simulation as a research tool in management studies. **European Management Journal**, v. 17, n. 6, p. 576-583, dez. 1999.

BRADLEY, J. Methodological issues and practices in qualitative research. **The Library Quarterly**, v. 63, n. 4, p. 431-449, out. 1993.

CAMPOS, E. M. **Estruturação de uma organização vertical para o sistema agroindustrial do leite no Estado de São Paulo**. 2007, 163 f. Dissertação (Mestrado em Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

CARBONE, A.; GALLIL, F.; SORRENTINO, A. coordination mechanisms along the supply chain: a key-Factor for competitiveness. In: **113th EAAE Seminar**, Crete, 2009.

CEPEA/ESALQ - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. **Mercados Agropecuários**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/agromensal/>> Acesso em: 16 jun. 2009.

CHWIF, L. **Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal**. 1999, 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

COCK, J. H.; LUNA, C. A.; PALMA, A. The trade-off between total harvestable production and concentration of the economically useful yield component: cane tonnage and sugar content. **Field Crops Research**, v. 67, n. 3, p. 257-262, ago. 2000.

COGEN - ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. **Dados sobre Leilões** – ACR. Disponível em: <[http://www.cogen.com.br/info\\_com\\_merc\\_dados.asp](http://www.cogen.com.br/info_com_merc_dados.asp)>. Acesso em: 01 jul. 2009

COLIN, E. C.; CIPPARRONE, F. A. M.; SHIMIZU, T. Otimização do custo de transporte na distribuição-armazenagem de açúcar. **Produção**, v. 9, n. 1, p. 23-30, maio 1999.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar – safra 2008 – terceiro levantamento. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/ce18d6e2581a76b22d0b2977f6d64b4c..pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar – safra 2010/2011 – terceiro levantamento. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_01\\_06\\_09\\_14\\_50\\_boletim\\_cana\\_3o\\_lev\\_safra\\_2010\\_2011.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_09_14_50_boletim_cana_3o_lev_safra_2010_2011.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2011.

CONSOLI, M. A. **Análise dos aspectos relevantes para integração na cadeia de suprimentos aplicada ao setor de serviços de alimentação**. 2009. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

CONWAY, R. W.; JOHNSON, B. M.; MAXWELL, W. L. Some problems of digital Systems simulation. **Management Science**, v. 6, n. 1, p. 92-110, out. 1959.

DAL BEM, A. J.; KOIKE, G. H. A; PASSARINI, L. C. Modelagem e simulação para o processo industrial de fabricação de açúcar e álcool. **Revista Minerva-Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, n. 1, jan-jun, 2006.

D'HAESE, M. et al. A netchain development perspective on woolfarmers' associations in poor communities, a case study in South Africa. **Journal on Chain and Network Science**, Wageningen, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. **A concept of agribusiness**. Boston: Harvard University, 1957.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Cadernos de energia EPE: perspectivas para o etanol no Brasil**. Brasília: EPE, 2008.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2010 – Ano base 2010**. Brasília: EPE, 2010.

FECOMBUSTÍVEIS – FEDERAÇÃO NACIONAL DO COMÉRCIO DE COMBUSTÍVEIS E DE LUBRIFICANTES. **Relatório Anual da Revenda de Combustíveis 2009**. Rio de Janeiro: Fecombustíveis, 2009.

FISHMAN, G. S. **Monte Carlo Concepts, Algorithms and Applications**. New York: Springer, 1966.

FORTUNATO, C. R.; JULCA-BRICEÑO, B. M.; NEVES, M. F.; SCARE, R. F. Mapeamento e quantificação do sistema agroindustrial do leite do Uruguai. **18º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2010.

FREITAS, F. P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas – com aplicações ARENA**. Florianópolis: Visual Books, 2001.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa - Tipos fundamentais. **Revista Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, maio 1995.

GOLDBERG, R.A. **Agribusiness coordination: a systems approach to the wheat, soybean, and Florida orange economies**. Boston: Harvard University, 1968.

GRIPSRUD, G.; JAHRE, M.; PERSSON, G. Supply chain management: back to the future? **International Journal of Physical Distribution & Logistic Management**, v. 36, n. 8, p. 643-659, 2006.

GRISOTTO, M. E. **Otimização do transporte de cana-de-açúcar por caminhões**. 1995, 121 f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

GRUPO IDEA - Indicadores agrícolas para cultura da cana-de-açúcar, cap. 3 mecanização. Disponível em: <<http://www.ideaonline.com.br/idea/default.asp?menu=10&classificacao=17&nome=INDICADORES%20AGR%20CDCOLAS>>. Acesso em: 14 maio 2009.

HANH, M. H. **SISTEC: Simulador de sistema de transporte de cana-de-açúcar**. 1994, 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

HARDMAN, P. A.; DARROCH, M. A. G.; ORTMANN, G. F. Improving cooperation to make the South African fresh apple export value chain more competitive. **Journal on Chain and Network Science**, Wageningen, v. 2, n. 1, p. 61-72, 2002.

HARREL, C.; TUMAY, K. **Simulation Made Easy. Engineering & Management**. Norcross: Press, 1994.

HIGGINS, A. et al. A framework for integrating a complex harvesting and transport system for sugar production. **Agricultural System**, v. 82, n. 2, p. 99-115, nov. 2004.

IANNONI, A. P.; MORABITO, R. A discrete simulation analysis of a logistics supply system. Transportation Research Part E: **Logistic and Transportation Review**, v. 42, n. 3, p. 191-210, maio 2006.

JOHNSON, M.E.; MOLLAGHASEMI, M. Simulation input data modeling. **Annals of Operations Research**, v. 53, n. 1, p. 47-75, 1994.

KAWAMURA, M. S.; RONCONI, D. P.; YOSHIZAKI, H. Optimizing transportation and storage of final products in the sugar and ethanol industry. **International Transactions in Operational Research**, v. 13, n. 5, p. 425-439, set. 2006.

KELTON, D. W.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. **Simulation with Arena**. New York: MacGraw-Hill, 1998.

KNEPELL, P. L.; ARAGNO, D. C.; **Simulation validation: a confidence assessment methodology**. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1993

LAURET, F. **Sur les études de filières agro-alimentaires**. Economies et sociétés. Serie AG, n.17, 1983.

LAW, A. M. MACCOMAS, M. G. Secrets of succesful simulation studies. **Industrial Engineering**, v. 22, n. 5, p. 47-72, maio 1990.

LAW, A. M.; KELTON, D. W. **Simulation Modeling & Analysis**. New York: MacGraw-Hill, Inc, 1991.

LAZZARINI, S. G.; CHADDAD, F. R.; COOK, M. L. Integrating supply chain and network analyses: the study of netchains. **Journal of Chain and Network Science**, Wageningen, v. 1, n. 1, p. 7-22, 2001.

LOPES, F. F. **Caracterização e quantificação do sistema citrícola brasileiro**. 2005, 125 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MALASSIS, L. **Economie de la consommation et de la production agro-alimentaire**. Cujas: Paris, 1973.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário Estatístico da Agroenergia 2009**. Brasília: MAPA, 2009.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2009/2010 a 2019/2020. MAPA, 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/ministerio/gestao-estrategica/projecoes-do-agronegocio>>. Acesso em: 19 dez. 2010a.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Relação das unidades produtoras cadastradas no Departamento da Cana-de-açúcar e Agroenergia**: posição 01/04/2010. MAPA, 2010. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/1984\\_posicao\\_04\\_2010.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/1984_posicao_04_2010.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2010b.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2009/2010 a 2019/2020 – Estimativas Preliminares sobre o Setor Sucroenergético (atualizado a janeiro 2011). Brasília, 2011.

MDIC-SECEX - SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR DO MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet (ALICEWeb)**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 03 maio 2009.

MF - MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Impostos e Contribuições Federais**. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Alíquotas/default.htm>>. Acesso em: 19 jul. 2009.

MARQUES, P. V. (Coord.) **Custo de produção agrícola e industrial de açúcar e álcool no Brasil na safra 2007/2008**. Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA. Piracicaba, 2009.



- MATHEW, J.; RAJENDRAN, C. Scheduling of maintenance activities in a sugar industry using simulation. **Computers in Industry**, n. 21, p. 331-334, abr. 1993.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**. Edição compacta. São Paulo: Atlas, 1993.
- MILAN, E. L.; FERNANDEZ, S. M.; ARAGONES, L. M. P. Sugar cane transportation in Cuba, a case study. **European Journal of Operational Research**, v. 174, n. 1, p. 374-386, out. 2006.
- MILLS, J.; SCHMITZ, J.; FRIZELLE, G. A strategic review of “supply networks” **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 10, p. 1012-1036, 2004.
- MIZE, J. H; COX, J. G. **Essential of simulation**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1968.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. Análise de séries temporais. São Paulo: E. Blücher, 2004.
- MORVAN, Y. **Fondaments d’economie industrielle**. Paris: Econômica, 1988.
- NAYLOR, T. H.; BALANTIFY, J. I.; BRUDICK, D.; CHU, K. **Técnicas de simulação em computadores**. São Paulo: Editora Vozes, 1971.
- NEVES, M. F. Método para planejamento e gestão estratégica de sistemas agroindustriais (GESis). **Revista de Administração da Universidade de São Paulo (RAUSP)**, v. 43, n. 4, p. 331-343, 2008.
- NEVES, M. F. **Um modelo para planejamento de cadeias de distribuição no setor de alimento**. 1999, 144 f. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**. MARKESTRAT - Centro de Pesquisa em Marketing e Estratégia. Ribeirão Preto: MARKESTRAT, 2010.
- NEVES, M. F.; ROSSI, R. M.; CASTRO, L. T.; LOPES, F. F.; MARINO, M. K. A framework for mapping and quantifying value chains towerds colletive actions. In: **33rd European Marketing Academy Conference**, Murcia, p. 1-9, 2004.
- NEVES, M. F.; VAL, A. M.; MARINO, M. K. The orange network in Brasil. **Fruit Processing**, Schönborn, v. 11, n. 12, p. 486-490, 2001.
- 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. In: **Anais do XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural - SOBER**, Poços de Caldas, v. 1, p. 559-572, 1998a.

- NEVES, M. F.; WAACK, R. S. & MAMONE, A. – Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar: Caracterização das Transações entre Usinas e Empresas de Alimentos. In: **Anais do XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural - SOBER**, Poços de Caldas, v. 1, p. 573-583, 1998b.
- OMTA, S. W. F (Onno). Management of innovation in chains and networks. In: CAMPS, T.; DIEDEREN, P.; HOFSTEDE, G.J.; VOS. B. **The emerging world of chains and networks: bridging theory and practice**. Den Haag: Red Business Information, cap. 33, p. 205-218, 2004.
- OMTA, S. W. F.; TRIENEKENS, J. H.; BEERS, G. Chain and networks science: a research framework. **Journal of Chain and Network Science**, Wageningen v. 1, n. 1, p. 1-6, 2001.
- PAUL, R. J. The computer aided simulation modeling environment: an overview. **Proceedings of the Winter Simulation Conference 96**, p. 737-745, 1992.
- PAUL, R. J.; BALMER, D. W. **Simulation Modelling**. Chartwell-Brat: London, 1993.
- PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using SIMA**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1985.
- PERERA, T.; LIYANAGE, K. Methodology for rapid identification and collection of input data in the simulation of the manufacturing systems. **Simulation Practice and Theory**, v.7, p. 645–656, 2000.
- PIDD, M. Five Simple Principles of Modelling, In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference 96**, p. 721-728, 1996.
- PIDD, M.; CASSEL, R. A. Three-Phase Simulation in Java. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference 98**, p. 367-371, 1998.
- PINAZZA, L. A.; ALIMANDRO, R. **Reestruturação no agribusiness brasileiro**. Rio de Janeiro: ABAG/FGV, 1999.
- PORSSE, A. A. Notas metodológicas sobre o dimensionamento do PIB do agronegócio do Rio Grande do Sul. **Documentos FEE**. Porto Alegre: FEE, n. 55, 62 p., 2003.
- PROCKNOR – PROCKNOR ENGENHARIA. Disponível em: <<http://www.procknor.com.br>> Acesso em: 14 abr. 2009.
- REIBSTEIN, D. J.; CHUSSIL, M. J. Primeiro a lição, depois o teste: usando simulações para analisar e desenvolver estratégias competitivas. In: DAY, G. S.; REIBSTEIN, D.J. **A dinâmica da estratégia competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- RIPOLI, T. C. C. **Colheita da cana**. Piracicaba: Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas. Piracicaba, PECEGE: 2008.
- ROSSI, R. M. **Caracterização e coordenação de sistemas produtivos: o caso do trigo no Brasil**. 2004, 141 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

RPA CONSULTORIA – RICARDO PINTO & ASSOCIADOS. **Dimensionamento de Frota de Implementos Agrícolas no setor Canavieiro**. Ribeirão Preto - SP. Disponível em: <[www.ricardopintoeassociados.com.br](http://www.ricardopintoeassociados.com.br)>. Acesso em: 16 ago. 2009.

SELLTIZ, W.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Revista e Nova, 1979.

SHANNON, R. E. Simulating modeling and methodology. **ACM SIGSIM Simulation Digest**, v. 8, n. 3, p. 33-38, 1977.

SHANNON, R. E. **System simulation** - The art and science. New Jersey: Prentice-Hall, 1975.

SILVA, J. E. A. R. **Desenvolvimento de um modelo de simulação para auxiliar o gerenciamento de sistemas de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Departamento de Engenharia da Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

SILVA, J. G. Complexos Agroindustriais e outros Complexos. **Reforma Agraria**, v. 21, n. 3, p. 5-34, 1991.

SINDIPEÇAS - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Desempenho do Setor de Autopeças 2009**. Disponível em: <[http://www.sindipecas.org.br/paginas\\_NETCDM/modelo\\_pagina\\_generico.asp?ID\\_CANAL=103](http://www.sindipecas.org.br/paginas_NETCDM/modelo_pagina_generico.asp?ID_CANAL=103)>. Acesso em 16/07/2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMASP – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Etanol Verde**. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/index.php>> Acesso em: 24 fev. 2010.

TRENTIN, M. G. **Planejamento estratégico de materiais: uma aplicação dos métodos automáticos de previsão de series temporais**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) - Departamento de Construção Civil e de Matemática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

UDOP – UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo. Disponível em: <[http://www.udop.com.br/cana/tabela\\_consecana\\_site.pdf](http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_site.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2009

UNFCCC - UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **CDM Registry**. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/Projects/registered.html>>. Acesso em: 08 set. 2009

UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético**. Disponível em: <<http://english.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={BEE106FF-D0D5-4264-B1B3-7E0C7D4031D6}>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. **Production, Supply and Distribution Online**. Disponível em: < <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdquery.aspx>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

VORST, J. G. A. J. van der. **Effective food supply chains**: generating, modelling and evaluating supply chain scenarios. The Hague: CIP-Data Royal Library, 2000.

WHAN, B. M.; SCOTT, C. H.; JEFFERSON, T. R. Scheduling sugar cane plant na ratoon crops na a fallow – a constrained markov model. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 21, n. 3, p. 281-289, set. 1976.

YAMADA, M. C. **Modelagem das cadeias de atividades produtivas da indústria sucroalcooleira visando à aplicação em estudos de simulação**. 1999, 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

YOSHIZAKI, H. T. Y. **Análise de desempenho operacional de sistemas logísticos e de transportes**: aplicações de redes de filas. 1989, 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ZYLBERSZTAJN, D. Conceitos Gerais. In: \_\_\_\_\_.; Neves, M. F. (orgs.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

## APÊNDICES

### Apêndice A – Carta de apresentação e roteiro de entrevista

Ribeirão Preto, \_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_

Prezado Sr. \_\_\_\_\_:

Gostaria de lhe apresentar o aluno Bryan Manuel Julca Briceño, mestrando em Administração de Organizações do Programa de Pós Graduação da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – Campus Ribeirão Preto. Atualmente ele está desenvolvendo seu projeto de dissertação, intitulado *Simulador de Cenários para ao Setor Sucroenergético Brasileiro a partir do Método de Mapeamento e Quantificação* e, considerando a experiência do senhor no setor de \_\_\_\_\_, gostaria de lhe solicitar uma entrevista relacionada às variáveis e perspectivas do mercado no período 2011-2015.

Nesse sentido, com a finalidade de facilitar suas respostas, segue em anexo o formato de questionário que será utilizado, sendo que este poderá ser retornado por correio eletrônico ([bmjulca@usp.br](mailto:bmjulca@usp.br)) ou respondido por telefone, conforme seja da sua conveniência. A duração estimada é de 20 minutos.

Atenciosamente,



Prof. Dr. Marcos Fava Neves  
Orientador

### Roteiro de entrevista

O objetivo do trabalho é mapear e quantificar o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar (SAG) em 2008, a partir da valorização monetária dos setores que o integram, assim como simular cenários para o período 2011-2015. Por tanto, é de fundamental importância identificar as variáveis envolvidas no SAG, identificar suas relações e entender o comportamento delas.

É importante então, o entrevistado proporcionar:

- Variáveis que possam ser medidas e valorizadas monetariamente.
- Possíveis mudanças nos anos futuros, particularmente durante o período 2011-2015.

SETOR	PERGUNTA
<b>Fertilizantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os principais fertilizantes utilizados na produção de cana?</li> <li>• Qual é o volume médio utilizado por hectare (cana-planta e cana soqueira)?</li> <li>• Em sua opinião, o uso desse volume médio vai mudar no período 2011-2015? Por favor, mencione os fatores de mudança.</li> </ul>
<b>Defensivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os principais corretivos utilizados na produção de cana (cana-planta e cana soqueira)?</li> <li>• Qual é o volume médio utilizado por hectare?</li> <li>• Em sua opinião, o uso desse volume médio vai mudar no período 2011-2015? Por favor, mencione os fatores de mudança.</li> </ul>
<b>Revendas de Defensivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como é realizada a revenda de defensivos pelas cooperativas?</li> <li>• Em sua opinião a atual modalidade de comercialização vai mudar no período 2011-2015? Por favor, mencione os fatores de mudança.</li> <li>• Qual é a margem de lucro na venda de defensivos no sistema de cana próprio e no sistema de fornecedores?</li> </ul>
<b>Corretivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os principais defensivos utilizados na produção de cana (cana-planta e cana soqueira)?</li> <li>• Qual são os volumes médios utilizado por hectare?</li> <li>• Em sua opinião, o uso desses volumes médios vai mudar no período 2011-2015? Por favor, mencione os fatores de mudança.</li> </ul>
<b>Colhedoras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em sua opinião, quantas colhedoras de cana-de-açúcar serão vendidas no período 2011-2015?</li> <li>• Existe algum critério matemático que permita estimar o número de unidades vendidas ao ano?</li> <li>• Por favor, mencione os principais fatores envolvidos no comportamento deste setor.</li> </ul>

<b>Tratores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em sua opinião, quantos tratores (com capacidade 50 a 99 cv, 100 a 199 cv e mais de 200 cv) serão vendidos ao setor sucroenergético no período 2011-2015?</li> <li>• Por favor, mencione os principais fatores envolvidos no comportamento deste setor.</li> </ul>
<b>Caminhões</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantos caminhões serão vendidos ao setor sucroenergético no período 2011-2015?</li> <li>• Que modelos ou tipos de caminhões são mais demandados pelo setor?</li> <li>• Existe algum critério matemático que permita estimar o número de unidades vendidas ao ano?</li> <li>• Por favor, mencione os principais fatores envolvidos no comportamento deste setor.</li> </ul>
<b>Semi-reboques, reboques e carrocerias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantos semi-reboques, reboques e carrocerias serão vendidos ao setor sucroenergético no período 2011-2015?</li> <li>• Existe algum critério matemático que permita estimar o número de unidades vendidas ao ano?</li> <li>• Por favor, mencione os principais fatores envolvidos no comportamento deste setor.</li> </ul>
<b>Auto-peças e Serviços de Manutenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que tipos de autopeças e serviços de manutenção são demandados pelo setor sucroenergético?</li> <li>• Existe algum critério matemático que permita estimar o volume de vendas das autopeças e serviços de manutenção no sistema sucroenergético?</li> <li>• Por favor, mencione os principais fatores envolvidos no comportamento deste setor.</li> </ul>
<b>Implementos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que tipos de implementos são demandados pelo setor sucroenergético?</li> <li>• Existe algum critério matemático que permita estimar o volume de vendas de implementos no sistema sucroenergético?</li> <li>• Por favor, mencione os principais fatores envolvidos no comportamento deste setor.</li> </ul>
<b>Diesel e Lubrificantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual é o volume de diesel utilizado na produção de cana-de-açúcar (cana-planta, soqueira, colheita de cana transporte e transporte de insumos)?</li> <li>• Qual é o volume de lubrificantes utilizado na produção de cana-de-açúcar (cana-planta, soqueira, colheita de cana transporte e transporte de insumos)?</li> <li>• Por favor, mencione os principais fatores envolvidos no comportamento dos setores.</li> </ul>
<b>Equipamentos de Proteção Individual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que tipos de equipamentos de proteção individual são demandados pelo setor sucroenergético?</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual é o custo médio dos equipamentos de proteção individual na produção de cana-de-açúcar?</li> </ul>
<b>Matéria-Prima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em sua opinião, qual será o valor do ATR médio (quilogramas) durante o período 2011-2015?</li> <li>• Quais são os fatores que influenciam no valor do ATR nas safras?</li> </ul>
<b>Novas unidades de processamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em sua opinião, quantas unidades novas de processamento entrarão em operação durante o período 2011-2015?</li> <li>• Quantas serão usinas e quantas serão destilarias?</li> <li>• Quais são os fatores que influenciam no investimento de novas unidades de processamento?</li> </ul>
<b>Investimento em novas unidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual é o investimento médio para a montagem de uma nova unidade de processamento?</li> <li>• Como poderíamos desagregar esse investimento entre os principais itens ou insumos?</li> <li>• Qual é a participação porcentual desses itens com relação ao investimento total?</li> <li>• Em sua opinião, essa participação vai mudar no período 2011-2015?</li> </ul>
<b>Operação e manutenção de unidades em processamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são as despesas das usinas e destilarias em operação?</li> <li>• Qual é a participação porcentual dessas despesas com relação ao investimento total?</li> <li>• Quais são os fatores que influenciam nessas despesas?</li> <li>• A quantificação delas está em função da capacidade de moagem?</li> </ul>
<b>Produtos Químicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que tipos de produtos químicos são demandados pelo setor sucroenergético?</li> <li>• Qual é o custo médio dos equipamentos de proteção individual no processamento industrial da cana de açúcar?</li> <li>• A quantificação deles está em função da capacidade de moagem?</li> </ul>
<b>Etanol Anidro Energético (formal+informal)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em sua opinião, qual será o comportamento do consumo de etanol anidro no período 2011-2015?</li> <li>• Quais são os fatores e de que forma eles afetam o mercado de etanol anidro energético?</li> <li>• Considera que o mercado informal deste combustível vai diminuir ou aumentar?</li> </ul>
<b>Exportações de etanol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os fatores e de que forma afetam às exportações de etanol brasileiro?</li> <li>• Em sua opinião, qual será o comportamento das exportações de etanol no período 2011-2015?</li> </ul>
<b>Açúcar vendido ao mercado interno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em sua opinião, qual será o comportamento do consumo de açúcar no período 2011-2015?</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os fatores e de que forma afetam ao mercado de açúcar no mercado interno?</li> <li>• Como está estruturado o mercado em função dos setores demandantes (varejista, atacadista e industrial)</li> </ul>
<b>Exportações de açúcar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os fatores e de que forma eles afetam às exportações de açúcar brasileiro?</li> <li>• Em sua opinião, qual será o comportamento das exportações de açúcar no período 2011-2015?</li> </ul>
<b>Bioeletricidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os fatores que afetam o setor de bioeletricidade a partir de cana-de-açúcar?</li> <li>• Em sua opinião, qual será a evolução do mercado de bioeletricidade a partir de cana-de-açúcar no período 2011-2015?</li> <li>• Qual será o volume estimado de MW de bioeletricidade vendido em leilões nos próximos anos?</li> </ul>
<b>Leveduras e Aditivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os fatores que afetam o setor de leveduras e aditivos a partir de cana-de-açúcar?</li> <li>• Em sua opinião, qual será a evolução desse mercado no período 2011-2015?</li> <li>• Qual será o volume estimado (toneladas) de leveduras e aditivos vendidos nos próximos anos?</li> </ul>
<b>Créditos de Carbono</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são os fatores que afetam o setor créditos de carbono no setor sucroenergético?</li> <li>• Qual será a evolução desse mercado no período 2011-2015?</li> <li>• Qual será o volume estimado (toneladas de CO<sub>2</sub>e) vendido nos próximos anos?</li> </ul>







**Apêndice C – CD com o simulador utilizado (programa computacional Excel)**