

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**RESPONSIVIDADE NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UMA
ANÁLISE NA AGROINDÚSTRIA DA CANA**

EDISON SOTOLANI CLAUDINO

**DOURADOS - MS
2015**

EDISON SOTOLANI CLAUDINO

**RESPONSIVIDADE NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UMA
ANÁLISE NA AGROINDÚSTRIA DA CANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Alessandra Querino da Silva.

**DOURADOS - MS
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C615r	<p>Claudino, Edison Sotolani. Responsividade na gestão da cadeia de suprimentos: uma análise na agroindústria da cana. / Edison Sotolani Claudino. – Dourados, MS : UFGD, 2015. 114f.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Gestão da Cadeia de Suprimentos. 2. Agroindústria Sucoenergética. 3. Responsividade. 4. Açúcares Totais Recuperáveis. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD – 633.61</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
Programa de Pós-Graduação em Agronegócios

EDISON SOTOLANI CLAUDINO

RESPONSIVIDADE NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UMA
ANÁLISE NA AGROINDÚSTRIA DA CANA

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis – UFGD/UNIP

Prof. Dr. Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto - UNIP

Prof. Dr. Antonio Carlos Vaz Lopes – UFGD

MAIO DE 2015

EDISON SOTOLANI CLAUDINO

**RESPONSIVIDADE NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UMA
ANÁLISE NA AGROINDÚSTRIA DA CANA**

Esta dissertação foi julgada e aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios com área de Concentração em Agronegócios e Desenvolvimento no Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados.

Dourados (MS), ____ de _____ de ____.

Prof. Clandio Favarini Ruviaro, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

Prof. João Gilberto Mendes dos Reis, Dr. (Orientador)
Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto, Dr.
Universidade Paulista

Prof. Antonio Carlos Vaz Lopes, Dr.
Universidade Federal da Grande Dourados

DEDICO

À minha esposa Ilma.

À nossa filha Paloma.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela oportunidade de ter saúde e força para chegar até o final desta etapa da minha vida.

À minha família, em especialmente minha mãe Maria e meu pai José, por ter me dado a minha vida e a minha formação.

Ao Prof. Dr. João Gilberto Mendes dos Reis pela dedicação, paciência e orientação.

À Prof.^a Dr. Alessandra Querino da Silva pelas suas importantes contribuições no desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da UFGD.

E a todos que de alguma forma contribuíram com a realização desta pesquisa.

RESUMO GERAL

As estruturas analíticas voltadas para análise do agronegócio são importantes instrumentos para geração de valor nas diversas cadeias produtivas. Ao longo dos anos, o agronegócio sofreu diversas modificações em suas estruturas de produção, evolução tecnológica, novas formas de gestão e conhecimento, requerendo, assim, novos aportes conceituais de estudo. Neste contexto, esta pesquisa utiliza o conceito de gestão de cadeia de suprimentos, do inglês - *supply chain management*, para analisar as estratégias de produção e comercialização da agroindústria sucroalcooleira. Esta cadeia produtiva teve uma forte expansão no Estado de Mato Grosso do Sul a partir do ano de 2006, inserindo o Estado entre os maiores produtores do Brasil. Considerando o grande potencial estratégico e econômico desta atividade agroindustrial para o Mato Grosso do Sul, esta pesquisa buscou identificar a responsividade da gestão da cadeia de suprimentos sucroalcooleira na produção e comercialização de açúcar e etanol, através dos seguintes objetivos específicos: (i) revisar a literatura no que se refere à produção de açúcar e etanol nos âmbitos nacional e estadual; (ii) explorar as estratégias aplicadas pela agroindústria canavieira na destinação e comercialização da produção de cana-de-açúcar para açúcar e etanol utilizando como referência o Mato Grosso do Sul; e, (iii) analisar a responsividade da cadeia de suprimentos canavieira na destinação dos Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) para a produção de açúcar e etanol considerando as séries históricas do Mato Grosso do Sul. Como justificativa do trabalho, construiu-se um estudo exploratório e descritivo, a fim de identificar oportunidade de criação de valor na cadeia produtiva, melhor compreensão das estratégias utilizadas para destinação do ATR de cana e oportunidade de inovação. Os resultados demonstram que a cadeia sucroenergética possui boa capacidade de resposta do ATR para mercados mais rentáveis, contudo com o fato de o Brasil ser o maior produtor e exportador mundial de açúcar, o país acaba influenciando fortemente os preços do alimento no mercado mundial. Já o etanol apresenta-se como importante potencial na geração do equilíbrio financeiro das usinas, porém, caso o mercado de biocombustíveis brasileiro possuísse uma melhor regulação, com contratos de médio e longo prazo entre as usinas e distribuidoras, como ocorre nos mercados de leilões de energia, as agroindustriais poderiam alcançar um melhor planejamento financeiro e operacional.

Palavras-chave: Gestão da Cadeia de Suprimentos, Agroindústria Sucroenergética, Responsividade, Açúcares Totais Recuperáveis, Açúcar, Etanol.

MAIN ABSTRACT

The analytical structures turned to the agribusiness analysis are important tools for creating value in supply chains from some productive chains. Over the years, agribusiness' production structure has suffered several changes, as well as on technological developments, new management and knowledge thus requiring new conceptual studies contributions. In this regard, this research uses the concept of supply chain management for the analysis of the sugar and alcohol agroindustry management strategies. The production of chain sugar cane suffered a strong expansion in the state of Mato Grosso do Sul from 2006, by inserting the state among the largest producers of this specialty in Brazil. Considering the great strategic and economic potentials of the agroindustrial activity for the state, this study aimed to identify the responsiveness of the sugarcane supply chain management in the production and sale of sugar and ethanol, through the following specific objectives: (i) review of the literature related to sugar and ethanol productions in Brazil and Mato Grosso do Sul (MS); (ii) exploration of the strategies applied by the mills in destination marketing and production of sugar cane for sugar and ethanol using as reference MS state; (iii) analysis of the responsiveness of the sugar cane supply chain in the allocation of Total Recoverable Sugars (TRS) for the production of sugar and ethanol, considering the historical series of MS state. In order to justify this study, we to built an exploratory and descriptive study aiming to identify any opportunity of value creation in the production chain, to better understand the strategies used for allocation of ATR cane and identify the innovation opportunities. The results showed that the sugarcane chain has good ATR responsiveness to more profitable markets, but once Brazil is the largest producer and exporter of sugar, the country has strongly influenced food prices on the worldwide market. We presented ethanol as the major potential in generating the financial balance of the mills, but if the Brazilian biofuels market had a better regulation, with medium and long-term contracts between mills and distributors, as it happens with energy auction markets, the agribusiness could achieve better financial and operational planning.

Keywords: Supply Chain Management, Sugarcane Mills, Responsiveness, Total Recoverable Sugars, Sugar, Ethanol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mix de produção etanol x açúcar no Mato Grosso do Sul.....	20
Figura 2 - Evolução dos paradigmas de Gestão de Operações.....	25
Figura 3 - Modelo conceitual para coordenação vertical em cadeias de suprimentos agroalimentares.....	30
Figura 4 – Critérios vencedores e qualificadores de mercado como o determinante da estratégia de suprimento	36
Figura 5 -Atualização dos critérios vencedores e qualificadores de mercado como o determinante da estratégia de suprimento	37
Figura 6 - <i>Framework</i> analítico da pesquisa: estudo de caso único integrado com unidade múltiplas de análise.....	59
Figura 7 - Sistema agroindustrial da cana	61
Figura 8 - Mapa de localização das agroindústrias de cana no Mato Grosso do Sul	64
Figura 9 - Movimentação financeira gerada nas usinas	67
Figura 10 - Comparação da produção de milho na 1° e 2° safras nos principais estados produtores do Centro-Sul	76
Figura 11 - Gráfico <i>box plot</i> do ATR médio entre SP e os estados da nova fronteira agrícola da cana	93
Figura 12 - Gráfico de comparação da paridade entre a gasolina e etanol.....	96
Figura 13 - Evolução da produção de etanol e açúcar no MS, e os preços do açúcar....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade de produção instalada	65
Tabela 2 - Variáveis da pesquisa e fonte	88
Tabela 3 - Mensuração da produção de açúcar e etanol do Mato Grosso do Sul e da região Centro-Oeste brasileiro.....	90
Tabela 4 - Análise de variância da regressão	99
Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros da regressão	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descritores do sistema ou atributos ligados às cinco dimensões da cadeia de suprimento da cana.	43
Quadro 2 - Rendimento e destinação do ATR entre as safras 2000/01 a 2014/15	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3PL – *Third-party logistics* - Prestador de Serviço Logístico
ACL - Ambiente de Contratação Livre
ACR - Ambiente de Contratação Regulada
AM - *Agile Manufacturing*
APL – Arranjo Produtivo Local
ASC - *Agile Supply Chain*
ATR – Açúcar Total Recuperável
ANP – Agência Nacional de Petróleo
BIOSUL – Associação da Bioenergia de Mato Grosso do Sul
BPR - *Business Process Reengineering*
BRICs - Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CEPEA – Centro de Pesquisas de Estudos de Pesquisas e Estudos Avançados em Economia
CO – Centro-Oeste
CO² – Dióxido de Carbono
CIM - *Computer-Integrated Manufacturing*
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
CP - *Clean Production*
CSA - *Commodity System Approach*
EGR – Estratégia de Gestão Responsiva
ESALQ – Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FMS - *Flexible Manufacturing Systems*
GO – Goiás
GCS - Gestão de Cadeia de Suprimentos
GPO - Gestão de Produção e Operações
GWh – Gigawatt-hora
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ÍDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
JIT – *Just in Time*
kV - Quilovolts
LP - *Lean Production*
LSC - *Lean Supply Chain*
MT – Mato Grosso
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MIDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MS – Mato Grosso do Sul
P & D – Pesquisa e Desenvolvimento
PIB – Produto Interno Bruto
QRM - *Quick Response Manufacturing*
SAG – Sistema Agroindustrial
SECEX – Secretaria de Comércio Exterior.
SCF - *Supply Chain Flexibility*
SC - *Supply Chain*

SCM - *Supply Chain Management*
SCR - *Supply Chain Responsiveness*
UDOP – União dos Produtores de Bioenergia
UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar
UTE – Usina Termoelétrica
VHP – *Very High Polarization*
TCT - Teoria dos Custos de Transação
TI - Tecnologia da Informação
TICs - Tecnologias da Informação e Comunicação
TQM - *Total Quality Management*
VBR - Visão Baseada em Recurso

Sumário

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	15
1.1 - Considerações iniciais.....	15
1.2 - Objetivos.....	17
1.2.1 - Objetivo Geral.....	17
1.2.2 - Objetivos Específicos.....	17
1.3 - Problemática.....	17
1.4 - Justificativa.....	19
1.5 - Estrutura do trabalho.....	20
Referências bibliográficas.....	21
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	24
2.1 - Evolução na Gestão de Produção.....	24
2.2 - Gestão da Cadeia de Suprimentos.....	26
2.3 - Cadeia Vertical.....	28
2.4 - Estratégias em Redes de Suprimentos.....	30
2.4.1 - Cadeia de Suprimentos Enxuta.....	32
2.4.2 - Cadeia de Suprimentos Responsiva.....	34
2.4.3 - Cadeias de Suprimento Flexível.....	38
2.4.4 - Cadeia de Suprimentos Ágil.....	39
2.5 - Cadeia de valor na produção sucroalcooleira.....	41
Referências Bibliográficas.....	45
CAPÍTULO 3.....	52
Artigo 1 - Análise das estratégias de gestão na cadeia de suprimentos da cana – um estudo de caso.....	52
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	53
1 - Introdução.....	53
2 - Revisão da literatura e metodologia.....	56
2.1 - Estratégia de valor e gestão na cadeia de suprimentos.....	56
2.2 - Metodologia.....	58
3 - Agroindústria da cana no Brasil.....	60
4 - Análise e Discussão dos Resultados.....	65
4.1 - Caracterização do estudo de caso.....	65
4.2 - Comercialização.....	66
4.3 - Produção.....	69
4.4 - Inovação.....	74
5 - Considerações finais.....	77
Referências bibliográficas.....	78
CAPÍTULO 4 - ARTIGO II.....	83
Aplicação da Análise de Regressão Múltipla para avaliação da destinação dos Açúcares Totais Recuperáveis das usinas sul-mato-grossenses.....	83
RESUMO.....	84
ABSTRACT.....	84
1 - Introdução.....	84

2 - Material e Métodos.....	86
2.1 - Material	86
2.2 - Modelo de regressão linear múltipla	88
3 - Resultados e Discussões.....	89
3.1 - Produção em Mato Grosso do Sul.....	89
3.2 - Trade off na destinação do ATR	92
3.3 - Política de Preços do Etanol.....	95
3.4 - Escolha do ATR para produção de açúcar	96
4 - Conclusão	102
Referências bibliográficas	103
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO GERAL	106
APÊNDICE	108

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações iniciais

A evolução dos mercados está estritamente relacionada à evolução da sociedade e vice-versa. A sociedade atual mudou os paradigmas de consumo, além do surgimento de enormes desafios para o agronegócio (GUNASEKARAN & NGAI, 2012).

Dentre os principais desafios para o futuro do agronegócio, Boehlje *et al.* (2011) destacam: (i) a necessidade de aumento da produção de alimentos para uma população mundial crescente; (ii) consorciação da produção de alimentos, fibras e bioenergia com a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e aquecimento global; e, (iii) atuação das cadeias produtivas do agronegócio em mercados globalizados, instáveis e voláteis.

O termo “Agronegócio” apareceu pela primeira vez nos Estados Unidos com David e Goldberg (1957) em sua obra intitulada “*A concept of Agribusiness*”, abordando o conceito de *Commodity System Approach* (CSA) (Abordagem de Sistemas de *Commodities*), que descrevia três distintos atores em um sistema alimentar global, contudo interdependentes: (i) fornecedores de insumos agrícolas; (ii) produtores de *commodities* agrícolas, e (iii) instituições que desempenham aspectos funcionais associados com a comercialização de alimentos e fibras.

Paralelamente ao conceito de David e Goldberg, durante a década de 60, difundiu-se a partir de conceitos provenientes da escola industrial francesa a noção de *analyse de filière*, marcado especialmente pela obra de Morvan (1988), denominada “*Fondements d’économie industrielle*” abordando o conceito de Cadeias Agroindustriais de Produção.

Esse dois conceitos foram os pioneiros como estrutura analítica aplicada para entendimento do agronegócio e amplamente discutido na literatura nacional e estrangeira, sendo a base para fomentar discussões e pesquisas sobre a utilização de novas ferramentas gerenciais e conceituais visando o entendimento da dinâmica de funcionamento e a busca da eficiência em cadeias agroindustriais.

Segundo Batalha e Silva (2011), entre os novos aportes teóricos e empíricos à noção de cadeia agroindustrial, pode-se destacar o conceito de Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS), do inglês *Supply Chain Management (SCM)*. Esse conceito consiste em um conjunto de ideias ligadas à formação de redes de empresas que são gerenciadas por agentes pertencentes a elas com objetivo de maximizar a produção e comercialização de bens visando uma maior lucratividade para todos os envolvidos.

Apesar da consolidação de estudos voltados para o agronegócio no Brasil, nota-se que há poucas pesquisas direcionadas para compreensão da GCS aplicadas a agroindústrias. No Brasil, autores como Pires (2007), Novaes (2007), Corrêa e Corrêa (2009), Reis (2011) têm abordado o estudo da SCM em contextos fora do agronegócio. Internacionalmente destacam-se as obras de Chopra e Meindl (2003), Bowersox *et al.* (2006), Ballou (2006), Christopher (2011), entre outros.

Segundo Ng e Siebert (2009), o estudo do agronegócio deve envolver vários níveis de análise, ou seja, na empresa, interempresas, cadeias de valor, mercados, cadeias de suprimento, etc. Desse modo, fazem-se importantes pesquisas que estudem e destaquem esses níveis de análise.

Aliado a isso, a globalização dos mercados mundiais de *commodities* e produtos agrícolas trouxe extraordinários efeitos sobre os mercados, que, de acordo com Sporleder e Boland (2011), aumentam a competição, tornando, assim, difícil para as empresas aumentarem os preços quando os custos aumentam. Além disso, a grande competição também motiva gestores a adicionar valor aos bens e serviços para manter a posição de líder de mercado.

Portanto, o estudo dos paradigmas de eficiência em sistemas agroindustriais é de fundamental importância. Assim, este trabalho procura analisar e identificar a utilização de estratégias de gestão de cadeia de suprimentos em agroindústrias, particularmente na cadeia produtiva da cana.

1.2 - Objetivos

1.2.1 - Objetivo Geral

Identificar a responsividade da gestão de cadeia de suprimentos da agroindústria sucroalcooleira na produção e comercialização de açúcar e etanol.

1.2.2 - Objetivos Específicos

- ✓ Revisar a literatura referente à produção de açúcar e etanol brasileira e de Mato Grosso do Sul;
- ✓ Explorar as estratégias aplicadas pela agroindústria canavieira na destinação e comercialização da produção de cana-de-açúcar para açúcar e etanol utilizando como referência o Mato Grosso do Sul;
- ✓ Identificar a existência da responsividade da cadeia sucroalcooleira na destinação dos Açúcares Totais Recuperáveis para a produção de açúcar e etanol considerando as séries históricas do Mato Grosso do Sul;

1.3 – Problemática

O presente estudo justifica-se pela crescente busca por um melhor entendimento das cadeias de suprimentos nas últimas décadas em que houve uma significativa mudança nos requerimentos de mercado. Conforme Gunasekaran e Ngai (2012), a aplicação da Tecnologia da Informação – TI/Sistemas de Informação e a terceirização na gestão de operações têm significativamente alterado o panorama das estratégias em gestão de operações, das técnicas e da tecnologia, sendo o mesmo válido para o agronegócio.

Para Harrison e NG (2011), o fundamento para o conceito de agronegócio é que muitos dos problemas relacionados a esta temática estão inter-relacionados e dependem de abordagens políticas, sociológicas, econômicas e fatores comportamentais. Portanto, o campo de estudo do agronegócio é cientificamente pluralístico.

Além das mudanças dos paradigmas de produção, dados da FAO (2011) apontam para a atual população mundial estimada hoje em aproximadamente 7 bilhões, deve alcançar 9 bilhões de pessoas até o ano de 2050. Este contingente populacional pressionará pelo aumento da oferta de alimentos das cadeias de suprimentos vinculadas a agroindústrias, especialmente porque os países em desenvolvimento – BRICs (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) - nos últimos anos têm reduzido os níveis de pobreza, permitindo, assim, um maior e melhor acesso das suas populações aos alimentos.

Juntamente com o aumento da população, questões ambientais e a produção de bioenergia afetam diretamente empresas vinculadas ao agronegócio em diversas partes do mundo. Torna-se cada vez mais evidente a necessidade de regulamentação e implementação de leis pelos governos com o propósito de coagir produtores e empresas a adotarem mecanismos de produção limpa e geração sustentável de energia.

Sporleder e Boland (2011) destacam sete características que tornam as cadeias agroalimentares distintas das demais. As sete características são: (i) o risco que emana da natureza biológica nas cadeias de suprimento agroalimentar, (ii) o papel de estoques reguladores dentro da cadeia de abastecimento, (iii) a base científica da inovação na produção agrícola tem migrado do químico para o biológico, (iv) influências da tecnologia da informação e do cyberspaço sobre as cadeias de abastecimento agroalimentar, (v) a predominância da estrutura de mercado fora da porteira da fazenda continua oligopsônio, (vi) relativa troca da força de mercado ao longo das cadeias de suprimentos agroalimentares das indústrias de alimentos para os varejistas de alimentos, e (vii) a globalização da agricultura e das cadeias de abastecimento agroalimentares.

Além das características únicas, as agroindústrias e cadeias alimentares globais estão diante de grandes desafios. Segundo Boehlje *et al.* (2011), estes desafios sugerem três questões críticas para o setor: (i) decisões precisam ser tomadas em um ambiente de aumento do risco e incerteza, (ii) desenvolvimento tecnológico e a adoção de constantes inovações são críticas para o sucesso financeiro de longo prazo; e, (iii) respostas para mudanças na estrutura da indústria e o panorama competitivo e limites da indústria são essenciais para a manutenção da posição de mercado.

Especificamente no setor de análise da pesquisa, Silva *et al.* (2013) destacam que houve grande euforia na cadeia sucroalcooleira no início dos anos 2000, com

investimentos maciços na construção de novas unidades *greenfields*¹, além do capital externo que entrou no país buscando diversificar seus negócios adquirindo usinas menores e independentes.

Nexte contexto, torna-se fundamental compreender o atual cenário tecnológico e gerencial do setor que está em pleno desenvolvimento, tanto por empresas do setor, como também por outras que buscam diversificar os seus negócios, incluindo empresas petrolíferas.

1.4 – Justificativa

Esta pesquisa se justifica pela necessidade da aplicação das estratégias de gestão das cadeias de suprimento em agroindústrias para o correto alinhamento das operações produtivas e demandas de mercado. Considerando que os produtos agrícolas são caracterizados como produtos funcionais, otimizar as respostas das cadeias produtivas frente à oscilação de demanda e preços pode ser um diferencial competitivo.

Corroborando com a problemática de pesquisa, no Mato Grosso do Sul, segundo o MAPA (2014), existem 22 agroindústrias de cana, sendo que 45% (10 unidades) são caracterizadas pela produção mista, ou seja, produzem etanol e açúcar, e 54% (12 unidades) produzem apenas o etanol. A configuração do modelo de produção mista é um importante instrumento de análise da estratégia de suprimento ao mercado, visto que a agroindústria pode optar pelo tipo de configuração mais adequado do produto ao mercado conforme prerrogativas (preços, demanda, mercado doméstico ou exportação, etc.), o que reforça a importância desta pesquisa.

Desta forma, esta pesquisa pretende, a partir de uma pesquisa exploratória que utiliza métodos qualitativos e quantitativos, baseados na comercialização, produção e inovação tecnológica das usinas, analisar se o atual quadro da cadeia produtiva sucroenergética tem sido eficiente e responsivo à necessidade do mercado.

Conforme a Figura 1, baseada em estimativas de produção da BIOSUL, (entidade que congrega os produtores de bioenergia do MS), apontam para uma forte tendência de produção das indústrias sucroalcooleira sulmatogrossense voltada para o

¹ *Greenfields*: - projetos desenvolvidos desde o início (novo), ou seja, usinas novas. Fonte Torquato e Ramos (2013).

etanol. Assim tem-se a proporção 71% etanol e 29% açúcar como previsão para a safra 2014/2015², seguindo tendência histórica das últimas seis safras.

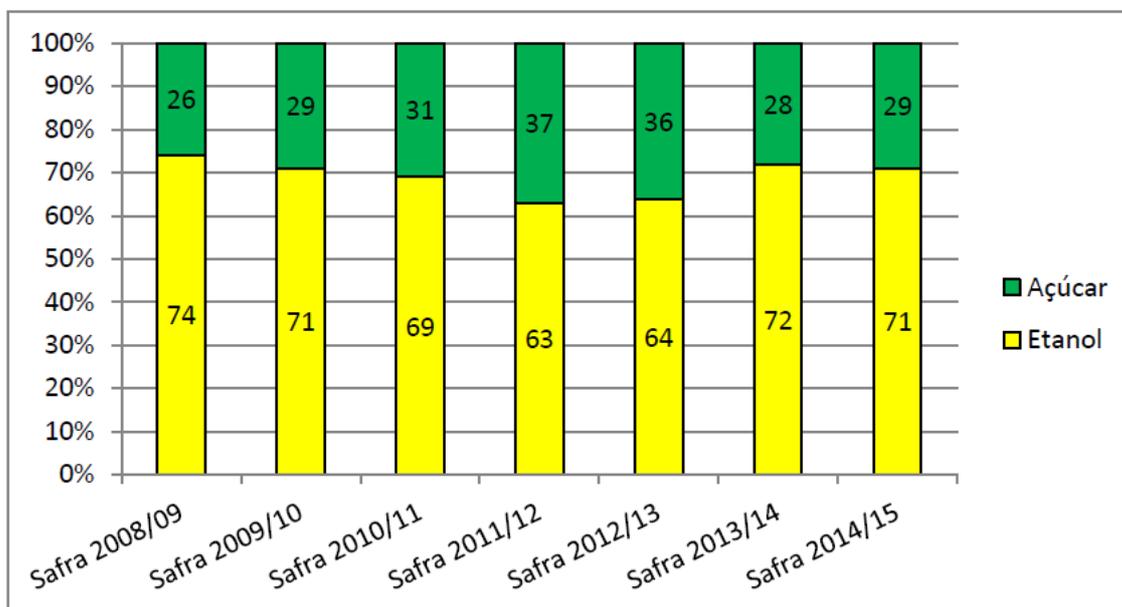


Figura 1 - Mix de produção etanol x açúcar no Mato Grosso do Sul

Fonte: BIOSUL, 2014.

Portanto, flexibilidade e agilidade para respostas rápidas às demandas do mercado, especialmente em uma produção diversificada ou mesmo baseada no binômio etanol x açúcar, podem ser uma vantagem competitiva superior das agroindústrias de cana, frente a outras agroindústrias ou produtos de diferentes bases de produção (etanol de milho, açúcar de beterraba etc.).

Diante do exposto, essa pesquisa busca responder as seguintes perguntas: existe responsividade e agilidade das agroindustriais sucroalcooleiras com configuração para produção mista de etanol e açúcar? Em caso positivo, como ocorre a tomada de decisão nos processos produtivos para criação de valor no binômio etanol x açúcar?

1.5 – Estrutura do trabalho

Para atingir os objetivos da pesquisa, este estudo foi dividido em cinco capítulos. Inicialmente são apresentadas as considerações iniciais da pesquisa, a

² Previsão Biosul.

problemática, os objetivos e a justificativa no primeiro capítulo. No segundo capítulo, é realizada uma revisão da literatura acerca dos conceitos das estratégias de gestão na cadeia de suprimentos e criação de valor na cadeia de suprimentos sucroalcooleira. Em seguida, é descrito o primeiro artigo que apresenta um estudo de caso com uma unidade de produção *greenfield* da cadeia de suprimentos sucroalcooleira regional (entrevista semiestruturada e coleta de dados da unidade objeto de estudo no capítulo 3). O capítulo 4 contém o segundo artigo da pesquisa, elaborado através de métodos estatísticos (estatística descritiva e análise de regressão múltipla) para identificar a existência de responsividade na cadeia de suprimentos sucroalcooleira regional, onde foi analisada a série histórica de produção de etanol e açúcar regional. Por fim, no capítulo 5, é apresentada a conclusão geral da pesquisa.

Referências bibliográficas

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BATALHA, O.; SILVA, A. L. Gerenciamento de sistemas agroindustriais: definições, especificidades e correntes metodológicas. In: BATALHA, M. O (Coord). **Gestão Agroindustrial**. 3º ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BOEHLJE, M.; ROUCAN-KANE, M.; BRÖRING, S. Future agribusiness challenges: strategic uncertainty, innovation and structural change. **International Food and Agribusiness Management Review**, vol. 14, issue 5, p. 53-81, 2011.

BIOSUL. 1º Estimativa de produção 2013/2014. Associação dos produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul. Campo Grande. Disponível em: <<<http://www.biosulms.com.br/>>>. Acesso em: 05 março 2014.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learnings, 2011.

CHOPRA, S.; MEINDL, P.. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Estratégia. **Planejamento e Operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CORRÊA, H.L. **Gestão de redes de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2010.

DAVIS, J.; GOLDBERG, R. **A Concept of Agribusiness**. *Division of Research*. Boston: Graduate School of Business Administration. Harvard University, 1957.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Save and grow: A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production**. Rome: 2011. Disponível em: <www.fao.org/docrep/014/i2215e/i2215-e.pdf>. Acesso em 16 jan. 2014.

GUNASEKARAN, A. Supply chain management: Theory and applications. **European Journal of Operational Research**, vol. 159, p. 265–268, 2004.

GUNASEKARAN, A.; NGAI, E. T. The future of operations management: An outlook and analysis. **Int. J. Production Economics**, vol. 135, p. 687–701, 2012.

HARRISON, R. W.; NG, D. The scientific pluralism of agribusiness: a special issue on theory and practice. **International Food and Agribusiness Management Review**, vol. 14, issue 5, p. 1-10, 2011.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in Supply Chain Management. **Industrial Marketing Management**. New York: Elsevier Science Inc, vol. 29, p. 65–83, 2000.

MAPA. Relação de instituições no departamento de cana-de-açúcar e agroenergia. Acesso em 02 ago 2014, **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Brasília, 2013.

MORVAN, Yves. Filière de production. **Fondaments d'économie industrielle, Economica**, p. 199-231, 1985.

NG, D.; J.W. SIEBERT. Toward better defining the field of agribusiness management. **International Food and Agribusiness Management Review**, vol. 12, issue 4, p.123-142, 2009;

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. 3º ed. Rio de Janeiro: 2007.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e Casos**. São Paulo: Atlas, 2007.

REIS, J. G. M. **Modelo de avaliação da qualidade para redes de suprimento**. 235 f. Tese de Doutorado. São Paulo: UNIP, 2011.

SILVA, A. T. B. *et al.* Cenários prospectivos para o comércio internacional de etanol em 2020. **Revista de Administração**, v. 48, n. 4, p. 727-738, 2013.

SPORLEDER, T. L; BOLAND, M. A. Exclusivity of agrifood supply chains: seven fundamental economic characteristics. **International Food and Agribusiness Management Review**, vol. 14, Issue 5, p. 27-51, 2011.

TORQUATO, S.; RAMOS, R. C.. Biomassa da cana-de-açúcar e a geração de bioeletricidade em São Paulo: usinas signatárias ao Protocolo Agroambiental Paulista. **Informações Econômicas**, SP, v. 43, n. 5, set/out. 2013.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – Evolução na Gestão de Produção

Ao longo dos últimos 20 anos, o Brasil sofreu importantes mudanças nos sistemas produtivos agroindustriais. A estabilidade econômica e geração de emprego proporcionaram o aumento da renda da Classe C e D e trouxeram uma grande oportunidade para o país, seja no desenvolvimento socioeconômico, como no ambiente favorável a investimento empresariais.

Contudo, o país ainda carece de muitos desafios que restringem um maior desenvolvimento tecnológico e econômico. Dentre os principais desafios destacam-se: a necessidade de melhoria do sistema educacional, deficiências em infraestrutura, alta carga tributária, falta de políticas estratégicas voltadas para o desenvolvimento tecnológico e inovação, entre outros que afetam sistematicamente as cadeias de suprimentos vinculadas aos sistemas produtivos e ao agronegócio (SILVA *et al.*, 2013).

Com o advento da abertura econômica ocorrida no Brasil a partir de 1990, muitos setores industriais do país passaram a se defrontar com um novo ambiente de competição em escala global (GUNASEKARAN; NGAI, 2012).

Segundo Pires (2007), sob a gestão produtiva, uma das consequências desse processo econômico foi uma significativa revisão das dimensões competitivas que são baseadas no custo, qualidade, o desempenho das entregas e a flexibilidade. O cliente cada vez mais busca produtos customizados, com prazos de entrega confiáveis e próximos da pronta-entrega.

Além das mudanças mercadológicas, políticas e econômicas ocorridas nos últimos anos no país, desde os anos 90 até hoje, o mundo sofreu um constante aperfeiçoamento das chamadas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e o rápido avanço da Internet. O advento das tecnologias gerou efeitos revolucionários nos meios sociais, privado e corporativo. O ambiente corporativo passou a utilizar estas novas tecnologias para criar oportunidades de negócio e ganho de eficiência através do monitoramento da sua rede a montante e jusante.

Neste mesmo sentido, a Gestão de Produção e Operações – GPO evoluiu para acompanhar este novo ambiente de negócio. Assim, o foco, antes voltado para produção

em massa, mudou para um novo padrão voltado para a customização em massa. Para Gunasekaran e Ngai (2012), durante a trocas destes paradigmas, empresas têm implementado novas estratégias de operações, técnicas e tecnologias para competir em mercado globais.

A Figura 2 destaca o ambiente de mudança da GPO e as principais estratégias de produção como: O *Just-in-Time* (JIT), *Total Quality Management* (TQM), *Flexible Manufacturing Systems* (FMS), *Computer-Integrated Manufacturing* (CIM), *Agile Manufacturing* (AM), *Lean Production* (LP), *Business Process Reengineering* (BPR), *Quick Response Manufacturing* (QRM), *Clean Production* (CP), *Supply Chain Management* (SCM).

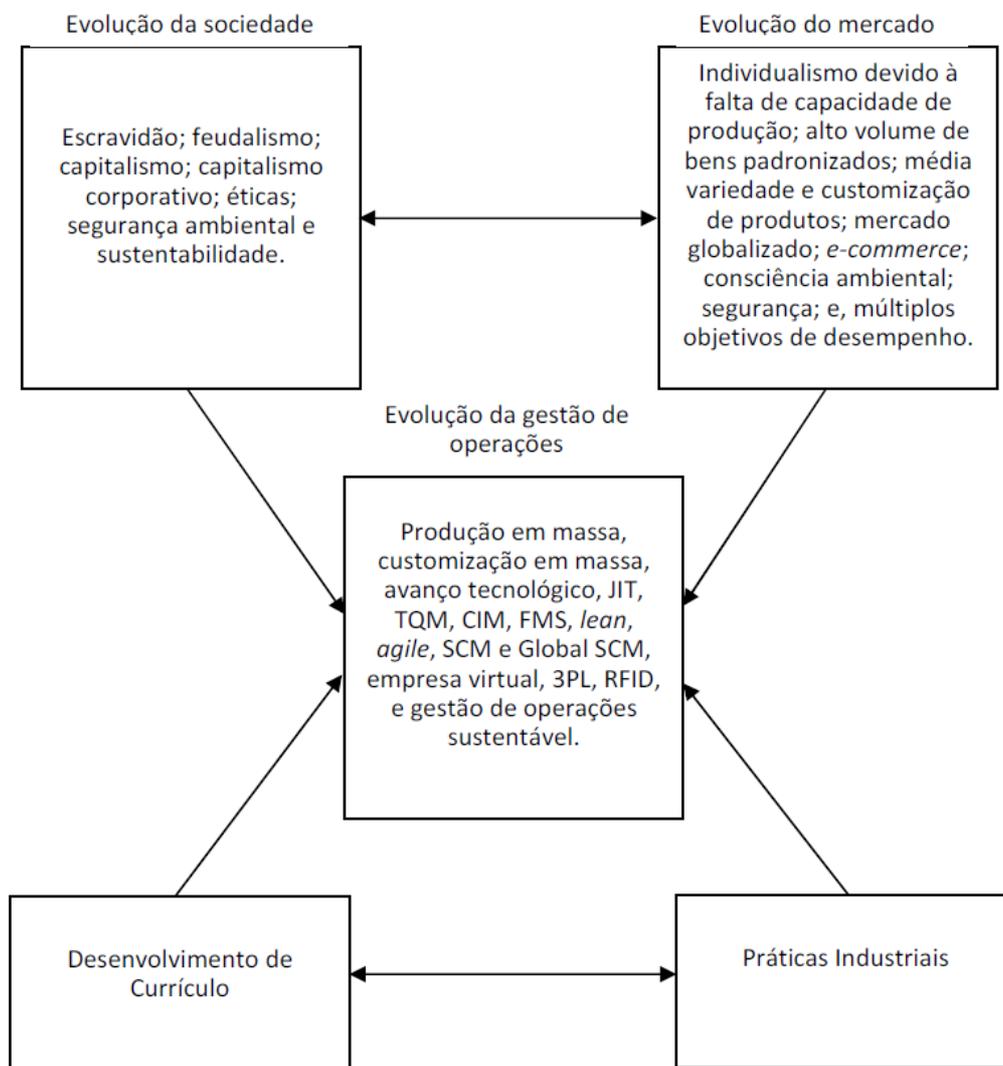


Figura 2 - Evolução dos paradigmas de Gestão de Operações.

Fonte: Gunasekaran e Ngai (2012).

Corrêa (2010) infere que, pela sua importância estratégica para o sucesso competitivo das organizações hoje e no futuro, as decisões de gestão de redes de suprimento não podem ser tratadas de forma *ad hoc*, ou seja, localizada.

Para Roth *et al.* (2007), as modernas cadeias de suprimento alimentar estão inseridas em um ambiente de concorrência global (globalização), mercado dominado por poucas grandes empresas (consolidação), e produtos alimentares que podem ser ou de valor agregado ou *commodities*, sendo a agregação de valor derivada de uma estreita relação entre os membros da cadeia de suprimentos (“comoditização”).

2.2 – Gestão da Cadeia de Suprimentos

Lambert e Cooper (2000) afirmam que a mais significativa mudança de paradigma da moderna gestão de negócios é que organizações individuais já não competem como entidades únicas, mas sim como cadeias de suprimentos. Assim, estudos pioneiros têm focado no em análises para cadeias de suprimentos como: Cooper *et al.* (1997), Beamon (1998), Cox (1999), Lambert e Cooper (2000), Christopher e Towill (2000), entre outros.

Uma cadeia de suprimentos engloba todos os estágios envolvidos direta ou indiretamente, no atendimento do pedido de um cliente. Por isso, a cadeia de suprimento não inclui apenas fabricantes e fornecedores, mas também transportadores, as fontes de matéria-prima, depósitos, varejistas e os próprios clientes (Chopra e Meindl, 2003; Novaes, 2007). Já na abordagem de Christopher (2011), a SCM pode ser definida como “a gestão de relações a montante e a justante com fornecedores e clientes, a fim de entregar ao cliente valor superior ao menor custo para toda a cadeia de suprimentos”.

Lambert *et al.* (1998) destacam quatro diferentes tipos de ligações de processo de negócio entre os membros de uma cadeia de suprimentos: (i) ligações de processo gerenciado; (ii) ligações de processos monitorados; (iii) ligações de processos não-gerenciado; (iv) ligações de processos não membros.

Mentzer *et al.* (2001) identificam três graus de complexidade da cadeia de suprimentos, classificadas como uma “cadeia de suprimentos direta (empresa focal)”,

uma “cadeia de suprimentos estendida (fornecedor do fornecedor)” e uma “última cadeia de suprimentos (prestador de serviço logístico -3PL)”.

Para Pires (2009), existem muitos erros de interpretação nos termos ligados à cadeia de suprimentos, assim tem-se: (i) cadeia de suprimento (*supply chain*): apresenta uma sequência linear de processos e/ou atividades executadas em uma ordem bem definida, sendo mais característico das empresas de manufatura; (ii) redes de suprimento (*supply network*): descreve as ligações laterais, os *loops* reversos, as trocas em duas direções e posiciona a empresa focal como ponto de referência; (iii) cadeias produtivas (CP): é usado para referir-se ao conjunto de atividades que representam genericamente determinado setor industrial (*analyse de filière*); (iv) cadeias de valor (*value chain*): atribuída aos trabalhos de Porter, onde os elementos-chaves para uma vantagem competitiva deve-se analisar as várias atividades executadas na cadeia de valor.

Segundo Bowersox *et al.* (2006), uma cadeia de suprimentos integrada, implica na gestão de relacionamento multiempresas baseada numa estrutura caracterizada por limitações de capacidade, informações, competências essenciais, capital e de restrições de recursos humanos. Nesta abordagem, a estrutura e a estratégia da cadeia de suprimentos resultam de esforços para conectar operacionalmente uma empresa aos clientes, assim como às redes de apoio à distribuição e aos fornecedores.

Ao longo dos anos, nota-se uma evolução das definições da SCM, sugerindo que ela tem sido desenvolvida para refletir práticas de negócio reais, estando em constante evolução. Percebe-se o maior aprofundamento do foco anterior sobre as atividades de gestão e fluxos de materiais, em recentes abordagens onde a gestão da cadeia de suprimentos possui abordagem sistêmica com ligações estratégicas entre as empresas de motante a jusante.

À medida que caminha-se para a era da concorrência entre cadeias de suprimento, uma série de princípios surgem para orientar o gestor destas. Christopher (2011), infere que estes princípios podem ser resumidos convenientemente como quatro “Rs”, como segue: responsividade; *reliability* (confiabilidade); resiliência; e relacionamentos.

A SCM está associada com a gestão de relações através de complexas redes de empresas, que apesar de independente legalmente, são de fato interdependentes. O desafio da gestão integrada é o de direcionar a ênfase tradicional na funcionalidade para

concentrar na realização de processos. Tem se tornado evidente que as funções, individualmente mais bem desempenhadas do que em grupo, necessariamente não se combinam ou se agregam para alcançar custos totais mais baixos ou processos altamente eficazes.

Corroborando com os conceitos de SCM, o estudo das cadeias verticais de integração permite a empresa focal da cadeia de suprimento tomar importantes decisões acerca da verticalização da produção, ou seja, comprar ou produzir determinado produto, criar alianças estratégicas, *joint venture*, etc.. A seguir é apresentado o conceito de cadeia vertical.

2.3 – Cadeia Vertical

Zhao e Lee (2009) destacam a crescente importância de tendências na Gestão de Produção, como: (i) importância da teoria baseada em recusos e teoria dos custos de transação; (ii) questões gerenciais na cadeia de suprimentos ligadas com a confiança, compromisso, e configuração; (iii) escolha de operações desde institucional, contingência e teoria da configuração, (iv) relacionamento entre operações e estratégia da cadeia de suprimento usando teoria da contingência e teoria da configuração.

Neste contexto, abordam-se a seguir alguns conceitos acerca da cadeia vertical, fundamental para a coordenação da cadeia de suprimentos. A produção de quaisquer bens, produto ou serviço geralmente requer muitas atividades. O processo que começa com a aquisição de matérias-primas e termina com a distribuição e venda de bens e serviços acabados é definida como cadeia vertical (BENSANKO *et al.*, 2012).

As relações verticais da cadeia de suprimento podem ser baseadas em quatro características definidas por Cooper *et al.* (1997) como: (i) evoluem através de vários estágios de aumento da integração intra e interorganizacional e coordenação; (ii) potencialmente envolvem muitas organizações, (iii) incluem fluxo bidirecional de produtos e informações, (iv) buscam o objetivo de fornecer alto valor ao cliente com um apropriado uso de recursos, e construção de vantagem competitiva da cadeia.

Não importa qual a posição da empresa na cadeia vertical, ela precisa definir suas fronteiras. Para tomar as decisões sobre “produzir” ou “comprar”, a empresa deve comparar os benefícios e custos de usar o mercado em oposição a executar a atividade

“em casa”. Existem exemplos de empresas bem sucedidas verticalmente, como também empresas que são verticalmente “desintegradas” (BENSANKO *et al.*, 2012).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2009), diferentes tipos de relacionamentos com fornecedores podem ser desejáveis, como: mercado puro; integração vertical; contratos de médio e longo prazo; *joint ventures*; parceria estratégica; parceria para o desenvolvimento, entre outros.

Conjuntamente com a decisão da empresa de “produzir” ou “comprar”, o estudo das bases teóricas sob lentes econômicas da Teoria dos Custos de Transação (TCT) proporcionam importantes *insights* dentro do desenvolvimento de uma estreita coordenação vertical entre empresas do agronegócio. A abordagem econômica da TCT, busca explicar as organizações de mercado, e algumas das escolhas descritas por Teece *et al.* (1997) em sua Visão Baseada em Recurso – VBR.

Estas teorias assumem que os canais de comercialização podem ser determinados através de uma racional consideração dos custos de transação, os quais são minimizados através da mitigação dos “riscos morais” (*moral hazards*), (Williamson, 1979).

Para Fiane (2002), riscos morais tratam-se de uma conduta oportunista pela qual uma das partes de um contrato muda sua conduta após o mesmo ter sido pactuado, se aproveitando do fato de que só ele tem acesso a algumas informações para obter ganhos.

Os custos de transação são os custos que os agentes enfrentam toda a vez que recorrem ao mercado, assim podem ser considerados como os custos de negociar, redigir e garantir o cumprimento de um contrato (Fiane 2002). Baseados nos conceitos de Coase (1937), Hobbs (1996) destaca quatro fatores que determinam os custos de transação: os limites da racionalidade, o oportunismo, especificidade dos ativos e assimetria de informação.

Na abordagem de Hobbs e Young (2000), os custos de transação podem ocorrer: *ex ante*, ou seja, as despesas de tempo e recurso para identificar adequado parceiro comercial, especificar/indicar qualidade do produto, coleta de informação de preço etc.; (ii) ou *ex post*, a uma transação onde é realizado um contínuo “monitoramento e fiscalização” para garantir os termos acordados da transação sejam cumpridos.

Na Figura 3, Hobbs e Young (2000) propõem um modelo conceitual de quatro componentes vinculados à estreita coordenação vertical em cadeias de suprimentos agroalimentares. Os autores seguem a abordagem de Williamson (1979) em que certas características da transação afetam uma coordenação vertical, ou as escolhas das “estruturas de governança”, através de sua influência sobre os custos de transação.

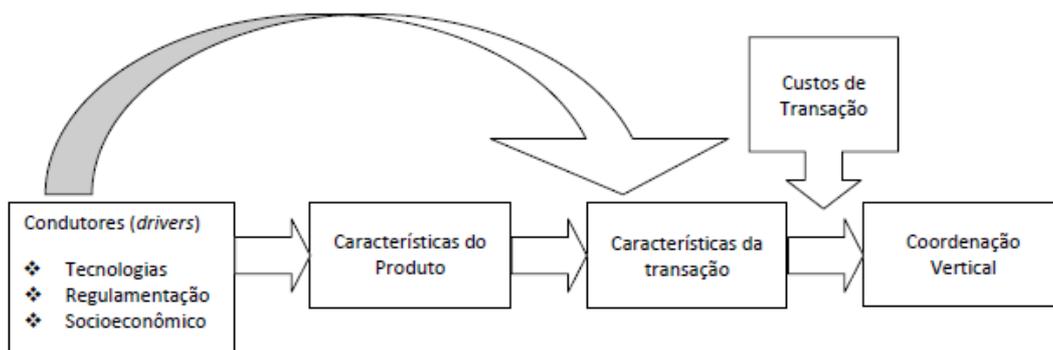


Figura 3 - Modelo conceitual para coordenação vertical em cadeias de suprimentos agroalimentares

Fonte: Hobbs e Young (2000).

Como os custos de transação de usar o sistema de mercado aberto aumenta, espera-se que sejam realizadas mais operações via estreita coordenação vertical, ou seja, mais transações realizadas sobre a égide de estratégicas alianças, através da contratação ou dentro de uma empresa integrada verticalmente (COASE, 1937; WILLIAMSON, 1979).

2.4 - Estratégias em Redes de Suprimentos

Nos últimos anos, a competição baseada no nível interno da empresa tem se estendido para as cadeias de suprimentos, sendo a ligação entres os membros da cadeia de suprimento cada vez menos transacional e mais estratégica. Desta forma, o estudo das estratégias para gestão da cadeia de suprimentos tem ganhado cada mais relevância em pesquisas acadêmicas, além de ser uma importante fonte de vantagem competitiva superior entre as cadeias de suprimentos.

Para garantir competitividade no longo prazo e sobrevivência, empresas estão implantando novas estratégias, baseadas na colaboração com parceiros de negócio e

avançada utilização da TI e *Web services*. Assim, ao longo do século XX, as empresas implementaram diversas estratégias produtivas como a manufatura ágil, responsiva, flexível e enxuta (GODINHO FILHO, 2004).

A gestão da cadeia de suprimentos tem emergido como uma das principais áreas onde as empresas podem alcançar vantagem competitiva, uma vez que determina a gestão dos atores da cadeia produtiva de maneira integrada, através de uma visão holística (LEE, 2002). Entretanto, para que essa SCM seja eficaz, é necessário estabelecer a correta estratégia a ser aplicada a cada cadeia de suprimentos.

Desta forma, o estudo e implementação destas estratégias têm sido foco de estudos de diversos autores para a adequada gestão da rede de suprimentos como, Christopher (2000, 2011), Nollet *et al.* (2005), Vonderembse *et al.* (2006), Stavroulaki e Davis (2010), Corrêa (2010), entre outros.

Chandra e Grabis (2007) identificam os impulsionadores-chave para concepção e implementação da SCM no que diz respeito a agilidade, flexibilidade e responsividade, onde tem-se: (i) introdução de novos produtos ou a atualização dos já existentes, (ii) introdução de novos processos ou melhoramento dos processos existentes, (iii) alocação de novos recursos ou realocação dos recursos existentes, (iv) seleção de novos fornecedores, ou exclusão de algum existente, (v) mudança no *lead times* para produto e/ou processo de ciclo de vida, e, (vi) mudança no compromisso dentro e entre membros da cadeia de suprimentos.

Contudo, não existe uma única estratégia a ser implementada pela empresa para o alcance da vantagem competitiva nas redes de suprimento. Em sua obra, Fisher (1997) propõe que o primeiro passo para a elaboração de uma efetiva estratégia na cadeia de suprimento é, por conseguinte, considerar a natureza da demanda para os produtos classificando-os em apenas duas categorias: produto funcional e produto inovativo.

Portanto, infere-se que a classificação entre redes de suprimento eficientes e de resposta rápida é baseada no nível de previsibilidade da demanda. Assim, diferentes ações estratégicas seriam apropriadas quando redes eficientes encaram imprevisibilidades no lado do suprimento e quando redes de respostas rápidas respondem as variações de mercado.

Lee (2002) expandiu o *framework* de Fisher, incorporando não só a incerteza da demanda, mas também incertezas do fornecimento, afirmando que o processo de abastecimento pode ser estável ou instável para ambos: produtos funcionais e inovadores. Isto sugere quatro tipos diferentes de cadeias de abastecimento, o que Lee (2002) define como: (i) cadeia de suprimentos eficiente; (ii) cadeia e suprimento de cobertura de risco ou flexível (*risk-hedging*); (iii) cadeia de suprimentos responsiva; (iv) cadeia de suprimentos ágil.

Corrêa (2010) afirma que as estratégias de redução de incertezas tomam a forma de planejamento e gestão colaborativa de previsões e de estoques entre parceiros da rede, de forma que as distorções sejam minimizadas. Ainda conforme o autor, as ações no projeto de produto e processo podem tornar as redes de suprimento mais eficazes, destacando-se: (i) projeto para logística e rede de suprimento; (ii) customização em massa (*mass customization*); (iii) integração de parceiro no projeto de novos produtos e processos.

A gestão da cadeia de suprimentos tem evoluído em seus conceitos, tornando-se cada vez menos transacionais e mais estratégica. Portanto, encontrar ferramentas que possam criar uma perspectiva mais integrada de como os produtos e os processos devem estar alinhados com decisões estratégicas tem sido um pensamento constante para tomadores de decisão na SCM.

2.4.1 - Cadeia de Suprimentos Enxuta

Atualmente, com a globalização dos mercados, as empresas estão diante de uma ampla concorrência, o que gera uma acirrada disputa de mercado e redução dos preços dos produtos. Neste contexto, as cadeias de suprimentos se vêem diante da necessidade de implementar estratégias de redução nos custos e otimização dos processos para eliminar desperdícios. Assim, a estratégia de cadeia de suprimentos enxuta (*Lean supply chain – LSC*) originada em industriais japonesas passa a ganhar importância.

O pensamento enxuto foi responsável pela grande mudança de paradigma produtivo no século XX. Naylor *et al.* (1999) afirma que o pensamento enxuto significa

desenvolver um fluxo de valor com o propósito de reduzir todos os resíduos, incluindo tempo e demais desperdícios ao longo do processo produtivo.

Holweg (2007) destaca que o precursor do pensamento enxuto é atribuído ao Sistema Toyota de Produção, sendo seu grande expoente Tiichi Ohno que analisando o sistema americano de produção para automóveis argumentou: (i) a produção de componentes em grandes lotes resultava em grandes inventários que tornavam-se caros; (ii) as empresas falhavam na incapacidade de acomodar as preferências dos consumidores para a diversidade de produtos.

Contrapondo este modelo de produção, Slack *et al.* (2002), idealmente, o JIT requer alto desempenho em todos os objetivos de desempenho da produção a saber: (i) A qualidade deve ser alta, (ii) a velocidade, em termos de rápido fluxo de materiais; (iii) a confiabilidade é um pré-requisito para um fluxo rápido; (iv) a flexibilidade é importante para que se consiga produzir em lotes pequenos.

Manzouri *et al.* (2013) destacam que as principais características da LSC são a eliminação da duplicação de processo e atividades, e melhoria contínua entre todas as unidades de uma cadeia. Com isso, clientes e fornecedores são envolvidos desde a fase de concepção do produto até a fase de produção.

Lehtinen e Torkko (2005) sugerem que a LSC é um modelo de estratégia para fornecedores e relacionamentos de clientes. Portanto, na implementação da LSC, empresas focam principalmente na competitividade global da cadeia de valor, em vez de competição entre parceiros da cadeia.

Assim, pode-se inferir que o pensamento enxuto significa desenvolver um fluxo de valor com o propósito de reduzir todos os resíduos, incluindo tempo e demais desperdícios ao longo do processo produtivo, Naylor *et al.* (1999). Na visão de Mazouri *et al.* (2013), resíduo pode ser definido como qualquer coisa que interfere com o fluxo regular da produção e pode gerar excesso de produção, espera, sobrecarga no transporte e estoques, defeitos, subutilização da criatividade dos empregados, subutilização de máquinas e equipamentos, entre outros.

Lehtinen e Torkko (2005) propõem seis ferramentas e técnicas úteis para identificar a existência de resíduos entre as cadeias de abastecimento: (i) mapeamento das atividades de processo; (ii) matriz de resposta da cadeia de suprimentos; (iii) funil

de variedade de produção; (iv) mapeamento de filtro de qualidade; (v) mapeamento da amplificação da demanda e, (vi) análise de valor do perfil de tempo.

Para Vonderembse *et al.* (2006), o curto tempo de *setup*³ fornece flexibilidade interna, mas LSC pode não gerar uma responsividade externa para as demandas dos clientes, que requerem também flexibilidade em *design* de produto, planejamento, programação e distribuição.

Por fim, destaca-se que a LSC objetiva alcançar a eficiência na produção interna e redução do tempo de *setup* que permite a produção econômica de pequenas quantidades e aumento na redução de custos, rentabilidade e flexibilidade interna de manufatura. Assim, a empresa foca na eliminação de desperdícios e passos sem valor ao longo da cadeia de suprimentos.

2.4.2 - Cadeia de Suprimentos Responsiva

A Cadeia de Suprimentos Responsiva – (*Supply Chain Responsive* – SCR), também denominada de competição baseada no tempo, foi primeiramente proposta por Stalk e Hout *apud* Godinho Filho (2004), tendo como principal ênfase o tempo como vantagem competitiva.

A ênfase na redução do tempo não é crítica se pensada como um fim em si mesma, mas os benefícios resultantes desta estratégia. Entre os benefícios estão menos estoques, maior rapidez no atendimento ao cliente e na inovação, maiores fluxos de caixa e maiores lucros. A estratégia responsiva tem como principal objetivo ganhador de pedido a responsividade (rapidez e pontualidade) e a variedade (alta variedade de coisas distintas), (GODINHO FILHO, 2004).

Para uma melhor compreensão do conceito de SCR, resgata-se a definição de flexibilidade e responsividade de Holweg (2005), elaborada pelo autor após uma extensa revisão de literatura: “**Flexibilidade**: é uma habilidade genérica para adaptar as influências externa e/ou interna” e “**Responsividade**: é a habilidade do sistema de manufatura ou organização para responder aos pedidos dos clientes no mercado”. Para alcançar responsividade, certos tipos de flexibilidade são requeridos do próprio sistema

³ Setup: o tempo de preparação para se iniciar a produção de determinado produto (Sugai *et al.* 2007).

de manufatura, bem como dos subsistemas de logística e fornecimento. Os tipos de flexibilidade necessários para alcançar a responsividade na cadeia de suprimentos estão condicionadas à estrutura do sistema e ambiente”.

Ao longo dos anos, muitos autores têm contribuído com o desenvolvimento do conceito de SCR. Pode-se destacar as seguintes abordagens da temática em periódicos internacionais: conceito de estratégia responsiva da cadeia de suprimentos com Gunasekaran e Ngai (2005), Christopher e Towill (2001); compartilhamento de informações com clientes com Caniato *et al.* (2009), Youn *et al.* (2012); manufatura avançada com Idris *et al.* (2008); produção puxada (*pull production*) com Koufteros *et al.* (2007); capacidade resposta ao mercado com Reichhart e Holweg (2007) e Gunasekaran *et al.* (2008), entre outros.

Roh *et al.* (2014) apresenta um modelo de pesquisa que define os motivadores (*drivers*), estratégia, práticas da SCR e resultados de desempenho. Para os autores, a efetiva implementação RSC requer uma cuidadosa definição de uma estratégia de cadeia de suprimento responsiva em termos da variedade do produto, a frequência e capacidade de inovação de produtos oferecidos.

Reichhart e Holweg (2007) apresentam um *framework* para as SCR, baseado em três fatores: (i) requerimentos externos: incerteza da demanda e variabilidade, variedade do produto e compressão do tempo de atendimento; (ii) determinantes internos: antecipação da demanda, manufatura flexível, inventário (estoques), arquitetura do produto/postergação, integração de informação, coordenação e compartilhamento de informação, integração organizacional, integração espacial e logística; (iii) fatores relacionais: governam ou simplesmente influenciam o relacionamento entre a cadeias de suprimento e seus clientes (acordos/contratos; confiança/comprometimento).

Um importante paradigma que tem auxiliado o alcance da responsividade nas organizações é a fabricação sob encomenda (*build-to-order - BTO*) o qual tem sido apresentado como uma estratégia viável que pode auxiliar para melhorar a capacidade de resposta para as demandas voláteis Sharif *et al.* (2007).

Lim *et al.* (2009) destacam que, no mercado de hoje, a competição global colocou as empresas de manufatura em grandes pressões para responder rapidamente às dinâmicas variações nos padrões de demanda entre os produtos e suas variações.

Gunasekaran *et al.* (2008) propõem um framework para o desenvolvimento da SCR a partir de pesquisa bibliográfica e experiências de casos relatados sobre SCR. O *framework* foca em questões estratégicas e táticas e não operacionais, sendo o modelo baseado em três fatores: (i) planejamento estratégico; (ii) empresa virtual; (iii) conhecimento e gestão da TI.

Outro importante instrumento de análise para o conceito de SCR está vinculado ao trabalho de Hill *apud* Roh *et al.* (2014). Os autores destacam que a estratégia de manufatura pode ser estendida para a criação de vantagens estratégicas que reflete sobre mercados voláteis e tendências. Para isto ser possível, é necessário reunir os critérios de ordem qualificadora e critérios de ordem vencedora para pedidos de compras.

Mason-Jones *et al.* (2000) estenderam o conceito de critérios de ordem qualificadores e vencedores de Hill. Analisando as estratégias de cadeia de suprimento ágil e enxuta, os autores destacam que a diferença está na velocidade adicionada à estratégia ágil, o que aumenta a velocidade das operações na cadeia de abastecimento.

Contudo, aperfeiçoando o conceito de Mason-Jones *et al.* (2000), os autores Roh *et al.* (2014) destacam que este modelo reflete a situação do mercado até o final dos anos 1990. No século 21, a competição tem se tornado mais intensa e o desenvolvimento tecnológico mais acelerado. Como resultado, o desenvolvimento do ciclo de vida do produto tem sido encurtado e a variedade de produtos foi aumentada.

Foco da cadeia de suprimentos Fornecimento responsável Fornecimento enxuto	Critérios qualificadores	Critérios vencedores
	1. Qualidade 2. Custo 3. <i>Lead Time</i>	1. Nível de Serviço
1. Qualidade 2. <i>Lead Time</i> 3. Nível de serviço	1. Custo	

Requerimentos de mercado

Figura 4 – Critérios vencedores e qualificadores de mercado como o determinante da estratégia de suprimento

Fonte: Mason-Jones 2000, adaptado por Roh *et al.* (2014).

Assim conforme as Figura 4 e 5, clientes estão indo além da qualidade aceitável e buscando mais inovação. Isto demonstra que os critérios vencedores começaram a priorizar a inovação e a diversidade de produtos em relação às barganhas de preços e confiabilidade. Portanto, o *framework* de critérios vencedores e critérios qualificadores pode refletir as mudanças na demanda dos clientes e preferências ao longo do tempo e, assim, ser utilizado para desenvolver uma cadeia suprimentos responsiva.

Foco da cadeia de suprimentos Fornecedor responsável Fornecedor enxuto	Critérios qualificadores	Critérios vencedores
	1. Qualidade 2. <i>Lead Time</i> 3. Custo 4. Nível de Serviço	1. Características Inovativas
1. Qualidade 2. <i>Lead Time</i> 3. Nível de serviço	1. Custo	

Requerimentos de mercado

Figura 5 -Atualização dos critérios vencedores e qualificadores de mercado como o determinante da estratégia de suprimento

Fonte: Mason-Jones 2000, adaptado por Roh *et al.* (2014).

As expectativas dos clientes variam de mercado para mercado, assim como a oferta de produtos e *lead time* para atendimento de pedidos. Portanto, o conceito de responsividade possui uma lógica na qual a própria capacidade de resposta se alinha com uma ampla gama de estratégias de manufatura.

A maior parte das indústrias e cadeia suprimentos atualmente concordam sobre a necessidade de as estratégias capturarem a necessidade dos clientes, a fim de proporcionar o correto produto, dentro de um prazo aceitável.

2.4.3 - Cadeias de Suprimento Flexível

As cadeias de abastecimento têm tornado-se altamente complexas e dinâmicas. Para adaptar-se rapidamente e de forma eficiente às mudanças neste ambiente, muitas empresas têm aumentado a flexibilidade de suas cadeias de suprimentos (Swafford, 2006).

Muitos autores têm contribuído com estudos acerca da flexibilidade em cadeias de suprimentos abordando estudos teóricos, como Stevenson e Spring (2007), Kesen *et al.* (2010), Zapp *et al.* (2012); estudos empíricos com Coronado e Lyons (2007), Candace *et al.* (2011), Merschmann e Thonemann (2011); estudos teórico-empíricos com Sanchez e Perez (2005), Qrunfleh *et al.* (2012), Bai e Sarkis (2013), entre outros.

Na abordagem de Vickery *et al.* (1999), a Cadeia de Suprimentos Flexível (*Supply Chain Flexibility – SCF*) pode ser definida como os diferentes tipos de flexibilidade que impactam diretamente os clientes de uma empresa e possuem as seguintes dimensões: (i) a flexibilidade no produto (customização), (ii) flexibilidade no volume, (iii) introdução de novos produtos, (iv) cobertura ampla de produtos e responsividade a mercados alvos.

Merschmann and Thonemann (2011) destacam que uma manufatura flexível é reconhecida como um elemento fundamental para o alcance de uma cadeia de suprimento flexível. Assim tem-se a diferenciação dos conceitos de: (i) manufatura flexível: é considerada para ser uma resposta ao ambiente de incerteza, (ii) cadeia de suprimentos flexível: abrange uma visão baseada em processos e inclui também processos centrais de aquisição/terceirização e distribuição/logística.

Stevenson e Spring (2007) descrevem cinco elementos para fornecer uma compreensiva definição de SCF: (i) flexibilidade para uma rede robusta; (ii) Flexibilidade de reconfiguração: a mobilidade com as quais a cadeia de suprimentos pode ser reconfigurada (adaptabilidade); (iii) flexibilidade ativa e (iv) alinhamento da rede.

A flexibilidade na manufatura é muitas vezes vista como um recurso estratégico que permite às empresas atender o aumento da demanda de mercados heterogêneos de forma mais eficaz devido à proliferação de uma variedade de produtos.

Neste contexto, Malhotra e Mackelprang (2012) examinam se uma simultânea utilização das flexibilidades externa e interna criam de fato sinergia que pode melhorar o desempenho de entregas de uma empresa. Os autores concluem que a medida em que as sinergias melhoram os desempenhos gerados são essencialmente dependentes do tipo de flexibilidade interna que está vinculada às flexibilidades da cadeia de suprimentos.

Baseado nos trabalhos de Vickery *et al.* (1999) e Duclos *et al.* (2003), Sanchez e Perez (2005) expandem as dimensões propostas por estes autores para uma cadeia de suprimentos flexíveis e apresentam em sua pesquisa dez dimensões da SCF agrupados em três níveis, conforme segue: (i) nível básico ou chão de fábrica (*shop floor*); (ii) nível da empresa ou sistema (*system*); (iii) nível agregado ou cadeia (*chain*).

Blome *et al.* (2014) investigaram a influência das atividades de transferência de conhecimento internos e externos sobre a flexibilidade da cadeia de suprimentos. Os autores notaram uma influência positiva e significativa entre a transferência de conhecimento na organização sobre a flexibilidade na cadeia de suprimento.

No atual ambiente de negócio, a maior complexidade é derivada dos curtos ciclos de vida dos produtos, intensa competição e aumento das expectativas do cliente. Considerando este aumento da complexidade global nos últimos anos, a SCF surge como uma resposta a este novo ambiente de negócio onde a agilidade, flexibilidade e capacidade de repostas são elementos essenciais na atuação e formulação de estratégia das cadeias de suprimento.

2.4.4 – Cadeia de Suprimentos Ágil

Dentre as estratégias de cadeias de suprimento, as redes de suprimentos ágeis têm ganhado destaque devido à necessidade de as empresas atuarem em ambientes de negócios cada vez mais turbulentos, redução dos ciclos de vida dos produtos, aumento da competição internacional, customização de produtos e inovações tecnológicas.

Christopher (2000; 2011), e Christopher e Towil (2000), foram os pioneiros a introduzir o conceito de cadeia de suprimento ágil (*Agile Supply Chain – ASC*) para estudos das cadeias de suprimento. Para os autores, a agilidade pode ser vista como “a capacidade da empresa que envolve a estrutura da organização, sistemas de informação,

processos logísticos e em especial a gestão com conhecimento para atender de forma ágil as demandas do mercado”.

Juntamente com os conceitos iniciais de Christopher, muitos autores têm contribuído com a temática em diversos periódicos, destacando-se as obras de Masson-Jones (2000), Yusuf *et al.* (2004), Ismael e Sharifi (2006), Wu e Barnes (2010), Qrunfleh e Tarafdar (2013), entre outros. Também se destacam as pesquisas que associam a estratégia enxuta com a ágil (conceito de *Supply Chain Leagile*) como a artigo de Naylor *et al.* (1999), e as pesquisas de Masson-Jones (2000), Agarwal *et al.* (2007), Naim *et al.* (2011), entre outros.

Para Yusuf *et al.* (2004) é imperativo para empresas cooperar e alavancar competências complementares. Para este fim, empresas distribuídas espacialmente e separada legalmente estão tornando-se integradas através de tecnologias baseadas na internet. No importante trabalho de Christopher (2000), o autor destaca que a ASC apresenta as seguintes características: (i) sensibilidade ao mercado (*market sensitive*); (ii) empresa virtual; (iii) integração de processo e (iv) rede (*network*).

Agarwal *et al.* (2007) concluem que para uma cadeia de suprimento ser ágil, ela depende de 15 métricas: sensibilidade ao mercado, velocidade de entrega, a precisão dos dados, introdução de novos produtos, planejamento colaborativo e centralizado, a integração de processos, o uso de ferramentas de TI, redução do tempo de espera (*lead-time*), melhoria no nível de serviço, minimização de custos, a satisfação do cliente, a melhoria da qualidade, minimização da incerteza, desenvolvimento da confiança, e minimização da resistência à mudança.

Wu e Barnes (2010) afirmam que no dinâmico ambiente de negócios de hoje, tem havido um aumento da necessidade de maior agilidade nas cadeias de abastecimento. Qrunflesh e Tarafar (2013) examinam o papel da parceria de fornecimento estratégico e *postponement* (adiamento), respectivamente, na relação entre estratégia de cadeia de suprimentos enxuta e ágil, e a capacidade de resposta na cadeia de suprimentos.

Ismael e Shafiri (2006) destacam que o desenvolvimento de uma ASC vai além de uma solução simples, pois a ASC necessita refletir os requerimentos de mercado e o ambiente de negócio. Desta forma, é o mercado quem indica as necessidades de

produtos, a tecnologia a ser utilizada, a competição e o ambiente de negócio que as empresas competem.

Li *et al.* (2009) postulam um modelo conceitual para ASC. O modelo proposto captura a noção de que uma ASC da empresa é manifestada na capacidade da cadeia de suprimento da empresa para estar alerta e responder às mudanças em três níveis: estratégico, operacional e esporádico. Como resultado, é possível caracterizar ASC em termos de seis dimensões/fatores: (i) estratégico: alerta estratégico; capacidade de resposta estratégica; (ii) operacional: agilidade operacional; capacidade de resposta operacional; (iii) esporádico: alerta esporádico; capacidade de resposta esporádica.

Gunasekaram (1999) apresenta um *framework* para desenvolvimento da manufatura ágil baseado nos seguintes conceitos: (i) estratégias: empresa virtual, cadeia de suprimentos, engenharia simultânea; (ii) tecnologia: *hardware* (ferramentas e equipamentos), tecnologias da informação; (iii) sistemas: desenvolvimento de sistemas, planejamento da produção e sistema de controle, integração de sistemas e gestão de base de dados; (iv) pessoas: conhecimento dos trabalhadores, capacitação de funcionários, apoio a gestão superior, e, treinamento e educação.

A importância do tempo como uma arma competitiva tem sido reconhecida já há algum tempo. A capacidade de atender à demanda de clientes com produtos cada vez mais customizados de forma eficiente e rápida exige das cadeias de suprimentos estratégias baseadas na agilidade, flexibilidade e capacidade de resposta.

2.5 - Cadeia de valor na produção sucroalcooleira

Na agricultura, a cadeia de valor fornece a capacidade para aumentar a eficiência, integração entre atores da cadeia, capacidade de resposta, e, competitividade de mercado.

Segundo Demattê (2012) a produção de cana quase duplicou em menos de uma década no Brasil. Ainda conforme o autor, a recente expansão da cultura da cana ocorreu em regiões de fronteira, especialmente em estados do Centro-Oeste, onde os solos têm fertilidade inferior e o clima é mais adverso quando comparados ao das regiões mais tradicionais.

Segundo Silva *et al.* (2013), o mercado produtor brasileiro de biocombustíveis está olhando muito fortemente para o mercado internacional e, desta forma, buscando se adequar às exigências, especialmente no que se refere à certificação dos biocombustíveis. Outro ponto importante se refere aos investimentos em transportes para biocombustíveis, visto que a expansão da cana-de-açúcar se dá em estados como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, longe de regiões consumidoras ou portos de escoamento.

Na agroindústria da cana, pesquisas para adicionar valor à cadeia de suprimentos alcooleira têm ganhado relevância nos últimos anos, principalmente motivada pelos preços baixos do açúcar no mercado internacional e aumento dos custos de produção (Higgins *et al.* 2007). Além disso, conforme Macedo (2012), a preocupação com a eficiência energética tem proporcionado o surgimento de novos conceitos de produção para as usinas, baseada no uso de modernas tecnologias automatizadas que eliminam a necessidade de queima para colheita, reduzem os efeitos ambientais da produção de etanol e aumentam significativamente o rendimento de energia da usina.

Para Dias *et al.* (2011), as modernas usinas de cana-de-açúcar são projetadas com eficientes unidades de cogeração que utilizam caldeiras de alta pressão completamente integradas com o processo de produção. Ainda conforme os autores, a cogeração representa um processo altamente eficiente na geração de bioeletricidade a partir do processamento de cana com um grande potencial para aumentar a rentabilidade das usinas e pode atingir rendimentos de até 60 a 80 kWh por tonelada de cana-de-açúcar.

Bezuidenhout e Baier (2009) identificam cinco dimensões em que podem ser caracterizados o fornecimento e processo da cadeia de suprimentos da cana, a saber:

- ✓ **(i) cadeia de valor:** preocupações de agregação de valor, a perda de valor e distribuição de riqueza através da cadeia;
- ✓ **(ii) cadeia de movimentação de materiais:** relacionado a equipamentos físicos e processos utilizados que permitam adicionar valor;
- ✓ **(iii) cadeia de colaboração (*collaboration chain*):** centra-se na forma como os *stakeholders* colaboram e cogerenciam a atividade de movimentação de materiais;

- ✓ (iv) **cadeia de informação** (*information chain*): auxilia as partes interessadas para tomar as decisões;
- ✓ (v) **cadeia de inovação** (*innovation chain*): somente quando todas as quatro dimensões acima são compreendidas e bem gerenciadas, as inovações no sistema podem ser consideradas.

O Quadro 1, destaca os tópicos vinculados às cinco dimensões do sistema de produção da cana-de-açúcar:

Cadeia de Valor	Cadeia de Movimentação de Materiais		Cadeia de Colaboração	Cadeia de Informação
produtos alternativos	A/B/C-pan	mecanização	administração	comunicação
caixa	agronomia	recepção usina	negócios	tomada de decisão
cogeração	bagaco	parada da usina	comportamento	previsão
custos	melhores práticas de gestão	pátio da usina	colaboração	informação
dextrano	moagem	moagem	comitês	conhecimento
economia	atraso na produção	safra	comunidade	monitoramento
questões ambientais	queimada	plantio	conflito	planejamento
etanol	fornecimento cana	produção	contratos	transparência
investimento	capacidade	risco	equidade	
custos de mão-de-obra	esmagar	rendimento	produtores	Cadeia de Inovação
perdas	entrega	lixo	transportadores	inovação
marketing	deterioração no transporte		incentivos	modelos
mercados	economias de escala		sindicatos	novidades
melaço	eficiência		área da usina	pesquisa
poluição	fermentação		cortadores de cana	variedades
lucro	previsão de material		negociação	
qualidade	colheita de cana verde		organização	
receita	colheita		pagamento	
açúcar colorido	infraestrutura		punição	
adição de valor	carregamento		relacionamento	
resíduos	logística		compartilhamento	
	utilização		trocas	
	condições meteorológicas		pequenos proprietários	
			<i>stakeholders</i>	
			confiança	

Quadro 1 - Descritores do sistema ou atributos ligados às cinco dimensões da cadeia de suprimento da cana

Fonte: Adaptado de Bezuidenhout e Baier (2009).

Torquato e Ramos (2013) afirmam que entre os principais desafios para utilização com eficiência do uso da biomassa como fonte energética destacam-se a

concessão de uso de linhas de distribuição, dos contratos de venda de energia no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL). Para os autores, o baixo aproveitamento do potencial energético de biomassa não se deve à falta de tecnologias disponíveis, mas sim na melhoria da eficiência do processo de processo.

Higgins *et al.* (2007) destacam que os princípios de cadeia enxuta (*lean chain*) possuem considerável potencial em cadeia sucroalcooleira ao apresentarem discussões acerca das oportunidades em algumas agroindústrias de cana. Para os autores, as usinas no Brasil estão mais prontamente capazes de operar em direção à *lean chain*, particularmente incorporando princípios do JIT dentro da cadeia.

Quando consideradas as características de cadeia enxuta *versus* cadeia ágil, Vonderembese *et al.* (2006) sugerem que muitas agroindústrias de cana ambicionam caminhar mais em direção a um balanço de suprimento enxuto e ágil, visto que uma cadeia ágil foca na introdução de flexibilidade e velocidade.

Higgins *et al.* (2007) destacam sete principais pontos de criação de valor na cana, que seguem: (i) oportunidades de logística; integração de negócio, transparência de informação e cogeração de produtos; (ii) adoção de valor técnico na cadeia produtiva que tende a ser mais evolucionária do que revolucionária; (iii) oportunidade de cadeia de valor que requer a participação coletiva de todos os membros, e mudanças evolucionárias na gestão; (iv) elaboração de métricas para medir as melhorias no desempenho socioeconômico em cadeias de valor; (v) princípios de *lean* e *agile chains* têm significativo potencial para sistemas voltados a usinas; (vi) métodos de multiagentes que são ideais para modelar complexas cadeias sucroalcooleiras, (vii) complexidades climáticas, biofísicas e sociais que têm limitado a adoção de técnicas de valor na cadeia de suprimentos.

Bezuidenhout (2010) destaca que as cadeias de suprimentos agrícolas são complexas. Eles exigem uma mistura de princípios enxutos e ágeis e, na indústria sucroalcooleira, as infraestruturas estão geralmente mais capitalizadas. O autor discute uma melhoria na movimentação de materiais como forma de adicionar valor à cadeia baseada em quatro pontos: (i) a utilização da capacidade pode ser melhorada quando os volumes e qualidades tornam-se mais consistente; (ii) insuficiente gestão de riscos pode

existir; (iii) os estoques precisam ser gerenciados e refletem a saúde do sistema; e (iv) a deterioração da cana precisa ser cuidadosamente medida e administrada.

No Brasil, conforme Façanha (2012), desde o início do século, a cadeia sucroalcooleira iniciou um processo de internacionalização, sendo realizada diversas parcerias, *joint ventures*, fusões e aquisições em especial até o ano de 2009. Ainda conforme a autora, atualmente os grandes grupos atuam com maior integração na cadeia de suprimentos, possuindo uma parte da área plantada, usinas e/ou destilarias próprias, alguma infraestrutura logística e, em alguns casos, contam com integração de distribuidores ou *traders*.

Estas mudanças ocorridas no setor ao longo dos últimos anos geraram um ambiente marcado por diversos movimentos estratégicos dos grupos empresariais, rearranjo nas estruturas da cadeia produtiva e mudanças nas tecnologias de produção e agrícola. Tais mudanças criaram a necessidade de construção de pesquisas que possam captar o atual modelo de gestão nesta importante cadeia produtiva nacional vinculada ao agronegócio.

Referências Bibliográficas

AGARWAL, A.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K. Modeling agility of supply chain. **Industrial Marketing Management**, v. 36, n. 4, p. 443-457, 2007.

BAI, C.; SARKIS, J. Flexibility in reverse logistics: a framework and evaluation approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 306-318, 2013.

BEAMON, B. M. Supply chain design and analysis: Models and methods. **International Journal of Production Economics**, vol. 55, pg. 281-294, 1998.

BESANKO, D. *et al.* **A economia da estratégia**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BEZUIDENHOUT, C. N. Review of sugarcane material handling from an integrated supply chain perspective. In: **Proceedings of the Annual Congress-South African Sugar Technologists Association**. South African Sugar Technologists' Association, p. 63-66, 2010.

BEZUIDENHOUT, C. N.; BAIER, T. A global review and synthesis of literature pertaining to integrated sugarcane production systems. In: **Proceedings of the Annual Congress-South African Sugar Technologists' Association**. South African Sugar Technologists' Association, p. 93-101, 2009.

BLOME, C.; SCHOENHERR, T.; ECKSTEIN, D. The impact of knowledge transfer and complexity on supply chain flexibility: A knowledge-based view. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 307-316, 2014.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CANDACE, Y. YI; NGAI, E. W. T.; MOON, K. L. Supply chain flexibility in an uncertain environment: exploratory findings from five case studies. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 4, p. 271-283, 2011.

CANIATO, F. *et al.* Evolutionary patterns in e-business strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 9, p. 921-945, 2009.

CHANDRA, C.; GRABIS, J. **Supply chain configuration: concepts, solutions and applications**. New York: Springer, 2007.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learnings, 2011.

CHRISTOPHER, M. The agile supply chain: competing in volatile markets. **Industrial marketing management**, v. 29, n. 1, p. 37-44, 2000.

CHRISTOPHER, M.; HOLWEG, M. Supply Chain 2.0': managing supply chains in the era of turbulence. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, vol. 41, nº 1, pp. 63-82, 2011.

CHRISTOPHER, M.; TOWILL, D. An integrated model for the design of agile supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 31, n. 4, p. 235-246, 2001.

CHRISTOPHER, M.; TOWILL, D. Supply chain migration from lean and functional to agile and customized. **Supply Chain Management: An International Journal**, 5 (4), 206-312, 2000.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, v. 4, n. 16, pg. 386-405, 1937.

COOPER, M.C., LAMBERT, D.M. AND PAGH, J.D. Supply chain management – more than a new name for logistics. **International Journal of Logistics Management**, vol. 8, nº 1, pp. 1-13, 1997.

CORONADO, A. E., LYONS, A. C. Evaluating operations flexibility in industrial supply chains to support build-to-order initiatives. **Business Process Management Journal**, v. 13, n. 4, p. 572-587, 2007.

CORRÊA, H.L. **Gestão de redes de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2010.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica**. 2º ed. São Paulo: Atlas, 2009.

COX, A. Power, value and supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, 4 (4), 167–175. 1999

DEMATTE, J. L. I. Variedade de cana estão devendo. **Idea News Cana & Indústria**, ano 11, n.41, p. 16-24, ago. 2012.

DIAS, A. C. A. e M, *et al.* Flexibility and uncertainty in agribusiness projects: investing in a cogeneration plant. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 12, n. 4, p. 105-126, 2011.

DUCLOS, L. K.; VOKURKA, R. J.; LUMMUS, R. R. A conceptual model of supply chain flexibility. **Industrial Management & Data Systems**, v. 103, n. 6, p. 446-456, 2003.

FAÇANHA, S. L. de O. **Aquisições, fusões e alianças estratégicas na configuração da cadeia sucroenergética brasileira**. 2012, 339 f., Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FIANE, R. Teoria dos custos de transação. In: KUPFER, D. E HASENCLEVER, L. (ORGs). **Economia Industrial: Fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

FISHER, M.L What´s the right supply chain for your product. **Harvard Business Review**, mar./abr., p.106-116, 1997.

GODINHO FILHO, M. **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura (PEGEMS): configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. 2004, 267 f., Tese, (Doutorado em Engenharia de Produção) UFScar, São Carlos.

GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: a framework for research and development. **International journal of production economics**, v. 62, n. 1, p. 87-105, 1999.

GUNASEKARAN, A.; NGAI, E. T. Build-to-order supply chain management: a literature review and framework for development. **Journal of Operations Management**, v. 23, n. 5, p. 423-451, 2005.

GUNASEKARAN, A.; LAI, K.; EDWIN C. T. C. Responsive supply chain: a competitive strategy in a networked economy. **Omega**, v. 36, n. 4, p. 549-564, 2008.

GUNASEKARAN, A.; NGAI, E. T. The future of operations management: An outlook and analysis. **Int. J. Production Economics**, vol. 135, p. 687–701, 2012.

- HIGGINS, A. et al. Opportunities for value chain research in sugar industries. **Agricultural Systems**, v. 94, n. 3, p. 611-621, 2007.
- HOBBS, J. E; YOUNG, L. M. Closer vertical co-ordination in agri-food supply chains: a conceptual framework and some preliminary evidence. **Supply Chain Management: An International Journal**, vol. 5. n° 3, 2000.
- HOBBS, J. E. A transaction cost approach to supply chain management. **Supply Chain Management**, vol. 1, n° 2, pp. 15-27, 1996.
- HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.
- HOLWEG, M. The three dimensions of responsiveness. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 7, p. 603-622, 2005.
- IDRIS, F.; REJAB, R.; AHMAD, A. Relationships between investments in advanced manufacturing technology (AMT) and performances: some empirical evidences. **European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences**, v. 13, n. 1, p. 67-78, 2008.
- ISMAIL, H. S.; SHARIFI, H. A balanced approach to building agile supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 36, n. 6, p. 431-444, 2006.
- KESEN, S. E; KANCHANAPIBOON, A.; SANCHOY K. D. Evaluating supply chain flexibility with order quantity constraints and lost sales. **International Journal of Production Economics**, v. 126, n. 2, p. 181-188, 2010.
- KOUFTEROS, X. A. *et al.* An empirical assessment of a nomological network of organizational design constructs: From culture to structure to pull production to performance. **International Journal of Production Economics**, v. 106, n. 2, p. 468-492, 2007.
- LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in Supply Chain Management. **Industrial Marketing Management**. New York: Elsevier Science Inc, vol. 29, p. 65–83, 2000.
- LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **International Journal of Logistics Management, The**, v. 9, n. 2, p. 1-20, 1998.
- LEE, H. L. **Aligning supply chain strategies with product uncertainties**. California Management Review, v.44, n.3, Spring 2002.
- LEHTINEN, U.; TORKKO, M. The Lean Concept in the Food Industry: A Case Study of Contract a Manufacturer. **Journal of Food Distribution Research**, v. 36, n. 3, 2005.

- LIM, M. K.; ZHANG, Z.; GOH, W. T. An iterative agent bidding mechanism for responsive manufacturing. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 22, n. 7, p. 1068-1079, 2009.
- LI, X.; GOLDSBY, J. T.; HOLSAPPLE, C. W. Supply chain agility: scale development. **The International Journal of Logistics Management**, v. 20, n. 3, p. 408-424, 2009.
- MACEDO, I. A. Main trends on sustainability of sugarcane production systems. In: **Sustainability of sugarcane bioenergy**. Updated edition. Brasilia: CGEE, 2012.
- MALHOTRA, M. K.; MACKELPRANG, A. W. Are internal manufacturing and external supply chain flexibilities complementary capabilities? **Journal of Operations Management**, v. 30, n. 3, p. 180-200, 2012.
- MANZOURI, M. *et al.* Lean supply chain practices in the Halal food. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n. 4, p. 389-408, 2013.
- MASON-JONES, R.; NAYLOR, B; TOWILL. D. R. Engineering the leagile supply chain. **International Journal of Agile Management Systems**. v. 2, n. 1, p. 54-61, 2000.
- MENTZER, J. T. Defining supply chain management. **Journal of business logistics**, vol.22, no. 2, 2001
- MERSCHMANN, U.; THONEMANN, U., W. Supply chain flexibility, uncertainty and firm performance: an empirical analysis of German manufacturing firms. **International Journal of Production Economics**, v. 130, n. 1, p. 43-53, 2011.
- NAIM, M. M.; GOSLING, J. On leanness, agility and leagile supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 342-354, 2011.
- NAYLOR, J. B.; NAIM, M., M.; BERRY, D. Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. **International Journal of production economics**, v. 62, n. 1, p. 107-118, 1999.
- NOLLET, J.; PONCE, S.; CAMPBELL, M. About “strategy” and “strategies” in supply management. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 11, n. 2, p. 129-140, 2005.
- NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. 3º ed. Rio de Janeiro: 2007.
- PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e Casos**. São Paulo: Atlas, 2009.

QRUNFLEH, S.; TARAFDAR, M. Lean and agile supply chain strategies and supply chain responsiveness: the role of strategic supplier partnership and postponement. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 6, p. 571-582, 2013.

QRUNFLEH, S.; TARAFDAR, M.; RAGU-NATHAN, T. S. Examining alignment between supplier management practices and information systems strategy. **Benchmarking: An International Journal**, v. 19, n. 4/5, p. 604-617, 2012.

REICHHART, A.; HOLWEG, M.. Creating the customer-responsive supply chain: a reconciliation of concepts. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 27, n. 11, p. 1144-1172, 2007.

ROH, J.; HONG, P.; MIN, H. Implementation of a responsive supply chain strategy in global complexity: The case of manufacturing firms. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 198-210, 2014.

ROTH, A. V. *et al.* Unraveling the food supply chain: strategic insights from China and the 2007 recall. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 44, nº 1, January, 2008.

SÁNCHEZ, A. M.; PÉREZ, M. P. Supply chain flexibility and firm performance: a conceptual model and empirical study in the automotive industry. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 7, p. 681-700, 2005.

SHARIF, A. M.; IRANI, Z.; LLOYD, D. Information technology and performance management for build-to-order supply chains. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 27, n. 11, p. 1235-1253, 2007.

SILVA, A. T. B. *et al.* Cenários prospectivos para o comércio internacional de etanol em 2020. **Revista de Administração**, v. 48, n. 4, p. 727-738, 2013.

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

STAVRULAKI, E.; DAVIS, M. Aligning products with supply chain processes and strategy. **The International Journal of Logistics Management**, v. 21, n. 1, p. 127-151, 2010.

STEVENSON, M.; SPRING, M. Supply chain flexibility: an inter-firm empirical study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 9, p. 946-971, 2009.

SUGAI M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Gestão e Produção, São Carlos**, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

SWAFFORD, P. M.; GHOSH, S.; MURTHY, N. The antecedents of supply chain agility of a firm: scale development and model testing. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 2, p. 170-188, 2006.

- TEECE, D.J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**, Vol. 18, nº. 7, pp. 509-33, 1997.
- TORQUATO, S.; RAMOS, R. C.. Biomassa da cana-de-açúcar e a geração de bioeletricidade em São Paulo: usinas signatárias ao Protocolo Agroambiental Paulista. **Informações Econômicas**, SP, v. 43, n. 5, set/out. 2013.
- VICKERY, S; CALANTONE, R.; DRÖGE, C. Supply chain flexibility: an empirical study. **Journal of Supply Chain Management**, v. 35, n. 3, p. 16-24, 1999.
- VONDEREMBSE, M. A. et al. Designing supply chains: Towards theory development. **International Journal of Production Economics**, v. 100, n. 2, p. 223-238, 2006.
- WILLIAMSON, O. E. Transaction cost economics: the governance of contractual relations. **Journal of Law and Economics**, vol. 22, pp. 232-262, 1979.
- WU, C.; BARNES, D. Formulating partner selection criteria for agile supply chains: A Dempster–Shafer belief acceptability optimisation approach. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 2, p. 284-293, 2010.
- YOUN, S.; YANG, M.; ROH, J. Extending the efficient and responsive supply chains framework to the green context. **Benchmarking: An International Journal**, v. 19, n. 4/5, p. 463-480, 2012.
- YUSUF, Y. Y. et al. Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives. **European Journal of Operational Research**, v. 159, n. 2, p. 379-392, 2004.
- ZAPP, M. et al. A reference model for collaborative capacity planning between automotive and semiconductor industry. **Procedia CIRP**, v. 3, p. 155-160, 2012.
- ZHAO, X. LEE, T-S. Development and emerging research opportunities in operations strategy and supply chain management. **International Journal of Production Economics**, v. 120, p. 1-4, 2009.

CAPÍTULO 3

Artigo 1 - Análise das estratégias de gestão na cadeia de suprimentos da cana – um estudo de caso

Artigo Submetido à Revista de Economia e Sociologia Rural

✓ ISSN: 0103-2003 (Impresso)

Classificação Qualis/Capes:

✓ Interdisciplinar - B1

✓ Administração, Ciências Contábeis e Turismo - B1

Análise das estratégias de gestão na cadeia de suprimentos da cana – um estudo de caso

Edison Sotolani Claudino †
João Gilberto Mendes do Reis ‡

RESUMO

Este artigo busca contribuir acerca da tomada de decisão no mix de produção das usinas como uma importante alternativa de gestão no setor sucroenergético para alcançar a Estratégia de Gestão Responsiva (EGR) e oportunidades de geração de valor. O modelo de gestão das usinas brasileiras tem mudado ao longo dos anos, especialmente com a entrada do capital externo e empresas nacionais no setor que buscam a diversificação de seus negócios através do investimento em bioenergia. Neste contexto, a pesquisa busca explorar o novo modelo de gestão empresarial através de um estudo de caso com uma moderna usina instalada a partir de um projeto *greenfield* no Centro-Oeste brasileiro, fora da tradicional área de cultivo de cana. Como resultado é possível observar que uma melhor regulamentação para comercialização do etanol entre distribuidoras e usinas pode contribuir para o planejamento operacional e financeiro no setor.

Palavras-chave: SCM, usina *flex*, cana-de-açúcar, cadeia de valor, etanol

ABSTRACT

This paper contributes about the decision-making process in the mix of production of plants as an important management alternative in the sugarcane industry to achieve the Responsive Management Strategy (RMS) and opportunities for value creation. The management model of the Brazilian plants have changed over the years, especially with the entry of foreign capital and domestic companies in the sector in the search of diversifying its business through bioenergy investment. In this context, this research aimed to explore the new model of business management with a case study of a modern plant installed from a greenfield project in the Brazilian Midwest, outside the traditional cane growing area. The results showed that better regulation for marketing and distribution of ethanol from plants can contribute for both operational and financial planning in the sector.

Keywords: SCM, mill flex, sugar, value chain, ethanol

1 – Introdução

Nos últimos anos a competição entre empresas tem se estendido para as cadeias de suprimentos, coordenada por uma empresa focal que busca relações cada vez mais estratégicas entre seus membros. Desta forma, o estudo das estratégias de gestão nas cadeias de suprimentos têm ganhado cada vez mais relevância em pesquisas acadê-

† Mestrando em Agronegócio – Universidade Federal da Grande Dourados

‡ Professor Titular da Universidade Paulista (UNIP) no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Professor da Pós Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

micas, além de ser uma importante fonte de vantagem competitiva entre as organizações (QRUNFLEH; TARAFDAR, 2014).

A Gestão de Cadeia de Suprimentos (GCS) está associada às complexas redes de empresas que, apesar de independentes legalmente, são, de fato, interdependentes. O desafio da gestão integrada consiste na criação de sistemas de valor entre os agentes da cadeia de suprimentos de montante a jusante, ao longo das cadeia de processos do produto (ROH *et al.*, 2014).

Assim sendo, a GCS assume uma abordagem sistêmica, para visualizar a cadeia de suprimentos como uma entidade única, ao invés de um conjunto de partes fragmentadas, ou seja, cada uma desempenhando sua própria função. Neste sentido, a GCS considera que as empresas devem estabelecer práticas gerenciais que as permitam agir consistentemente com a filosofia de gestão adotada (PIRES, 2009).

Ao longo dos anos, nota-se uma evolução das definições da GCS, sugerindo que ela tem sido desenvolvida para refletir práticas de negócio reais, estando em constante evolução. Percebe-se o maior aprofundamento do foco anterior sobre as atividades de gestão e fluxos de materiais em recentes abordagens concentradas acerca da GCS como um sistema voltado ao alcance de vantagem estratégica (CHRISTOPHER, 2011).

Assim, o uso e aplicação de conceitos de GCS em diversas cadeias produtivas são um importante instrumental capaz de corroborar para geração de valor nas cadeias produtivas. Neste contexto, no agronegócio, a responsividade da cadeia produtiva de cana-de-açúcar pode ser vista como elemento de estudo da aplicação das estratégias de GCS para a geração de valor.

O cultivo de cana é exposto a altos níveis de riscos, tais como pragas, doenças e imprevisibilidade climática. Já na usina, o manuseio e processamento pós-colheita são vulneráveis à deterioração do produto até sua fase final. Desta forma, o conjunto de atividades que são executadas dentro do sistema produtivo necessita ser eficiente e ágil (BEZUIDENHOUT, 2009).

Além dos riscos inerentes à produção da cana, desde a crise de 2008, o mundo assistiu a um aumento significativo de capitais especulativos em todos os mercados futuros de *commodities* agrícolas (FIESP, 2014). Estes movimentos especulativos contribuem para o aumento da variação de preços das *commodities*, como é o caso do

açúcar e etanol, que exige uma correta tomada de decisão acerca da comercialização e respostas rápidas ao mercado cada vez mais importantes.

Mota *et al.* (2014) destacam, ainda, a necessidade do domínio de recursos tangíveis e intangíveis críticos para usinas atuarem em ambiente global como: os recursos agrícolas, industriais, financeiros e organizacionais, estilo de liderança, cultura organizacional, reputação, confiança dos agentes externos, redes de relacionamento e o conhecimento sobre o setor.

Na tentativa de agregar valor à produção de etanol, açúcar e, mais recentemente, de bioeletricidade, pesquisadores têm investigado as causas e efeitos da recente transformação desta cadeia produtiva como Goldemberg (2008), Sousa e Macedo (2010); Niko *et al.* (2011); Milanez *et al.* (2012), Milanez *et al.* (2014), entre outros.

No Brasil, a cadeia sucroalcooleira tem passado por inúmeras mudanças tecnológicas (SHIKIDA *et al.*, 2011) e consolidação de grande grupos econômicos e internacionais que têm buscado investir em fontes de energia mais limpa e compra de ativos a preços vantajosos devido às dificuldades que o setor vem passando (MILANEZ, 2012).

Para Roth *et al.* (2008), as modernas cadeias de suprimento ligadas ao agronegócio estão inseridas em um ambiente de concorrência global (globalização), mercado dominado por poucas grandes corporações (consolidação), e produtos alimentares que podem ser ou de valor agregado ou *commodities*, sendo a agregação de valor derivada de uma estreita relação entre os membros da cadeia de suprimento (“comoditização”).

Neste contexto, este artigo propõe, através de um estudo de caso em uma usina instalada no Mato Grosso do Sul, analisar a responsividade na destinação dos Açúcares Totais Recuperáveis (ATRs), unidade de medida utilizada pela agroindústria para estabelecer o teor de açúcar da cana e, conseqüentemente, determinar o tipo de produto a ser produzido, para a produção de açúcar e etanol, e oportunidades de criação de valor na cadeia produtiva.

Em seguida à introdução, este artigo apresenta uma revisão teórica e o procedimento adotados na pesquisa na seção 2. Na seção 3, é caracterizada a cadeia de suprimentos da cana no Brasil e no Mato Grosso do Sul. Na seção 4, é descrito um

estudo de caso em uma moderna usina montada a partir de um projeto *greenfield*, e, por fim, na secção 5 são apresentadas as considerações finais da pesquisa.

2 – Revisão da literatura e metodologia

2.1 – Estratégia de valor e gestão na cadeia de suprimentos

Na agricultura, o estudo da cadeia de valor pode fornecer o conhecimento para aumentar a capacidade produtiva e a eficiência dos processos através da integração entre atores nas redes de relacionamento, aumento da capacidade de resposta e da competitividade no mercado. Na agroindústria da cana, pesquisas para adicionar valor à cadeia de suprimentos sucroalcooleira têm ganhado relevância nos últimos anos, principalmente motivadas pelos baixos preços do açúcar no mercado internacional e aumento dos custos de produção (HIGGINS *et al.*, 2007).

Chandra e Grabis (2007) identificam os impulsionadores-chave para a concepção e implementação da GCS no que diz respeito à agilidade, flexibilidade e responsividade, onde tem-se: (i) introdução de novos produtos ou a atualização dos já existentes, (ii) introdução de novos, ou melhoramento dos processos existentes, (iii) alocação de novos, ou realocação dos recursos existentes, (iv) seleção de novos fornecedores, ou exclusão de algum existente, (v) mudança no *lead time* para produto e/ou processo de ciclo de vida, e, (vi) mudança no compromisso dentro e entre membros da cadeia de suprimentos.

Bezuidenhout e Baier (2009) identificam cinco dimensões em que podem ser caracterizados o fornecimento e processo da cadeia de suprimentos da cana, a saber: (i) cadeia de valor (*value chain*); (ii) cadeia de movimentação de materiais (*material handling chain*); (iii) cadeia de colaboração (*collaboration chain*); (iv) cadeia de informação (*information chain*); (v) cadeia de inovação (*innovation chain*).

Higgins *et al.* (2007) destacam que os princípios de cadeia enxuta (*lean chain*) possuem considerável potencial na cadeia sucroalcooleira acerca das oportunidades em algumas agroindústrias de cana. Para os autores, usinas no Brasil estão mais prontamente capazes de operar em direção a cadeias enxutas (*lean chain*), particularmente incorporando princípios do *just-in-time* (JIT) dentro da cadeia.

Quando considerado as características de cadeia enxuta *versus* cadeia ágil, Vonderembese *et al.* (2006) sugerem que muitas usinas de cana ambicionam mais caminhar em direção a um balanço de suprimento enxuto e ágil, visto que uma cadeia ágil foca na introdução de flexibilidade e velocidade.

Higgins *et al.* (2007) destacam sete pontos de criação de valor na cana, destacando-se: (i) oportunidades logísticas; integração de negócio, transparência de informação e cogeração de produtos; (ii) adoção de valor técnico tende a ser mais evolucionário do que revolucionário; (iii) oportunidade de valor requer a participação coletiva de todos os membros e mudanças evolucionárias na gestão; (iv) elaboração de métricas para o desempenho socioeconômico; (v) princípios de *lean* e *agile chains* com significativo potencial para sistemas voltados a usinas; (vi) uso do métodos de multiagentes para modelagem, (vii) complexidades climáticas, biofísicas e sociais tem limitado a adoção de técnicas de valor.

Bezuidenhout (2010) considera complexas as cadeias de suprimentos agrícolas por exigirem uma mistura de princípios enxuto e ágeis e, na indústria sucroalcooleira, as infraestruturas estão geralmente mais capitalizadas. O autor discute uma melhoria na movimentação de materiais como forma de adicionar valor à cadeia baseado em quatro pontos: (i) a utilização da capacidade pode ser melhorada quando os volumes e qualidades tornar-se mais consistente; (ii) insuficiente gestão de riscos; (iii) os estoques precisam ser gerenciado e refletem a saúde do sistema; e (iv) a deterioração da cana precisa ser cuidadosamente medida e gerenciada.

A GCS tem emergido como uma das principais áreas em que as empresas podem alcançar vantagem competitiva, uma vez que determina a gestão dos atores da cadeia produtiva de maneira integrada, através de uma visão holística (LEE, 2002). Entretanto, para que a GCS seja eficaz, é necessário estabelecer a correta estratégia a ser aplicada a cada cadeia de suprimentos.

Desta forma, a implementação destas estratégias tem sido foco de estudos de diversos autores como, Christopher (2000, 2011), Nollet *et al.* (2005), Vonderembse *et al.* (2006), Stavroulaki e Davis (2010), Corrêa (2010), entre outros.

Contudo, não existe uma única estratégia a ser implementada pela empresa para o alcance da vantagem competitiva nas redes de suprimento. Em sua obra, Fisher (1997), propõe que o primeiro passo na elaboração de uma efetiva estratégia na cadeia

de suprimento é, por conseguinte, considerar a natureza da demanda para os produtos classificando-os em apenas duas categorias: produto funcional e produto inovativo.

Portanto, infere-se que a classificação entre redes de suprimento eficientes e de resposta rápida é baseada no nível de previsibilidade da demanda. Assim diferentes ações estratégicas seriam apropriadas quando redes eficientes encaram imprevisibilidades no lado do suprimento e quando redes de respostas rápidas respondem às variações de mercado.

Lee (2002) expandiu o *framework* de Fisher (1997), incorporando não só a incerteza da demanda, mas também incertezas do fornecimento, afirmando que o processo de abastecimento pode ser estável ou instável para ambos: os produtos funcionais e inovadores. Isto sugere quatro tipos diferentes de cadeias de abastecimento, o que Lee (2002) define como: (i) cadeia de suprimentos eficiente; (ii) cadeia e suprimento de cobertura de risco (*risk-hedging*); (iii) cadeia de suprimentos responsiva; (iv) cadeia de suprimentos ágil.

A gestão da cadeia de suprimentos tem evoluído em seus conceitos, tornando-se cada vez menos transacional e mais estratégica. Portanto, encontrar ferramentas que possam criar uma perspectiva mais integrada de como os produtos e os processos devem estar alinhados com decisões estratégicas tem sido um pensamento constante para tomadores de decisão na GCS (Corrêa, 2010).

2.2 – Metodologia

Para analisar a Estratégia de Gestão Responsiva (EGR) optou-se pela realização de uma pesquisa exploratória na cadeia de suprimentos sucoenergética. Para Gil (2010), analisando os objetivos mais gerais ou propósitos, o autor argumenta que o tipo de pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

Já em relação ao método de pesquisa aplicado neste trabalho, adotou-se o estudo de caso. De acordo com Yin (2010) o método de estudo de caso permite que os investigadores retenham as características holísticas e significativas dos eventos da vida real citando como exemplo os processos organizacionais e administrativos de uma empresa. Na abordagem de Godoi *et al.* (2006), o estudo de caso é recomendado quando

o problema de pesquisa surge de situação cotidianas e o pesquisador busca a explicação em alguma situação a partir da prática

Desta forma, para uma melhor compreensão da tomada de decisão acerca da destinação dos açúcares totais recuperáveis foram estudadas as seguintes unidades de análise da empresa foco do estudo: (i) função produção, (ii) função comercialização, e (iii) oportunidades de agregação de valor com duas tecnologias de inovação atualmente em curso no setor, ou seja, a cogeração de energia e conceito de produção para usina *flex*. A Figura 6 descreve o esquema analítico da pesquisa.

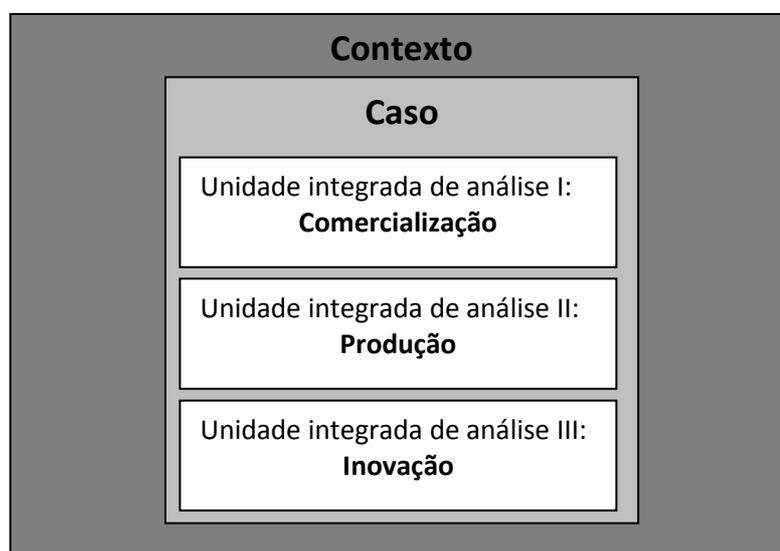


Figura 6 - Framework analítico da pesquisa: estudo de caso único integrado com unidades múltiplas de análise

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Yin (2010).

Para obtenção dos dados primários realizou-se uma visita em uma moderna usina instalada a partir de um projeto *greenfield* no Centro-Oeste brasileiro, fora da tradicional área de cultivo de cana, localizada na região sudoeste sulmatogrossense. Como técnica de coleta de dados, utilizou-se de entrevista e questionário semiestruturado com questões abertas e fechadas (conforme apêndice), realizada na organização com representantes da área comercial e a gerência de produção.

Segundo Marconi e Lakatos (2010) a técnica de entrevista e questionário é um procedimento utilizado na investigação social para a coleta de dados ou para ajudar no diagnóstico ou no tratamento de um problema social. Já Cervo e Bervian (2002) destacam que o uso de questionário possibilita medir com melhor exatidão o que se

deseja e contém um conjunto de questões, todas logicamente relacionadas com um problema central.

Complementando a coleta de informações da unidade, também foi realizada pesquisa referente à produção no site da própria instituição foco do estudo, a órgãos públicos vinculados ao setor e sites especializados voltados a cadeia produtiva sucroenergética.

A coleta de informações permitiu obter informações técnicas que permitissem melhor compreender os processos e particularidades acerca da tomada de decisão do mix de produção, assim como os subsistemas adotados para alcançar a responsividade da cadeia produtiva, que foram posteriormente comparadas com a literatura. A identidade da organização e os respondentes foram mantidos sob sigilo, sendo denominada a organização foco de estudo de Usina A.

3 – Agroindústria da cana no Brasil

A atividade canavieira brasileira é estreitamente ligada com o desenvolvimento do país, sendo seu cultivo iniciado por volta de 1530, ao tornar-se uma das mais importantes atividades econômicas do país pelo contexto social e histórico.

Segundo a UNICA (2014), no ano de 2012, o setor sucroenergético gerou uma receita anual superior a US\$ 36,0 bi, com receitas de exportação de US\$ 16 bi em produtos derivados da cana-de-açúcar (açúcar e etanol), ocupando o segundo lugar nas exportações do agronegócio brasileiro, após o complexo soja contribuindo significativamente para o equilíbrio corrente das finanças públicas, e geração de aproximadamente 1,15 milhões de empregos diretos no país.

A Figura 7 representa o Sistema Agroindustrial (SAG) da cana-de-açúcar, podendo ser compreendida como uma estrutura complexa formada por agentes atuando em diversos subsistemas ligados a mercados bastante distintos a jusante, ou seja, biocombustíveis, alimentos, bioeletricidade, petroquímico, farmacêutico, entre outros.

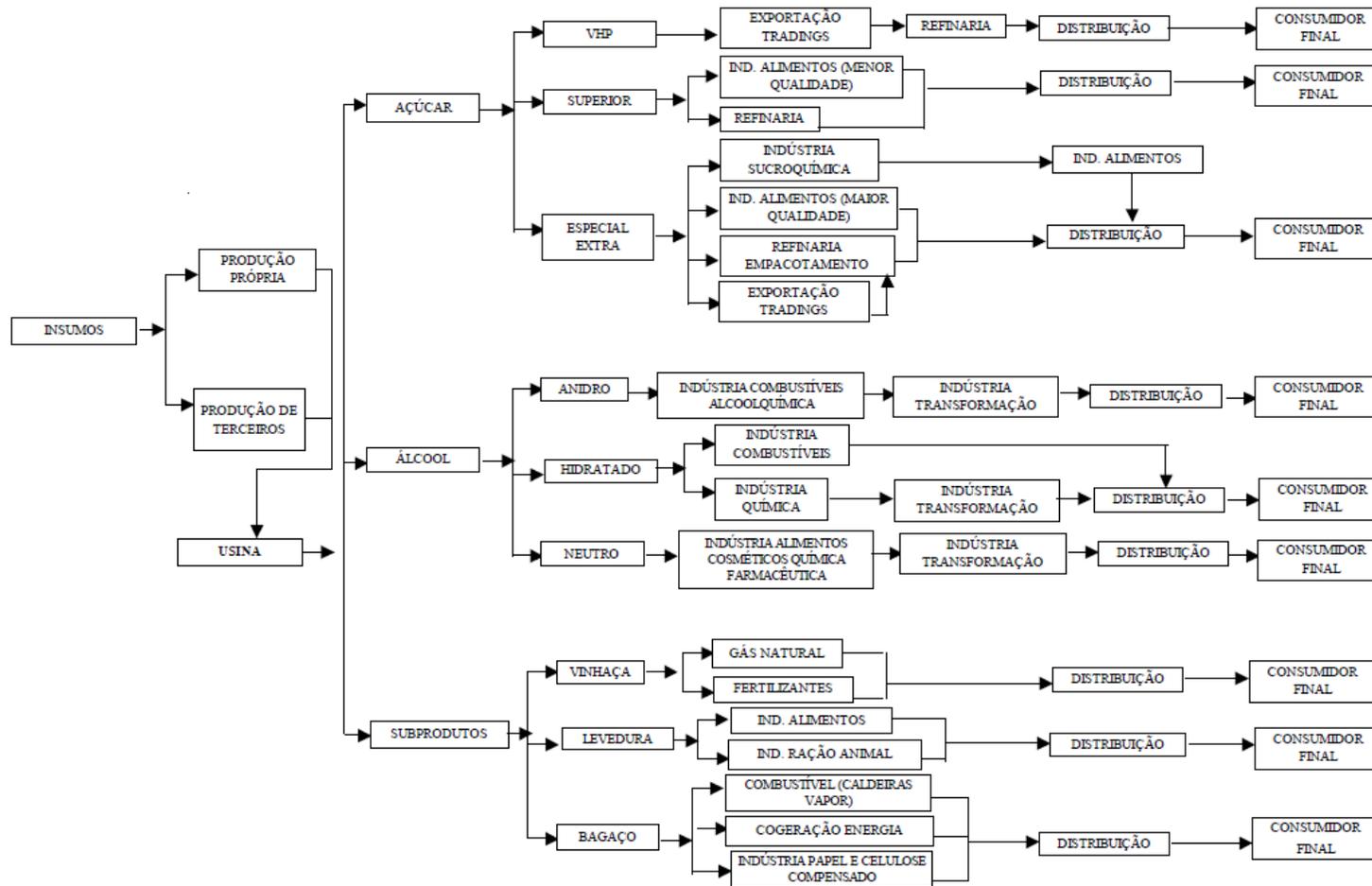


Figura 7 - Sistema agroindustrial da cana
 Fonte: Azevedo (2004).

O modelo teórico do SAG pode ser compreendido como um conjunto de empresas com diferentes níveis de coordenação vertical envolvendo diversos agentes que a tornam uma complexa rede de interações, através do fluxo de informação, fluxo de materiais e transações formais. A forte crise financeira mundial de 2009 que atingiu o setor propiciou a entrada de grandes grupos econômicos internacionais (principalmente petrolíferas e *tradings companies*) que começaram a comprar e/ou fundir-se com empresas já estabelecidas buscando ativos subvalorizados em vez de construir novas capacidades produtivas (VALENTE *et al.*, 2012).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2014), no Brasil, até abril/2014, existiam 390 agroindustriais cadastradas no Departamento de Cana-de-açúcar e Agroenergia. Deste total, 61,53% (204 unidades) são unidades mistas, ou seja, produzem açúcar e etanol; 31,28% (122 unidades) são destilarias, pois produzem apenas etanol, e apenas 3,8% (15) são produtoras apenas de açúcar. O quantitativo de (49) unidades não foram identificadas conforme a classificação, o que corresponde a 12,56%.

Milanez *et al.* (2012) destacam que nos últimos anos, grandes grupos internacionais fizeram aquisições de indústrias brasileiras, em sua maioria geridas por grupos familiares. No entanto, estas aquisições não implicaram na instalação de novas usinas, mas, sim, na expansão das já existentes. Além disso, houve uma concentração das usinas sob controle de grandes grupos estrangeiros.

O atual cenário de fusões e aquisições gerou um contexto de falta de investimentos. Este cenário corrobora de maneira crucial para que a oferta de produtos esteja limitada, devido à falta novos projetos *greenfields* de expansão. Observa-se que, caso os investimentos fossem concentrados na instalação de novas unidades, a oferta de cana-de-açúcar poderia atender ao crescimento do mercado interno e externo dos seus produtos, o que deixaria o país em uma situação de maior credibilidade frente ao potencial mercado mundial, principalmente no que diz respeito ao etanol (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

Nos últimos anos, houve o fechamento de várias unidades produtoras como reflexo da crise vivida em 2008. Esta situação trouxe um agravante, pois a cana-de-açúcar migrou para ser processada em outras unidades vizinhas, o que as deixou muito próximo da sua capacidade máxima de moagem, o que é um fator limitante de crescimento para o setor (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

Conforme Shikida *et al.* (2011), a agroindústria canavieira nacional é tecnicamente qualificada e com os menores custos de produção do mundo, contudo emerge a importância do paradigma tecnológico que as usinas e destilarias são obrigadas a assumir para se manterem ou mesmo superarem as suas participações no mercado, tornando-se primordial a articulação da agroindústria canavieira com o setor público com vistas à maximização da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e superação de gargalos setoriais. Para Traylen, (2014), a adoção de estratégia de inovação e de diversificação na produção, especialmente relacionadas à bioeletricidade e etanol de segunda geração, pode propiciar importantes posições competitivas às usinas brasileiras.

Mesmo não contando com uma regulamentação que garanta maior rentabilidade da bioeletricidade frente a outras fontes renováveis (solar, eólica etc.), a atividade de cogeração tem se mostrado uma importante fonte de complementação de rendas às usinas.

Além das vantagens para a oferta de energia elétrica, uma maior inserção da bioeletricidade aumenta a resiliência do setor sucroenergético, visto que em razão da alta volatilidade dos preços do etanol e açúcar, a presença de uma receita estável e de longo prazo decorrente da venda de eletricidade melhora o perfil econômico-financeiro do setor.

Nyko *et al.* (2011) afirmam que a eletricidade de biomassa de cana tem se destacado como uma importante fonte de diversificação de geração de energia no país, por ser renovável, produzida de forma distribuída e próxima aos centros consumidores. Além disso, em razão de a colheita da cana ocorrer no período de seca da Região Centro-Sul, a biomassa canavieira se apresenta como uma fonte complementar ao parque hidroelétrico, complementando a geração justamente no período mais crítico de oferta hídrica.

No Mato Grosso do Sul, onde foi realizada a pesquisa, a atividade canavieira sofreu uma forte expansão após início dos investimentos em 2006, chegando a 22 unidades de produção em todo o estado e há, ainda, um projeto de instalação em andamento na cidade de Chapadão do Sul, com início das atividades previsto para 2016 para produção de etanol de milho.

A atividade canavieira, antes incipiente, trouxe resiliência à capacidade econômica local, juntamente com a expansão da atividade agroflorestal voltada para a produção de papel na região leste do estado. Com o fortalecimento destas atividades a

partir de 2009 e por tratar-se de atividades perene (agrofloresta) e semi-perene (cana-de-açúcar) os riscos de grande quebras de produção são minimizados. A Figura 8 apresenta a localização das 22 unidades produtivas georreferenciadas no Mato Grosso do Sul.

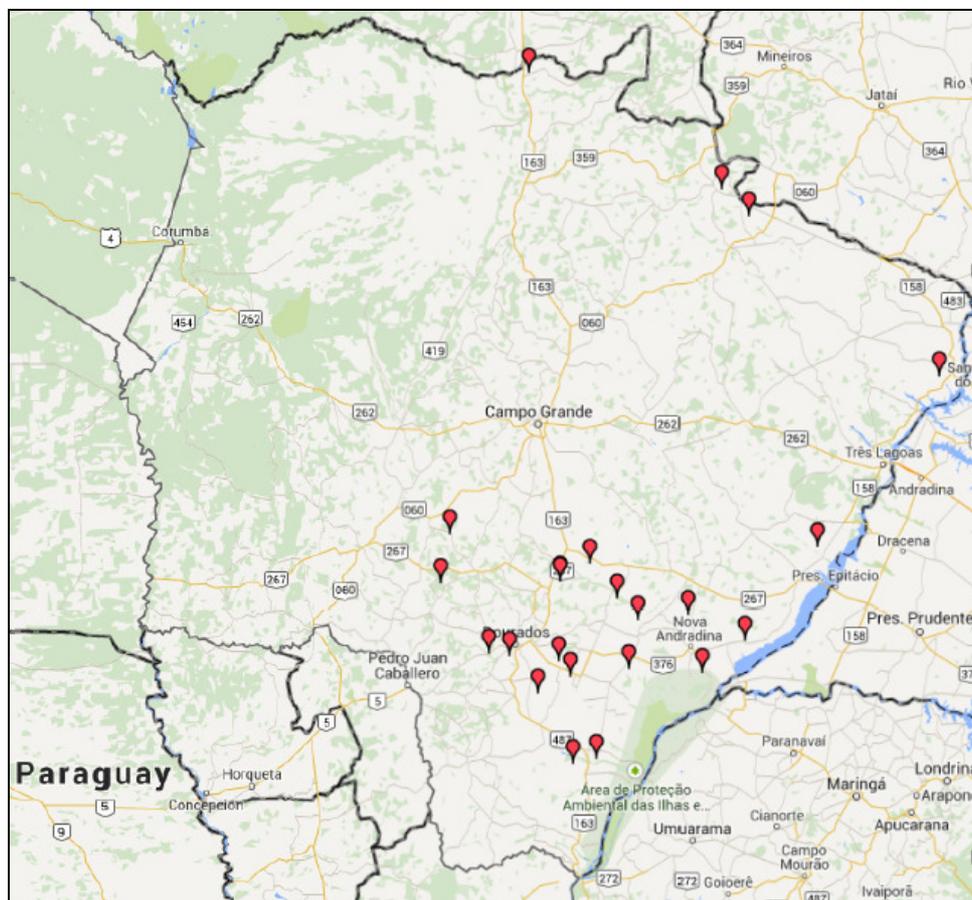


Figura 8 - Mapa de localização das agroindústrias de cana no Mato Grosso do Sul
Fonte: UDOP (2015).

Estas duas cadeias produtivas, agroflorestal e sucroenergética, trouxeram grandes investimentos para o setor do agronegócio do estado e uma maior diversificação da atividade agrícola antes baseadas no cultivo de soja e milho e pecuária bovina. A pouca diversificação na produção agropecuária produzia um histórico de vulnerabilidade econômica gerada pelas constantes quebras climáticas para as lavouras e doenças fitossanitárias, como a crise da febre aftosa de 2005 que comprometeu as exportações dos frigoríficos locais, que eram à época os principais geradores de renda no estado.

4 – Análise e Discussão dos Resultados

4.1 – Caracterização do estudo de caso

A empresa foco da pesquisa está localizada em um município da região sudoeste do Mato grosso do Sul que conta com Área Territorial de 4.086 km² e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – (IDHM) de 0,747 e será denominada neste trabalho de Usina A.

A Usina A iniciou suas atividades no ano de 2009, período de amadurecimento de fortes investimentos do setor sucroenergético iniciado após o ano de 2004, especialmente devido ao surgimento e crescimento da frota de veículos *fuel flex* (biocombustíveis) no país.

Juntamente com a inauguração da Usina A, na mesma safra foram inauguradas mais cinco usinas nos municípios de Bataiporã; Ponta Porã; Caarapó; Chapadão do Sul; e Nova Alvorada do Sul, principalmente frutos de investimentos *greenfields* (novos projetos de expansão), após o *boom* de investimento antes do início da crise do setor. A Tabela 1 descreve a capacidade instalada da Usina A:

Tabela 1 - Capacidade de produção instalada

Descrição	Quantidade	Produto
Capacidade de Moagem	4,5 milhões de toneladas	Cana
Área de Plantio	60.000 ha	Cana
Cogeração de energia	244,4 MW	Energia
Capacidade de produção de açúcar	330 mil toneladas	Açúcar
Capacidade de Produção de etanol	150 mil m ³	Etanol Anidro e/ou Hidratado
Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	Indefinido	Crédito de Carbono

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com dados da pesquisa.

A Usina A iniciou as suas atividades com investimentos iniciais de 338 milhões de reais, devendo atingir sua capacidade total de moagem até 2017. Atualmente a unidade conta com uma área de aproximadamente 60.000 ha para cultivo de cana em espaços arrendados junto a produtores rurais e a meta de moagem para o ciclo 2013/14

eram de 3,923 milhões de toneladas de cana. Na geração de energia, a Usina A, possui dois geradores com capacidade individual de geração de 122,2 MW, sendo uma das maiores geradoras de energia a partir de biomassa do país.

A Usina A realiza 100% da sua colheita de forma mecanizada, utilizando modernas técnicas agrícolas para plantio e cultivo de cana e comercialização de crédito de carbono. Apesar da modernização e mecanização dos processos de plantio e colheita, ainda assim, a Usina A é uma das principais empregadoras de capital humano do município, contando com cerca de 3 mil funcionários, sendo uma importante geradora de renda na área rural provenientes das suas atividades agrícolas desenvolvida em parcerias com produtores rurais (arrendamento de terras).

Na área social, a Usina A desenvolve projetos junto a escolas municipais da cidade onde são praticadas ações e atividades para estimular o espírito de colaboração e ampliar o conhecimento sobre o Meio Ambiente. A unidade também realizou a construção de um Centro de Educação Infantil e implantou um Centro de Qualificação Profissional no município, ambos em parceria com o poder público municipal.

4.2 – Comercialização

Nos últimos anos, a bioenergia vem recebendo atenção crescente em muitos países, nos campos políticos, econômicos e técnico-científico, principalmente em decorrência das preocupações com as mudanças climáticas e a segurança energética (MILANEZ *et al.*, 2014).

No Brasil, Neves e Trombin (2014) estimam que as usinas faturaram com a comercialização de seus produtos o montante de US\$ 38,45 bilhões na safra 2013/2014. A Figura 9 sumariza todos os valores que compõem esse faturamento. No ciclo 2013/14, o etanol foi o responsável por 54,20% das receitas das usinas brasileiras, enquanto o açúcar ficou com 43,32%, sendo estes produtos os carros-chefe das usinas brasileiras. A cogeração de energia e outros produtos representaram apenas 2,24% das receitas, contudo a diversificação no portfólio das usinas com a produção bioplásticos, diesel, bioquímicos, leveduras, entre outros, é uma importante estratégia de negócio para o setor no longo prazo.



Figura 9 - Movimentação financeira gerada nas usinas⁴

Fonte: Neves e Trombin (2014).

A Usina A é caracterizada pela produção mista, ou seja, possui capacidade fabril instalada para produção de açúcar e etanol (hidratado e anidro). A determinação do mix de produção é estabelecida pela própria unidade a partir dos contratos de venda do açúcar através de *trading*, com 100% da produção caracterizada pelo açúcar VHP (*Very High Polarization*) destinado ao mercado externo e o restante é direcionado ao mercado de etanol.

Na destinação do ATR para produção do açúcar é analisado o histórico de produção e conjuntura do mercado, no qual cerca de 65% da capacidade de produção da *commodity* é direcionada para o mix de produção no início da moagem no plano safra. Os demais 35% são à margem de segurança inerentes aos riscos da produção (pagamento de multas pela não entrega do produto final) e que podem captar oportunidades de venda no mercado *spot*⁵. Foi observado que é prática na unidade e no setor as usinas possuírem contratos de fornecimento de açúcar por mais de uma safra.

Já para a comercialização do biocombustível, segundo dados da ANP (2014), o consumo de etanol hidratado alcançou seu ápice em 2009 quando foram consumidos 16,5 bilhões de litros. No entanto, este consumo decresceu atingindo em 2012 cerca de

⁴ Excluídos os faturamentos relativos ao bioplástico, e faturamentos dos segmentos atacadista e varejista com as vendas de açúcar e de etanol.

⁵ A entrega é realizada em um prazo curto, normalmente em poucos dias, e a remessa é única e por tempo limitado, servindo quase sempre para suprir uma demanda imprevista de energia. Fonte: Adaptado de IPEA.

9,8 bilhões de litros, o que corresponde em termos percentuais, a 40,6% de redução. Neste mesmo período, a gasolina que apresentava crescimento tímido, passou de 25,4 bilhões de litros para 39,6 bilhões de litros (+56%), ocupando o espaço do etanol hidratado e puxando o consumo do anidro.

No Brasil, 61,53% das usinas são mistas, ou seja, podem produzir tanto o açúcar como etanol. Com isto, existe uma “concorrência interna” entre os dois produtos, com mercados bem distintos. O primeiro, com preços baseados no mercado internacional, especialmente cotações da bolsa de Nova York com forte influência da produção brasileira que é o principal exportador mundial, e o segundo, direcionado pela política de preços para combustíveis no país.

Para a comercialização do etanol, embora a Usina A possua contratos para fornecimento, a venda do biocombustível acontece em grande parte no mercado *spot*. Contudo, como na produção do açúcar a obrigatoriedade de entrega física pode ser realizada no longo prazo e a unidade possui armazém para formação de estoque, a unidade dilui a produção do açúcar ao longo da safra em condições operacionais mais favoráveis e opta pela entrega do produto somente no final do ciclo.

Com esta estratégia, a unidade consegue captar oportunidade de mercado e fazer caixa com a venda de etanol que, no momento, é seu principal produto. Além disso, a receita com a venda de açúcar só ocorre a médio prazo. Foi observado que se houvesse a criação de um ambiente de contratação de longo prazo entre as distribuidoras e usinas para fornecimento de etanol, como acontece com os leilões de biodiesel e de energia elétrica, as usinas poderiam ter um melhor planejamento financeiro e operacional para produção do biocombustível.

Milanez *et al.* (2012) descrevem a consolidação de um cenário de descompasso entre a produção no mercado brasileiro de etanol carburante e o crescimento de demanda potencial e oferta. Para os autores, no primeiro caso, o forte crescimento da demanda potencial reflete a expansão da frota de veículos *flex*. Já no segundo caso, a oferta de etanol encontra-se estagnada em razão da ausência de investimentos do setor sucroenergético em capacidade produtiva nova (expansões e *greenfields*) e em produção agrícola de cana.

Em relação à política de preços, foi observado na Usina A que a política nacional de administração de preços da gasolina tipo C – que contém a mistura de 25% de etanol anidro, o principal produto da unidade nos últimos anos – tem influenciado

negativamente a rentabilidade para a usina. Isto se deve principalmente pelo achatamento das margens de rentabilidade ocasionados pelo aumento dos custos de produção, conforme destacado também por Milanez *et al.* (2012), decorrentes de: (i) aumento de produtividade agrícola; (ii) aumento dos custos de arrendamento e da cana de terceiros, (iii) aumento dos custos de mão de obra, (iv) aumento dos custos de fertilizantes; e (v) aumento dos custos de investimento industrial.

Outro impasse na Usina A se deve às dificuldades de escoamento do produto. Como alternativa, a usina utiliza transporte rodo-ferroviário para escoamento da sua produção de açúcar que é enviada de caminhão até Sarandi/PR e, em seguida, segue de trem até o porto de Paranaguá/PR para a exportação. Já o transporte de etanol é realizado todo de caminhão até as distribuidoras, principalmente do estado de São Paulo.

Em contraponto aos custos de escoamento, a Usina A possui incentivo fiscal sobre o ICMS obtido pelo programa de benefícios fiscal a novos projetos de usinas instaladas no estado. Este benefício reduz alíquota do ICMS para a comercialização do etanol em outros estados. No caso do açúcar, a produção da unidade é 100% voltada para a exportação, assim não há incidência de impostos por conta da Lei Kandir⁶.

Contudo, conforme observado na Usina A e segundo Milanez *et al.* (2010) devido a rota de expansão da cana, especialmente na região sul do Mato Grosso do Sul, o estado carece de projetos de infraestrutura, especialmente no modal ferroviário, para redução dos custos de escoamento do etanol e açúcar, além de importante *commodities* produzidas na região como soja e milho.

4.3 – Produção

O processo de produção do caldo de cana da Usina A inicia-se com a chegada do caminhão para a pesagem. Caso o veículo seja sorteado, o mesmo é dirigido à sonda de amostragem (obliquado) para coletar amostras de cana para análise do teor de sacarose. Após ser descarregada nas mesas alimentadoras através do hillo, a cana picada passa pelos desfibradores, sem que haja perda do caldo, em seguida pelo eletro-ímã, onde são

⁶ Lei complementar brasileira nº 87 que entrou em vigor em 13 de setembro de 1996 no Brasil, dispõe sobre o imposto dos estados e do Distrito Federal, nas operações relativas à circulação de mercadorias e serviços (ICMS). A lei Kandir isenta do tributo ICMS os produtos e serviços destinados à exportação. Fonte: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm>.

retirados pedaços de metais contidos na cana que podem danificar os equipamentos da moenda.

Posteriormente, a cana desfibrada é enviada para os ternos de moenda para extração do caldo em uma operação contínua em quatro ternos. O caldo resultante da moagem é enviado para o setor de produção de açúcar ou álcool em proporções definidas de acordo com as tendências do mercado. Ao final deste processo, resultará o bagaço da cana, que é enviado através de esteiras cobertas até as caldeiras onde é queimado e produzido o vapor que é utilizado para geração de energia elétrica, processo chamado de cogeração.

Apesar da flexibilidade operacional das usinas para migrarem as proporções do caldo para produção entre o etanol e açúcar, dentro do processo decisório das usinas sobre a percentagem do mix de produtos não é levada em consideração somente a paridade de preços entre açúcar e etanol. Para Czinar (2013), deve-se observar compromissos de venda e financiamento que impactam diretamente na produção como:

- Na mudança da produção do açúcar para o etanol existem custos, como o custo de *washout* (custo para deixar de entregar o volume de um contrato, geralmente de açúcar para exportação), o qual varia de acordo com as partes envolvidas e a situação do mercado do açúcar no momento. Além disso, alguns bancos exigem contratos de exportação como contrapartida para financiamentos com base em moeda estrangeira.

- No caso de se alterar o mix de mais “alcooleiro” para mais “açucareiro”, há que se pensar nos possíveis compromissos de entrega e estocagem de etanol (como, por exemplo, a resolução 67/2011 da ANP) ou, até mesmo, a necessidade de caixa da usina, uma vez que o mercado de açúcar tende a ter uma liquidez menor do que a do etanol.

- Ainda deve se considerar as dificuldades e limites técnicos, sendo que é de se esperar que na época de maior moagem e melhor qualidade da cana, obtenha-se uma maior produção de açúcar do que durante as fases inicial e final da safra, quando é mais simples produzir etanol.

No Quadro 2, é possível observar o histórico de destinação do ATR para o açúcar, etanol anidro, etanol hidrato e produção total de ATR no Brasil a partir da safra de 2000/2001.

Safra	ATR Açúcar	ATR Etanol	ATR Etanol Anidro	ATR Etanol Hidratado	ATR Açúcar em %	ATR Etanol em %
2000/01	16.813.347	18.036.191	9.768.810	8.267.381	48,2%	51,8%
2001/02	19.934.584	19.694.301	11.333.394	8.360.907	50,3%	49,7%
2002/03	23.489.212	21.438.637	12.260.253	9.178.384	52,3%	47,7%
2003/04	26.178.974	25.178.321	15.336.807	9.841.514	51,0%	49,0%
2004/05	27.950.362	26.086.682	14.295.316	11.791.366	51,7%	48,3%
2005/06	27.512.003	27.055.466	13.404.548	13.650.918	50,4%	49,6%
2006/07	32.256.463	30.657.813	14.130.573	16.527.240	51,3%	48,7%
2007/08	32.846.851	38.239.064	14.806.138	23.432.925	46,2%	53,8%
2008/09	33.066.449	47.098.708	16.845.637	30.253.070	41,2%	58,8%
2009/10	34.668.636	43.645.864	12.135.547	31.510.317	44,3%	55,7%
2010/11	39.953.951	46.852.102	14.041.323	32.810.779	46,0%	54,0%
2011/12	37.750.931	38.737,680	15.084.425	23.653.263,	49,4%	50,6%
2012/13	40.255.812	40.051.024	16.958.714	23.092.310	50,1%	49,9%
2013/14	39.563.538	54.814.220	20.685.325	27.128.895	45,3%	54,7%
2014/15 ⁷	34.342.257	45.507.015	19.061.688	26.445.327	43,0%	57,0%

Quadro 2 - Rendimento e destinação do ATR entre as safras 2000/01 a 2014/15

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do MAPA

⁷ Valores apurados até 01/12/14.

Na Usina A, os contratos são importantes direcionadores para o estabelecimento do plano safra em que é elaborado o mix de produção. No início da moagem, geralmente trabalha-se com o percentual de 55% para etanol e 45% para o açúcar, sendo o mix ajustado ao longo do ciclo safra conforme a conjuntura do mercado e oportunidade venda do etanol no mercado *spot*.

Conforme observado junto a representantes da área comercial, já ocorreram casos de quebra de contrato de açúcar para atendimento na venda de etanol, porém esta prática é rara na empresa, mas é um mecanismo a ser considerado.

Outro ponto importante observado na Usina A é que devido às modernas instalações, por tratar-se de projeto *greenfields* instaladas recentemente, a unidade possui sistema de peneiras moleculares que possibilitam a unidade migrar 100% da sua produção de etanol hidratado para etanol anidro e vice-versa, podendo, assim, captar no momento o produto com condições mais vantajosas de mercado.

Analisando as colunas de ATR em % para açúcar e etanol, fica bastante evidente o uso desta estratégia de mercado por parte das usinas como opção para maximização do seu resultado. Conforme Milanez *et al.* (2012) e o que pode ser observado no Quadro 2, entre os anos de 2007 a 2009 o setor foi bastante “alcooleiro”, chegando o mix atingir quase 59% da matéria-prima para o etanol. Ainda conforme os autores, esse movimento refletiu a ampla preferência do consumidor pelo etanol hidratado, que, à época apresentava preços competitivos em grande parte do território nacional, além do pico de exportação do biocombustível para o mercado americano.

A partir de 2010, o cenário mudou com a decisão do governo dos Estados Unidos em não renovar sua tarifa sobre a importação de etanol e, concomitantemente, houve o aumento dos efeitos da crise mundial especialmente na Europa e uma austera política de controle de preços dos combustíveis no país para reduzir efeitos sobre a inflação, que geraram um revés das usinas na produção etanol, tornando o mix “açucareiro” próximo do padrão histórico com 50,1%. Esta decisão das usinas em médio prazo modificou o preço desta *commodity*.

Conforme Relatório da FIESP (2014), a contenção dos preços da gasolina colocou um teto baixo nos preços do etanol. Para tentar ampliar minimamente a rentabilidade, os produtores brasileiros migraram a produção em direção ao açúcar. A

expansão da oferta brasileira de açúcar derrubou as cotações internacionais, uma vez que o país representa aproximadamente a metade do comércio mundial da *commodity*.

Ainda conforme o relatório da FIESP (2014), o setor que havia iniciado seus investimentos no ciclo de alta de preços e, portanto, já estava alavancado, com a perda de rentabilidade, devido aos menores preços, viu sua situação financeira se deteriorar ainda mais. Essa piora limitou a renovação e os investimentos nos canaviais, o que afetou a produtividade, agravando o quadro financeiro. A política pública também desestimulou os investimentos em cogeração, o que poderia agregar mais renda aos produtores.

No estado de Mato Grosso do Sul, após um forte ciclo de investimento em expansões, assim como no quadro nacional, a cadeia regional vem passando por um momento de incertezas pela grave crise instalada no setor. Contudo, o estado conta um dos únicos novos projetos de instalação de novas usinas no país, sendo este projeto pioneiro para produção de etanol de milho pelo grupo Biourja do Brasil Agroindustrial em Chapadão do Sul.

A inserção do setor sucroenergético tem se inserido de forma sustentável no estado. Segundo a Associação dos Produtores de Bioenergia do Mato Grosso do Sul (2014), na safra 2012/13, 89% da colheita de cana no estado foi realizada de forma mecanizada. Na Usina A, todo o processo de colheita é realizado de forma mecanizada. A mecanização possibilita ganhos ambientais pela não geração de gases de efeitos estufa decorrentes da queima dos canaviais e na área social elimina empregos com alto grau de insalubridade devido ao corte manual da cana, gerando empregos de maior qualidade.

Além disto, a mecanização utilizada na Usina A possibilita a colheita de parte da palhada dos canaviais como matéria-prima que foi recentemente incorporada ao processo produtivo da geração de bioenergia. Com isto a Usina A tem conseguido cogerar energia cerca 11 meses do ano, de forma ininterrupta, mesmo com o fim da safra. A Usina A também compra bagaço das unidades de nova Andradina e Iguatemi como complemento da matéria-prima, sendo uma importante alternativa ambiental para redução dos resíduos industriais gerados da moagem da cana.

Outra estratégia operacional adotada pela Usina A é o prolongamento do período de moagem da cana na entressafra, com atividade podendo chegar até o final

mês de janeiro, período em que grande parte das usinas no Centro-Sul já encerrou suas atividades e estão paralisadas para manutenção. Assim, a unidade aproveita para gerar os estoques destinados à comercialização do etanol na entressafra que historicamente apresenta preços menores.

4.4 – Inovação

De acordo com Higgins *et al.* (2007), a oportunidade de inovação nas usinas tem se dado de forma mais evolucionária do que revolucionária. Para Valente *et al.* (2012), visando reduzir os riscos inerentes a atividades e aumentar a rentabilidade do negócio, as tradicionais agroindustriais de cana, oriundas da produção açúcar, passaram a produzir etanol e, mais recentemente, a bioeletricidade. Essa diversificação de produtos traz consigo mudanças importantes para o setor sucroenergético. Açúcar, etanol e bioeletricidade fazem parte de mercados essencialmente distintos entre si.

A bioeletricidade gerada pelo setor sucroenergético destaca-se como fonte adequada para complementar o parque hidrelétrico brasileiro. As suas principais vantagens são o caráter renovável e a possibilidade de complementaridade de geração ao atual parque hidroelétrico brasileiro (NIKO *et al.*, 2011).

Na cogeração de energia, ao contrário da maioria das usinas brasileiras em que a cogeração é apenas um subproduto ou apenas a energia para uso das suas atividades internas, na Usina A, esta produção é um dos principais produtos da unidade. A usina possui uma unidade industrial de energia denominada de UTE (Usina Termoelétrica) abastecida pelo bagaço (2/3) e mais recentemente adicionada a palhada (1/3) resultante do processo produtivo industrial e agrícola. A unidade efetua a comercialização da energia produzida no mercado contratato e mercado *spot*.

Para exportar energia, a UTE da Usina A é conectada à concessionária Dourados Santa Cruz através de uma linha de transmissão de 138 kV com 8 km de extensão. Para elevar a energia de 13,8 kV (tensão nos terminais do gerador) a 138 kV (tensão de exportação) foi construída uma subestação de 138 kV equipada com dois transformadores elevadores de 13,8/138 kV com potência de 30/37,5 MVA dentre outros equipamentos. Segundo a Biosul (2014), Mato Grosso do Sul é o maior

exportador de energia para o sistema integrado, gerando um excedente de 1.292 GWh na safra 2012/13.

Dados da Empresa de Pesquisa Energética (2014) indicam que a fonte biomassa – que inclui bagaço/palha da cana, lenha, lixo e outras biomassas – atingiu uma geração total de 39.679 GWh, valor equivalente a 1/3 do consumo anual residencial no Sistema Interligado Nacional (SIN) em 2013. Do total produzido pela fonte biomassa, dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica mostram que 17.1748 GWh foram destinados para o sistema interligado nacional (43% do total) e a diferença, 22.531 GWh (57%), para o autoconsumo das unidades industriais com a cogeração de biomassa.

Já para Souza (2014), mesmo com o desempenho estratégico e com um potencial estimado para a biomassa da cana algo em torno de 22 GW médios até 2022, existe dificuldade de negociação de novos projetos nos leilões regulados promovidos pelo Governo Federal. A inexistência de uma política setorial clara, estruturante e capaz de estimular o investimento na bioeletricidade tem comprometido o desempenho dessa fonte nos leilões regulados. Entre os problemas, destacam-se o baixo preço-teto e a concorrência direta com eólicas em condições diferentes de competitividade.

Outra possibilidade de inovação no setor é a incorporação do milho na produção do etanol. Neste conceito de produção, a usina poderá operar normalmente no período de safra com a cana e inserir o milho em períodos de entressafra, ou até mesmo produzir o etanol de milho concomitantemente o ano todo em paralelo com a produção regular de etanol, açúcar e bioeletricidade no período da safra. A escolha dependerá da configuração tecnológica e disponibilidade matéria-prima (produção de milho disponível na região de cada empreendimento).

O consórcio do milho e cana para a produção de etanol é denominado de usina *flex*. Conforme Milanez *et al.* (2014), as principais potencialidades para a adição do milho na região Centro-Oeste para produção de etanol são: (i) baixo nível de investimento, em relação ao projeto *greenfield*, para adaptação do milho as usinas *flex*; (ii) grande capacidade de aproveitamento da produção do milho 2ª safra (safrinha) no Centro-Sul brasileiro; e, (iii) processamento do milho junto aos pontos de produção, compensando as dificuldades atuais de infraestrutura regionais e barateando o custo de produção e logística do etanol no interior do país.

Na Usina A, foi observado que os entrevistados já conhecem a tecnologia de usina *flex*, inclusive a gerência industrial já realizou visita de campo a uma unidade no Paraguai que produz etanol a partir da cana e milho, contudo a área industrial não considera no momento a possibilidade de grandes adaptações ao processo produtivo devido à atual conjuntura do setor que é desfavorável a novos investimentos.

Outra vantagem do milho em relação à cana, é que o primeiro permite ser armazenado, o que pode garantir um fornecimento estável ao longo do ano, quebrando as grandes variações de fornecimento durante o período de safra e possíveis “efeitos chicotes⁸” gerados no fornecimento da cana em decorrências da forte oscilação característica da colheita da matéria-prima. Na Figura 10 é apresentada a comparação da produção de milho nas 1ª e 2ª safras nos principais estados produtores do Centro-Sul.

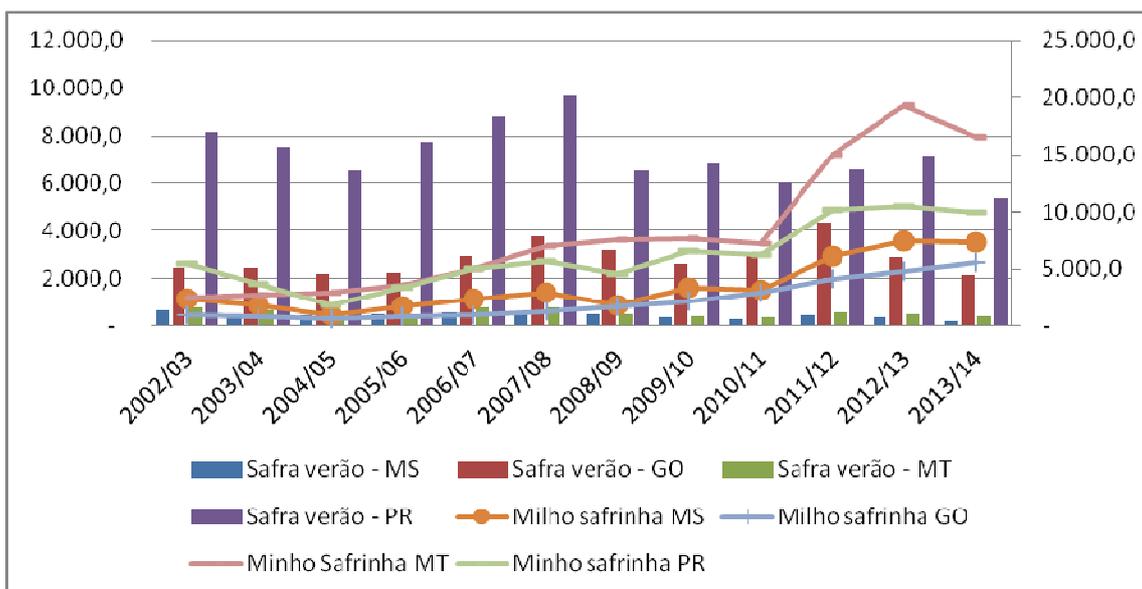


Figura 10 - Comparação da produção de milho na 1ª e 2ª safras nos principais estados produtores do Centro-Sul

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da CONAB.

Além dos benefícios apresentados, existe grande potencial de geração de matéria-prima do milho no centro-sul para abastecer as usinas da região, sem comprometer outras atividades agrícolas e geração de alimentos. Conforme a Figura 10,

⁸ Amplificação da variância das informações da demanda à medida que elas se propagam no sentido a montante da cadeia de suprimentos. Fonte: Pires (2009).

nas últimas safras, o milho tem sistematicamente sido produzido em rotação com a soja no plantio do período de outono/inverno, sendo denominado milho safrinha.

A concentração de milho safrinha está localizada principalmente no centro-sul do Brasil, onde se concentram mais de 65% das usinas instaladas no País. Este produto gera efeitos produtivos na agregação de valor na matéria-prima básica e redução dos custos transporte, especialmente em estados como GO e MT, onde a sua competitividade é reduzida devido a gargalos de infraestrutura e às distâncias da produção até os portos de escoamento (TRAYLEN, 2014).

Outro ponto de criação de valor com inserção do conceito de usina *flex* é que o aumento da produção e distribuição em novas regiões no interior do Brasil permitirá aos estados de GO e MT reduzir os custos de produção do produto e tornar mais vantajosa a utilização do etanol frente à gasolina em regiões mais distantes do centro produtores. Em regiões como a Norte e extremo Centro-Oeste, os custos logísticos tiram a competitividade do etanol em comparação a estado produtores com alta concentração de produção e distância curtas da ponta final de consumo, como em São Paulo.

A inserção do milho nas usinas também auxiliará no aumento das opções de comercialização ao produtor, possibilitando uma pulverização dos pontos de escoamento, não somente nos portos, mas em diversos pontos próximos às regiões produtoras que possuem capacidade deficitária de armazéns. A construção de armazenagens para estocagem de milho nas usinas possibilitará efeito positivo na redução dos *déficits* da capacidade de estocagem de milho atualmente instalada no país.

5 – Considerações finais

Nota-se que a adoção de novas tecnologias de produção tem sido um dos fatores mais importantes para o setor sucroenergético. No estudo de caso abordado, a Usina A possui na venda de energia uma das suas principais atividades econômicas, além da possibilidade de geração de receitas também com a venda de crédito de carbono decorrente da produção da energia de biomassa.

Outra vantagem decorrente da inovação tecnológica o que aumenta a responsividade da unidade pela inovação tecnologia é o sistema de peneira de destilação, que possibilita a unidade migrar 100% da sua produção do etanol anidro para

o hidratado e vice-versa, podendo captar a melhor oportunidade de mercado conforme a conjuntura de mercado.

Nas agroindustriais de cana destaca-se que a responsividade na gestão da cadeia de suprimentos não está atrelada apenas aos preços do etanol e do açúcar, mas também aos contratos realizados para venda dos produtos e financiamento da usina, bem como à produção das usinas concorrentes, não apenas do estado de MS como de outras regiões.

Observa-se ainda que apesar da falta de infraestrutura adequada para escoamento da produção de açúcar e etanol da Usina A, esta deficiência acaba de certa forma compensada pela isenção de impostos para exportação do açúcar, devido a lei Kandir e, no caso do etanol, pelos benefícios fiscais concedidos no ICMS para a comercialização entre estados, especialmente São Paulo, para onde é destinada a produção da unidade.

Por fim, sugere-se a implantação de projetos de infraestrutura no modal ferroviário, especialmente na região sul de Mato Grosso do Sul, onde existe grande potencial para cultivo da cana, visando aumentar a sustentabilidade no ciclo de vida final dos produtos do setor (devido à redução da queima de combustível fóssil utilizado por caminhões para transporte), e aumento da competitividade (barateamento dos custos de frete até os grandes centros consumidores e portos).

Referências bibliográficas

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acesso em 23 jul. 2014.

AZEVEDO, H. J. *et al.* Uma análise da cadeia produtiva da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense. **Economia e desenvolvimento no Norte Fluminense: da cana de açúcar aos royalties do petróleo. Campos dos Goytacazes, RJ: WTC Editor, 2004.**

BEZUIDENHOUT, C. N. Review of sugarcane material handling from an integrated supply chain perspective. In: **Proceedings of the Annual Congress-South African Sugar Technologists Association**. South African Sugar Technologists' Association, p. 63-66, 2010.

BEZUIDENHOUT, C. N.; BAIER, T. A global review and synthesis of literature pertaining to integrated sugarcane production systems. In: **Proceedings of the Annual**

Congress-South African Sugar Technologists' Association. South African Sugar Technologists' Association, p. 93-101, 2009.

BIOSUL. **Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul.** Disponível em: <<http://www.biosulms.com.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**, Prentice Hall, 5º Edição. São Paulo, 2006.

CHANDRA, C.; GRABIS, J. **Supply chain configuration: concepts, solutions and applications.** New York: Springer, 2007.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 4. ed. São Paulo: Cengage Learnings, 2011.

CHRISTOPHER, M. The agile supply chain: competing in volatile markets. **Industrial marketing management**, v. 29, n. 1, p. 37-44, 2000.

CHRISTOPHER, M.; HOLWEG, M. Supply Chain 2.0': managing supply chains in the era of turbulence. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, vol. 41, nº 1, pp. 63-82, 2011.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento.** Perspectivas para a agropecuária. Volume 1- Safra: 2013/2014. Brasília, 154 pg. 2013.

CORRÊA, H.L. **Gestão de redes de suprimentos.** São Paulo: Atlas, 2010.

CZINAR, M. M. Setor sucroalcooleiro. Sinais distorcidos. **Agroanalysis**, - Revista Eletrônica da FGV. v. 33, n. 10, p. 26, 2014.

EPE. Balanço Energético Nacional – 2014. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 01 jul 2014.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Outlook Fiesp 2023: projeções para o agronegócio brasileiro. São Paulo: Fiesp, 2014. 100 p. Disponível em: <<http://apps2.fiesp.com.br/outlookDeagro/pt-BR>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

FISHER, M.L What's the right supply chain for your product. **Harvard Business Review**, mar./abr., p.106-116, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo, 5º Edição, 2010.

GODOI, C. K; BANDEIRA-DE-MELO; BARBOSA DA SILVA; A. **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos.** Ed. Saraiva. São Paulo, 2006.

GOLDEMBERG, José; COELHO, Suani Teixeira; GUARDABASSI, Patricia. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, v. 36, n. 6, p. 2086-2097, 2008.

HIGGINS, A.*et al.* Opportunities for value chain research in sugar industries. **Agricultural Systems**, v. 94, n. 3, p. 611-621, 2007.

LEE, H. L. **Aligning supply chain strategies with product uncertainties**. California Management Review, v.44, n.3, Spring 2002.

MAPA. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>. Acesso em: 22 maio 2014.

MAPA. Relação de instituições no departamento de cana-de-açúcar e agroenergia. Posição em 20/05/2014. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Brasília, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.. Fundamentos de metodologia científica. **Fundamentos de metodologia científica**. Atlas, 2010.

MILANEZ, A. Y. *et al.* Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. **BNDES Setorial**, v. 31, p. 49-98, 2010.

MILANEZ, A. Y. *et al.* O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política. **BNDES Setorial**, v. 35, 2012.

MILANEZ, A. Y. *et al.* A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDES**, n° 41, pg. 147-208, 2014.

MOTA, J. C. V. da; MACHADO, A. G. C.; MORAES, W. F. A. de. Condicionantes para exportação no setor sucroenergético brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 4, p. 705-724, 2014.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. **A Dimensão do Setor Sucroenergético Mapeamento e Quantificação da Safra 2013/14**. Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEA-RP/USP 2014.

NOLLET, J.; PONCE, S.; CAMPBELL, M. About “strategy” and “strategies” in supply management. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 11, n. 2, p. 129-140, 2005.

NYKO, D. *et al.* Determinantes do baixo aproveitamento do potencial elétrico do setor sucroenergético: uma pesquisa de campo. **BNDES Setorial**, v. 33, p. 421-476, 2011.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e Casos**. São Paulo: Atlas, 2009.

QRUNFLEH, S.; TARAFDAR, M. Lean and agile supply chain strategies and supply chain responsiveness: the role of strategic supplier partnership and postponement. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 6, p. 571-582, 2013.

ROH, J.; HONG, P.; MIN, H. Implementation of a responsive supply chain strategy in global complexity: The case of manufacturing firms. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 198-210, 2014.

ROH, J.; HONG, P.; MIN, H. Implementation of a responsive supply chain strategy in global complexity: The case of manufacturing firms. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 198-210, 2014.

ROTH, A. V. *et al.* Unraveling the food supply chain: strategic insights from China and the 2007 recall. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 44, nº 1, January, 2008.

_SENESI, S.; CHADDAD, F. R.; PALAU, H.. Networks in Argentine agriculture: a SENESI, S.; CHADDAD, F. R.; PALAU, H.. Networks in Argentine agriculture: a multiple-case study approach. **Revista de Administração (São Paulo)**, v. 48, n. 2, p. 281-294, 2013.

SHIKIDA, P. F. A.; AZEVEDO, P. F. de; VIAN, C. E. de F.. Desafios da agroindústria canieira no Brasil pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 599-628, 2011.

SOUSA, E. L de; MACEDO, I. de C. **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

SOUZA, S. **Geração de Biomassa representou 1/3 do consumo residencial do Brasil em 2013. Apesar da representatividade, Biomassa enfrenta incerteza quanto a futuro**. Disponível em: <http://www.cogen.com.br/>. Acesso em: 10 ago 2014.

STAVRULAKI, E.; DAVIS, M. Aligning products with supply chain processes and strategy. **The International Journal of Logistics Management**, v. 21, n. 1, p. 127-151, 2010.

TRAYLEN, D. Heading South. **Biofuels International**. March/April, 2014.

UNIÃO DAS INDUSTRIAS DE CANA-DE-AÇUCAR: Sugarcane Industry in Brazil. Disponível em: <<http://http://www.unica.com.br/documentos/publicacoes/sid/2_5714_988/>>. Acesso em 11 de jan 2015.

UDOP. **União dos Produtores de Bioenergia**. Disponível em: <<<http://www.udop.com.br/>>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

VALENTE, M. S. *et al.* Bens de capital para o setor sucroenergético: a indústria está preparada para atender adequadamente o novo ciclo de investimentos em usinas de cana-de-açúcar. **BNDES Setorial**, v. 36, p. 119-178, 2012.

VONDEREMBESE, M. A. *et al.* Designing supply chains: Towards theory development. **International Journal of Production Economics**, v. 100, n. 2, p. 223-238, 2006.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4º ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CAPÍTULO 4 – ARTIGO II

Aplicação da Análise de Regressão Múltipla para avaliação da destinação dos Açúcares Totais Recuperáveis das usinas sulmatogrossenses

Artigo submetido à Revista Engenharia Agrícola:

- ✓ ISSN: 0100-6916 (impresso); 1808-4389 (CD-rom); 1809-4430 (on-line)

Classificação Qualis/Capes:

- ✓ Ciências Agrárias - B1;
- ✓ Interdisciplinar - B1

Aplicação da Análise de Regressão Múltipla para avaliação da destinação dos Açúcares Totais Recuperáveis das usinas sul-mato-grossenses

Edison Sotolani Claudino †
Alessandra Querino da Silva ‡
João Gilberto Mendes dos Reis ⚭

RESUMO

Este artigo se propõe a analisar o *trade-off* na destinação dos açúcares totais recuperáveis (ATR) utilizando como fonte de análise a produção de açúcar e etanol. Utilizando o estado de Mato Grosso do Sul como exemplo de técnicas de regressão linear múltipla foi verificada a influência dos preços internacionais do açúcar na destinação dos ATRs para a produção do alimento em detrimento do biocombustível. Para alcançar os objetivos da pesquisa foi analisada a série histórica da produção de açúcar e etanol entre as safras de 2002/03 e 2014/15. Os resultados sugerem que apesar da logística desfavorável boa parte das usinas regionais optaram pelo modelo de produção misto, como alternativa para reduzir risco do negócio.

Palavras-chave: cana, etanol, açúcar, SCM, regressão linear múltipla

ABSTRACT

This article aimed to analyze the trade-off in the allocation of total recoverable sugars (TRS) using as analysis source the production of sugar and ethanol. By using the state of Mato Grosso do Sul as an example of multiple linear regression techniques we found the influence of the international price of sugar over the destination of ATRs for food production instead of biofuel. In order to achieve the objectives of the research, we analyzed the historical series of sugar and ethanol production between the harvests from 2002/03 and 2014/15. The results suggest that despite the unfavorable logistics, a great part of the regional mills plants opted for the mixed production model as an alternative for business risk reduction.

Keywords: sugarcane, ethanol, sugar, SCM, multiple linear regression

1 - Introdução

Os setores agrícola e industrial da cana-de-açúcar para produção de biocombustíveis e açúcar têm emergido como um dos mais proeminentes mercados nos países em desenvolvimento. Varrichio (2012) enfatiza que o valor adicionado no Brasil por essa cadeia de suprimentos foi maior do que o da aeronáutica, maior do que a da petroquímica e da mesma magnitude da automobilística.

† Mestrando em Agronegócio – Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

‡ Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

⚭ Professor Titular da Universidade Paulista (UNIP) no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Professor da Pós Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Neves e Trombin (2014) estimam o PIB do setor sucroenergético, ou seja, todas as movimentações financeiras realizadas pelo setor com as exportações, atividades nas áreas agrícola e industrial, comercialização e distribuição dos produtos em US\$ 43,4 bilhões na safra 2013/2014 no país. Entretanto, diferentemente de outras cadeias de suprimento que competem com cadeias rivais, a produção de cana-de-açúcar é influenciada por uma competição interna entre a produção do açúcar e do etanol que se baseia nos níveis de Açúcar Totais Recuperáveis (ATRs) da cana e no preço dos produtos nos mercados consumidores.

Fazendo-se uma análise da última década, por exemplo, a produção de cana-de-açúcar quase duplicou no Brasil. Segundo a CONAB (2014), a área cultivada com cana-de-açúcar destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 foi estimada em 8,811 milhões de hectares, o que representa 1,03% da área total do país no ciclo. O estado de São Paulo é o maior produtor com 51,7% (4.552,0 mil ha) de área plantada, seguido por Goiás com 9,3% (818,4 mil ha), Minas Gerais com 8,0% (779,8 mil ha), Mato Grosso do Sul com 7,4% (654,5 mil ha) e Paraná com 6,7 (586,4 mil ha).

Segundo Soccol *et al.* (2010), da área total de 851 milhões de hectares disponíveis no país, aproximadamente 550 milhões (54%) são preservados, incluindo a floresta amazônica (350 milhões de hectares). Considerando apenas a área total disponível para agricultura (340 milhões), apenas 2,60% é ocupada pelo cultivo da cana, mostrando um grande potencial para expansão, especialmente em área de pastagens degradadas. No cenário produtivo nacional, dados da CONAB (2014) apontam que na safra 2013/14, a cultura da cana continua em expansão com um acréscimo de 3,8% na área de cultivo, o que representa 326,4 mil hectares em relação à safra 2012/13.

Atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de açúcar, Segundo a CONAB (2013b), o Brasil responde por cerca de 48% das exportações mundiais, com mais de 30,0 milhões de toneladas exportadas na safra 2013/14. Já na produção de etanol, conforme Satolo *et al.* (2013) o país também era líder na produção até o ano 2006, porém, desde então, os Estados Unidos assumiram a posição de liderança. Ainda conforme o autor existe a perspectiva de que a produção de etanol brasileira poderá chegar a aproximadamente 70 bilhões de litros por ano até 2020, decorrente dos avanços em tecnologias de produção, possibilitando ao país retomar a liderança mundial.

Soccol *et al.* (2010) afirmam que a política brasileira de biocombustíveis resultou em menos dependência dos combustíveis fósseis. A adição de 25% de etanol à gasolina reduziu a importação de 550 milhões de barris de petróleo e diminuiu a emissão em 110 milhões de toneladas de CO². Para os autores, 44% da matriz energética brasileira é renovável e 13,5% é derivada da cana-de-açúcar.

Um importante aspecto das usinas brasileiras está na predominância industrial das unidades mistas com produção de açúcar e álcool (anidro e/ou hidratado). Esta possibilidade de destinar a mesma matéria-prima (o caldo da cana-de-açúcar) para a fabricação de produtos alternativos se traduz em evidentes benefícios empresariais e econômicos na gestão das usinas, pois torna possível dar preferência ao produto que tenha, no momento, a melhor relação custo/benefício (CONAB, 2013a).

Contudo, ao mesmo tempo que traz benefícios empresariais a competição entre os dois produtos na linha de produção faz com que seja aumentada a oscilação de produção em um jogo de oferta e demanda onde os agentes da cadeia tenham perdas geradas pelo efeito chicote, que consiste na variação das informações de demanda que se propagam no sentido a montante da cadeia de suprimentos (PIRES, 2009).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é verificar se a variável preço do açúcar no mercado internacional contribui para explicar a formação do mix de produção do açúcar e do etanol. Para isso, foi utilizada uma análise de regressão linear múltipla, a fim de determinar as variáveis que explicam a tomada de decisão acerca do mix de produção nas usinas, entre o açúcar em detrimento ao etanol e vice-versa, utilizando como referência o estado de Mato Grosso do Sul.

Este artigo é organizado em seções. Além desta introdução, o artigo é dividido em 3 seções. Na seção 2, é descrita a metodologia de pesquisa adotada. Na seção 3, apresentam-se os resultados e discussões. Na seção 4, são apresentadas as conclusões e as sugestões para pesquisas futuras.

2 - Material e Métodos

2.1 – Material

Este trabalho procurou analisar o *trade-off* na destinação do ATR utilizando como fonte de análise a produção de açúcar e etanol. A escolha de produzir mais açúcar

ou etanol a partir do caldo proveniente da moagem da cana é uma decisão da usina com base em prerrogativa de mercado, haja vista que, para as unidades com a capacidade de produção mista, é possível atuar em dois mercados com dinâmicas bem distintas, ou seja, o mercado de alimentos para o açúcar, ou o de biocombustível no caso do etanol.

Assim, este trabalho buscou identificar quais fatores influenciaram ao longo das últimas 13 safras a produção regional de açúcar, em detrimento da destinação do caldo de cana para a produção de etanol. Este período torna-se importante, pois é possível mensurar o processo de expansão da cana-de-açúcar após o ano de 2006, onde foi registrada uma forte expansão desta atividade agroindustrial sulmatogrossense.

A técnica de pesquisa utilizada neste trabalho para analisar o comportamento da produção do açúcar em toneladas foi a regressão linear múltipla. Conforme Rosário (2009), o método de análise de variância foi desenvolvido pelo matemático Ronald Fisher a partir de 1915. O método desenvolvido por Fisher é amplamente utilizado na análise estatística de dados de experimentos, especialmente quando o objetivo do pesquisador é analisar os efeitos de variáveis independentes, que também podem ser chamadas de preditoras ou de variáveis explicativas, sobre uma variável dependente, chamada de variável de resposta (SWEENEY, *et al.* 2013).

Como variável dependente na regressão múltipla foi utilizada a série de produção de açúcar em toneladas (t). A produção do álcool hidratado teve como unidade de medida o metro cúbico (m³), ambas obtidas no site da BIOSUL - ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA DE MATO GROSSO DO SUL (2014a).

As séries de preços do açúcar *Very High Polarization* (VHP) para exportação é aferida pelo CEPEA/ESALQ, com os preços analisados em dólar (US\$), sendo estas duas últimas as variáveis independentes. Para cálculos estatísticos e ajustes necessários do modelo foi utilizado o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

Visando uma melhor padronização, o agrupamento dos dados foi realizado por safras. Foram consideradas 13 safras, entre 2002/03 a 2014/15⁹. A classificação em safra foi adotada devido: (i) à necessidade de uma melhor padronização dos dados, visto à grande variação mensal de produção de etanol e açúcar em períodos de colheita; e, (ii)

⁹ Safra 2014/15 – Estimativa da Biosul.

a decisão do percentual do mix de produção é definida por safra com base na conjuntura econômica, aspectos mercadológicos e cotações do açúcar na bolsa de valores.

Para o cálculo dos preços do açúcar VHP, foi utilizada média mensal entre os meses de maio a março (data oficial da safra no centro/sul) com o valor estimado em dólar (US\$), o qual concentra praticamente toda colheita e processamento da safra nas usinas localizadas no Mato Grosso do Sul. Considerando o grande aumento da capacidade fabril de etanol hidratado a partir de 2006 no estado, esta produção foi testada junto às demais, pois trata-se de um grande impulsionador do aumento da capacidade fabril na produção de açúcar para unidades com produção mista. A Tabela 2 descreve as variáveis de pesquisa.

Tabela 2 - Variáveis da pesquisa e fonte

Variáveis da pesquisa e fonte		
Variável por safra	Tipo	Fonte
Produção de açúcar no estado de Mato Grosso do Sul	Dependente	BIOSUL
Produção de etanol hidratado no estado de Mato Grosso do Sul	Independente	BIOSUL
Preço do açúcar <i>Very High Polarization</i> para exportação por safra	Independente	CEPEA/ESALQ

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados da pesquisa.

Os demais dados relativos à cadeia produtiva da cana no Mato Grosso do Sul e Centro-Oeste foram coletados a partir de sítios de entidades de classe como BIOSUL, órgãos governamentais como MAPA, CONAB, Cepea/Esalq, Ministério de Minas e Energia, entre outros.

2.2 - Modelo de regressão linear múltipla

Com 10 usinas no estado habilitadas para produção de açúcar, buscou-se utilizar a técnica de regressão linear múltipla visando identificar quais variáveis independentes estão associadas com a produção de açúcar local, utilizando como fonte de análise a região de Mato Grosso do Sul. Conforme Charnet *et al.*, (2008) o modelo de regressão linear múltipla pode ser expresso em notação matricial por:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad \text{Equação 01}$$

em que o vetor \mathbf{y} de ordem $(n \times 1)$ contém as variáveis dependentes ou (produção de açúcar); \mathbf{X} é uma matriz $(n \times k)$ contendo os valores das k variáveis regressoras ou independentes (valores fixos); $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de ordem $(k \times 1)$ contendo os coeficientes de regressão associados as variáveis independentes e $\boldsymbol{\varepsilon}$ é o vetor de ordem $(n \times 1)$ de erros aleatórios não correlacionados admitido ter distribuição normal multivariada com vetor de médias zero e variância comum (variâncias homogêneas) (CHARNET *et al.*, 2008).

Contudo, na prática, nem sempre essas restrições são atendidas e necessitam ser verificadas. Para verificação das pressuposições utilizou-se o teste de Shapiro Wilks para verificar normalidade dos resíduos em torno da média zero (RENCHE, SCHAALJE, 2008) além do teste de Durbin-Watson para verificar a correlação dos resíduos.

3. Resultados e Discussões

3.1 - Produção em Mato Grosso do Sul

O Mato Grosso do Sul possui 22 usinas em operação, destas quais 10 unidades são mistas e 12 são destilarias (MAPA, 2014). Unidades mistas possuem maior flexibilidade de mercado, pois podem direcionar quantitativamente o mix de produção, conforme prerrogativas mais favoráveis de mercado, impactando na lucratividade da empresa.

Após o ano de 2006, o estado de Mato Grosso do Sul registrou uma forte expansão da cadeia produtiva da cana com a inauguração de 12 unidades, principalmente em decorrência dos incentivos fiscais recebidos pelas empresas e condições edafoclimáticas favoráveis. Conforme Milanez *et al.* (2010), entre os anos de 2010 e 2012, aproximadamente 85% dos financiamentos na produção de etanol ocorreram na região Centro-Oeste e Triângulo Mineiro, sendo o estado de Goiás com a maior parte dos investimentos (35%), seguido por Mato Grosso do Sul (25%), Minas Gerais (15%), e Mato Grosso (5%).

Além das 22 usinas ativas atualmente, o estado conta com o início do projeto de instalação da primeira usina brasileira a produzir o etanol utilizando apenas o milho

como matéria-prima e subprodutos como o farelo de milho de alto valor proteico (*Dries Destilled Grain with Solubles – DDGS*, componente de ração animal), produção de Dióxido de Carbono (CO²) – gás utilizado na fabricação de refrigerantes, com previsão de início das atividades em 2016 na Cidade de Chapadão do Sul (SIQUEIRA, 2014).

Conforme Barbosa (2013), no geral, as usinas do MS são de perfil moderno, em sua maioria oriundas de projetos *greenfield* e de projetos de expansão de grandes grupos empresariais nacionais já consolidados no setor, ou grupos estrangeiros atuando no setor de bioenergia como Cosan, Louis Dreyfus, ETH Bioenergia, AdecoAgro, Tonon, entre outros.

Apesar de o estado de Mato Grosso do Sul estar posicionado geograficamente entre as latitudes 17° 34' e 23° 56' S, estando dentro dos 31° de latitude sul, onde o cultivo da cana-de-açúcar possui condições climáticas favoráveis, os novos empreendimentos agroindustriais “importaram” tecnologias agrícolas e de produção já existentes para cultivo desta gramínea, sem as devidas adequações quanto a questões agrícolas características do solo do cerrado, predominante na região.

Na Tabela 3, é apresentada a mensuração da produção de açúcar e etanol do Mato Grosso do Sul (MS) e da região Centro-Oeste brasileira (CO).

Tabela 3 - Mensuração da produção de açúcar e etanol do Mato Grosso do Sul e da região Centro-Oeste brasileiro

Mensuração	CO	MS	Proporção (%)
Número de empresas	70	22	31,42
Produção de cana-de-açúcar (mil toneladas)	120.462,29	41.496,04	34,44
Área plantada com cana-de-açúcar (em mil ha)	1.710,75	654,50	38,25
Produtividade média (ton/ha)	70.415	63.401	----
Produção de açúcar (em 1000 toneladas)	3.670,73	1.367,57	37,25
Produção de Etanol (em 1000 litros)	7.217.620,00	2.232.542,00	30,93
Número de usinas em implantação	2	1	----

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados da CONAB (2013b) e EPE (2014).

Conforme o PORTAL NOVA CANA (2014), o estado possui uma capacidade de processamento superior a 52,880 milhões de toneladas de cana por safra. Já a capacidade de produção de etanol por dia é de 16.504 m³ para o hidratado e 5.850 m³ para o anidro. Além do etanol e açúcar, as usinas vêm diversificando o seu mix de produção com a cogeração de energia. Segundo a BIOSUL (2014b), o excedente de bioeletricidade gerado pelas usinas do MS e exportado para o Sistema Integrado Nacional poderá chegar a 2.182,7 GWh na safra 2014/15.

Estimativas da Biosul (2014b) apontam que a produção de cana-de-açúcar deverá crescer 6,76% em Mato Grosso do Sul na safra 2014/2015 frente à anterior, passando de 41,496 para 44,300 milhões de toneladas. A área dedicada à cultura da cana-de-açúcar no estado deve ser ampliada em 11,60% neste ciclo, passando de 724,137 mil hectares da temporada passada para 808,142 mil hectares na safra 2014/15. Atualmente o estado já é o quarto maior produtor de cana do país e o segundo maior em número de unidade produtivas no Centro-Oeste, sendo todas as unidades instaladas fora das áreas de preservação ambiental definidas pelo zoneamento agroecológico nacional.

Além de uma maior produção, a qualidade da matéria-prima dos canaviais sulmatogrossenses na última safra atingiu o índice de açúcares totais recuperáveis (ATR) de 126,74 por tonelada de cana, para 133. Com maior quantidade de cana disponível e matéria-prima de maior qualidade, o estado deve ampliar a produção de açúcar e etanol. A fabricação do alimento deve crescer, de acordo com a estimativa da Biosul (2014b), em 19,12%, saltando de 1,368 para 1,630 milhão de toneladas.

Já o processamento do biocombustível deve ter um incremento de 9,74%, subindo de 2,230 para 2,447 bilhões de litros. Desse total, 668,6 milhões de litros deverão ser de etanol anidro, que é misturado na proporção de 25% a gasolina, e 1,779 bilhão de litros de hidratado, que é consumido diretamente pelos veículos *flex* e exclusivos a etanol.

Em contrapartida, o mix de produção, ou seja, a quantidade de cana destinada ao processamento de cada produto deve sofrer uma leve variação nesta safra. Na safra passada 28% da matéria-prima foi voltada para a fabricação de açúcar e 72% a de etanol, neste a relação será de 29% para o alimento e 71% para o biocombustível.

Dentre as microrregiões do estado, a que mais tem se destacado na produção da cana é a microrregião de Dourados, impulsionada especialmente pelo avanço em área de pastagens degradadas na região, solos favoráveis ao cultivo da cana, infraestrutura

disponível as usinas (APL metal mecânico e de suporte diversos às usinas) que a microrregião começa oferecer, restrições para expansão do cultivo da cana-de-açúcar na região do pantanal decorrente do zoneamento agroecológico, universidades para formação de mão-de-obra, clima propício, entre outros.

Segundo Milanez *et al.* (2012), o processo de expansão da cana se dá em decorrência da nova rota de expansão da cana, especialmente o seu avanço nas novas fronteiras agrícolas do Centro-Oeste (MS, GO, MT) e Triângulo Mineiro. Ainda de acordo com o autor, este movimento em grande parte decorre das vastas disponibilidades de terras agricultáveis, com condições topográficas adequadas à mecanização e características edafoclimáticas favoráveis à cultura da cana.

Além das condições favoráveis à instalação de usinas, a microrregião de Dourados se consolida como especial polo agrícola na produção de cana, especialmente o município de Rio Brilhante, que possui 3 usinas. Segundo dados do IBGE (2014), o município foi o segundo maior produtor de cana do Brasil com 5.719.397 t em 2012. Além disso, o município de Maracaju, que é vizinho de Rio Brilhante, possui mais duas unidades industriais, onde forma-se o primeiro *cluster* (concentração de usinas) de produção sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul. Esse cluster de empresas é o primeiro a ser instalado fora da área tradicional de cultivo de cana-de-açúcar, que se concentra principalmente no estado de São Paulo.

3.2 - *Trade off* na destinação do ATR

Analisando-se o *trade-off* na escolha da destinação do ATR, torna-se necessário verificar a possibilidade técnica e econômica à disposição das usinas que está no limite dessa flexibilidade empresarial entre produzir mais ou menos açúcar e/ou mais ou menos álcool. Esta flexibilidade é inerente à natureza dos produtos que fazem parte das atividades das usinas.

Como as usinas sempre possuem volume de cana-de-açúcar definido a ser moído no período de safra (em torno de seis a sete meses) e uma capacidade nominal diária limitada de fabricação de açúcar e de álcool, não é factível concentrar a produção em um único produto, sob pena de remanescer cana-de-açúcar madura e pronta para o corte. Desta forma, as condições operacionais inerentes ao processo produtivo das

usinas obrigam essas unidades mistas a produzir, simultaneamente, açúcar e álcool (VALENTE, 2012).

Outro fator que influencia na tomada de decisão acerca do mix de produção é o período de chuvas, inerentes às atividades agroindustriais da cana ou qualquer outra atividade agrícola, que acaba interferindo no processo produtivo. Assim, a usina poderá flexibilizar seu processo produtivo ao obter o máximo de rendimento econômico com: (i) na época chuvosa e de muita umidade, quando o rendimento em sacarose está com baixos níveis, é preferível atingir o limite máximo de produção de álcool etílico e reduzir ao mínimo necessário a produção de açúcar; (ii) no período seco, quando o rendimento em sacarose está no auge, a decisão pode ser inversa e privilegiar a produção de açúcar (CONAB, 2013b).

A Figura 11 compara a variância do rendimento médio total dos açúcares totais recuperáveis, considerando as safras 2000/01 a 2013/14, entre o estado de São Paulo e os estados do Centro-Oeste, que são considerados a novas fronteiras agrícolas da cana.

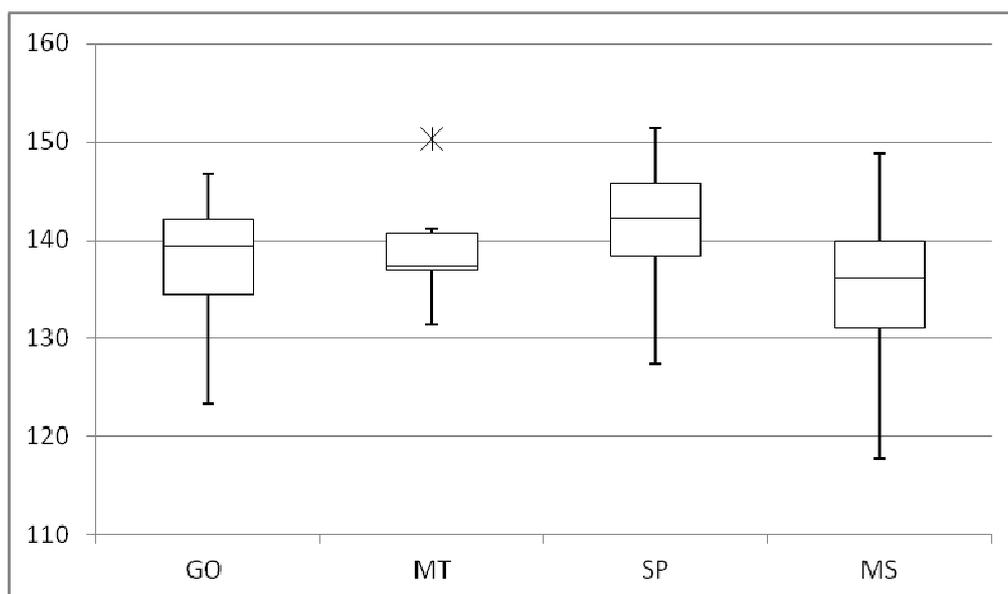


Figura 11 - Gráfico *box plot* do ATR médio entre SP e os estados da nova fronteira agrícola da cana

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do MAPA.

Analisando a produção local, em geral, os novos empreendimentos agroindustriais instalados no Mato Grosso do Sul importaram as variedades agrícolas de cana já consolidadas em regiões onde o cultivo existe há mais tempo e as variedades estão mais adaptadas.

Considerando a variação entre as últimas 13 safras, na Figura 11 é possível notar que o estado de São Paulo possui um melhor rendimento médio no ATR na produção da cana em relação aos demais estados do Centro-Oeste (GO, MT, MS), ou seja, nos açúcares totais recuperáveis, que são a matéria-prima básica utilizada pelas usinas tanto para a produção do açúcar, quanto para o etanol.

Salgado Junior *et al.* (2014) afirmam que a eficiência das usinas também depende da variável localização, na medida em que o estado de São Paulo apresenta condições edafoclimáticas mais favoráveis à extração de uma cana-de-açúcar com maior teor de sacarose, que, conseqüentemente, pode influenciar na eficiência operacional de usinas de cana-de-açúcar.

Quando se compara a produção de cana por hectares, também é possível notar a maior produtividade do estado paulista em relação ao demais do Centro-Oeste. Dados da CONAB (2013a) mostram um rendimento superior médio na produção de cana na safra 2014/14 de 81,8 t/ha, no estado São Paulo, enquanto que em Goiás ficou com 75,7 t/ha, seguidos por Mato Grosso (71,2 t/ha) e Mato Grosso do Sul (63,4 t/ha).

Isto demonstra que as variedades desenvolvidas já estão mais bem adaptadas às características edafoclimáticas em regiões tradicionais de produção, como São Paulo, o que lhe conferem maior rentabilidade em relação aos estados do Centro-Oeste. Furtado *et al.* (2011) destacam a importante combinação para o desenvolvimento da cana na região paulista decorrente dos solos de boa qualidade, melhor infraestrutura de energia e transporte, proximidade de grandes mercados e, acima de tudo, um sistema regional de inovação conjugado com produtores, industrial de bens de capital, institutos de pesquisa e universidades.

Niko *et al.* (2013) propõem as seguintes ações para melhoramento agrícola e industrial da cana-de-açúcar: (i) variedade de cana-de-açúcar voltadas aos ambientes de produção das regiões de fronteiras, (ii) máquinas e implementos para plantio e colheita de cana-de-açúcar, com ênfase na aplicação do uso de técnicas de agricultura de precisão; (iii) sistemas integrados de manejo, planejamento e controle da produção; (iv) técnicas mais ágeis e eficientes de propagação de mudas; e (v) variedades, máquinas e equipamentos agrícolas e adaptação de sistemas industriais para culturas energéticas compatíveis, complementares ou consorciáveis com o ciclo produtivo da cana-de-açúcar, como cana-energia e sorgo sacarino.

Portanto, pode ser observado na Figura 11 que o estado de Mato Grosso do Sul possui a maior variação da rentabilidade, possivelmente vinculado a fatores climáticos (geadas e secas), e o menor rendimento entre os quatro estados produtores, indicando a necessidade de melhor adaptação das atuais cultivares utilizadas no estado a condições climáticas e de solo adversos.

3.3 - Política de Preços do Etanol

Um fator direcionador na produção de etanol está ligado à política de preços adotada no Brasil para combustíveis fósseis. Isto se deve ao etanol hidratado, que tem como limite de preço na bomba um percentual em torno de 70% em relação à gasolina, e que não pode passar pelos necessários reajustes de preços, diante dos seguidos aumentos dos custos nos últimos anos. Segundo Neves e Trobim (2014), o aumento dos custos advém principalmente de fatores como a elevada carga tributária, forte valorização do real, infraestrutura precária de escoamento da produção, entre outros.

Considerando o teto limite de 70% do preço da gasolina na bomba, a Figura 12 demonstra como o etanol tem perdido competitividade ao longo dos anos frente à gasolina no Brasil, até mesmo em São Paulo que é o maior consumidor nacional. O estado paulista historicamente possui a praça onde o biocombustível é mais competitivo do país frente à gasolina, devido sua posição geográfica privilegiada próximo aos grandes centros urbanos consumidores e por já existirem boas condições logísticas e operacionais favoráveis à produção e distribuição do etanol.

No Mato Grosso do Sul, a paridade entre etanol gasolina é menos competitiva em relação ao estado de São Paulo, contudo é possível notar na Figura 12 que o estado acompanha as tendências dos preços praticados na média nacional e em São Paulo. Assim, observam-se as variações normais de mercado (sazonalidades), porém, fica evidente o forte comportamento político na gestão dos preços dos combustíveis que não permite o deslocamento completo no nível regional e nacional.

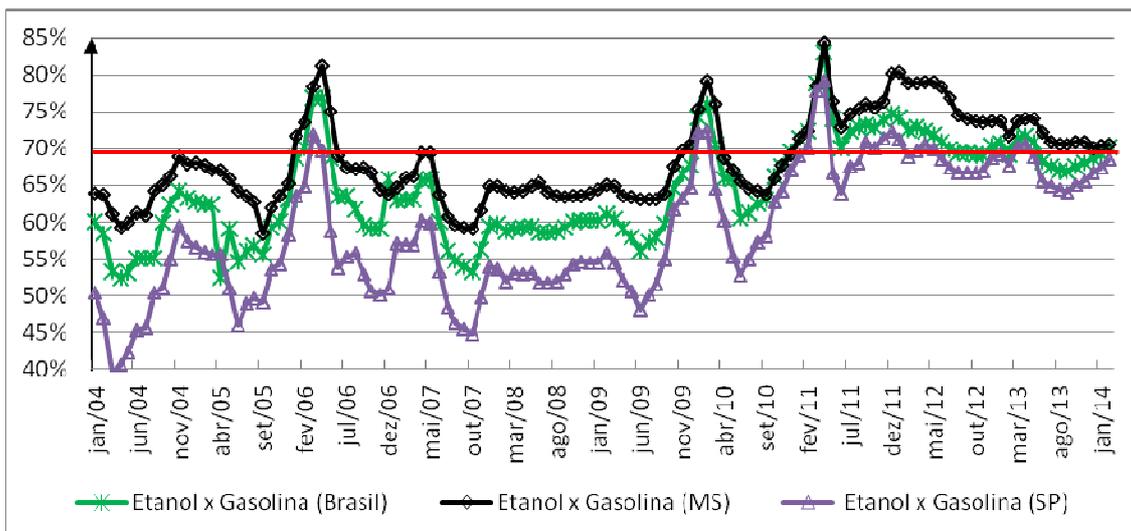


Figura 12 - Gráfico de comparação da paridade entre a gasolina e etanol

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados da ANP e MAPA.

Relatório da FIESP (2014) aponta que o etanol voltando a ser atrativo, traria ganhos potenciais para o açúcar também, pois haveria um redirecionamento do mix de produção médio do setor mais voltado ao combustível, por conta da maior demanda pelos consumidores e pela melhora das margens. Por essa lógica, e por ser o maior exportador mundial de açúcar, ao reduzir a oferta do produto, o Brasil contribuiria de forma importante para acelerar a recomposição dos preços desse produto no mercado internacional. Ainda conforme o relatório, essas receitas adicionais seriam muito importantes para um setor que chegou, em 2013, a um endividamento total de R\$ 66 bilhões, equivalente, praticamente, a todo o valor da receita auferida pelas usinas no ano.

Uma estratégia de produção adotada por algumas usinas sulmatogrossenses é prolongar a colheita da cana até meados de dezembro ou mesmo até janeiro, existindo condições fisiológicas favoráveis da cana, o que possibilita às unidades do estado captar maior valor na comercialização de etanol na entressafra quando é verificada uma oscilação favorável do preço, conforme demonstrado na Figura 12.

3.4 - Escolha do ATR para produção de açúcar

Uma boa alternativa para compensar os baixos preços de etanol é direcionar parte do mix de produção do ATR para o açúcar. Com esta opção, as usinas têm maior

flexibilidade e capacidade de resposta no mercado, a fim de maximizar a rentabilidade da empresa e estrategicamente reduzir os riscos do negócio.

O Brasil, por ser o maior produtor e exportador mundial de açúcar, influencia de forma significativa os preços internacionais. No começo de 2015, a estiagem climática que atingiu grande parte das regiões brasileiras afetou os canaviais e reduziu as previsões de produção de cana-de-açúcar para a safra 2014/15. A previsão de uma menor oferta de cana impactou de forma imediata os preços no mercado mundial que registraram uma tendência altista.

A Figura 13 compara a produção de etanol e açúcar no Mato Grosso do Sul entre as safras 2002/03 a 2014/15.

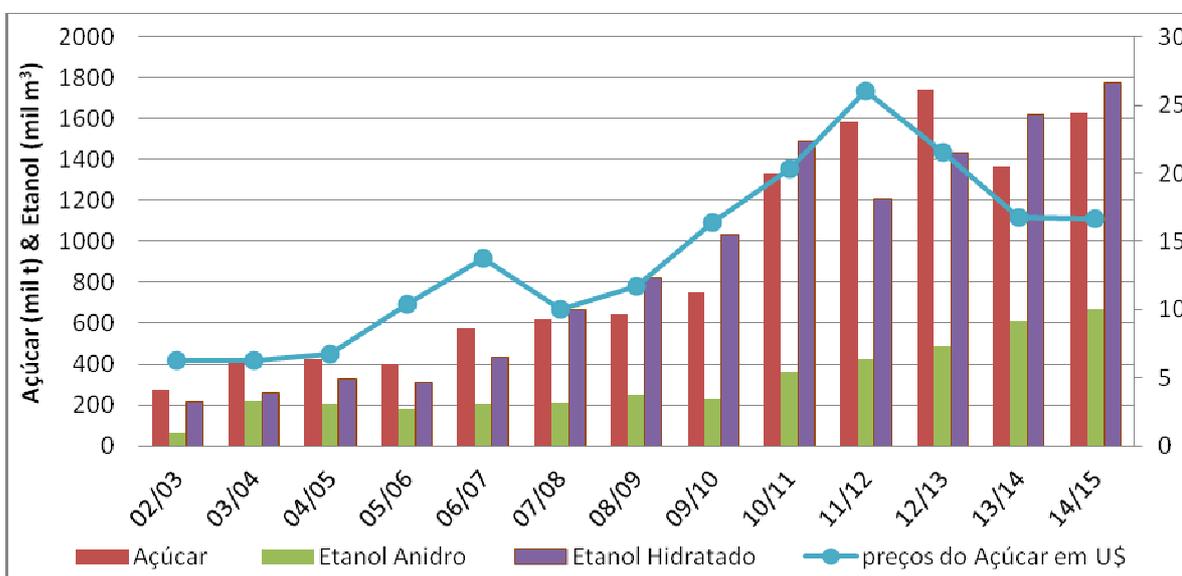


Figura 13 - Evolução da produção de etanol e açúcar no MS, e os preços do açúcar
 Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da Biosul e Cepea/Esalq.

Contudo, no cenário internacional conforme o relatório da FIESP (2014), desde meados de 2011, observa-se a queda nos preços internacionais do açúcar, o que pode também ser constatado na Figura 13. Ainda segundo o relatório, o fenômeno foi resultado do aumento da produção em países menos expressivos para esse mercado, principalmente os asiáticos, e da resposta dos produtores de açúcar de beterraba à forte quebra de safra na Índia em 2009/2010, que, na ocasião, gerou um déficit no mercado mundial e, conseqüentemente, uma elevação expressiva dos preços do produto, reavendo as margens para esses produtores. Isso levou a quatro anos de superávit no mercado de açúcar global, trazendo seus preços para próximo do custo de produção brasileiro.

Porém, com a redução da produtividade da cana no país, existem perspectivas que o açúcar será mais remunerador na safra 2014/15 e, portanto, o mix de produção das usinas deve ser mais “açucareiro” do que “alcooleiro”. Desta forma, para uma análise mais efetiva torna-se necessário olhar para o histórico de produção. Com este propósito, foi construído um modelo analítico, através de método de regressão múltipla, para identificar a relação entre os preços do açúcar VHP e a tomada de decisão na produção do mix regional dos açúcares totais recuperáveis.

A evolução por safras das séries utilizadas neste trabalho pode ser analisada por meio da Figura 13, que compara a produção de açúcar, o preço do açúcar VHP e a produção de etanol no Mato Grosso do Sul. Observa-se um relativo aumento dos preços do açúcar em dólar, alcançando seu pico na safra 2011/12 e logo em seguida é verificada a queda em decorrência do aumento na produção mundial, conforme relatado anteriormente.

Já em relação à produção de açúcar e etanol hidratado sulmatogrossense observa-se o aumento da produção após a safra 2008/09, principalmente influenciado pela expansão da atividade canavieira no estado. Ainda, é possível notar que a produção de etanol anidro, apesar de um aumento progressivo ao longo das últimas safras, pode ser considerada residual na produção das usinas da região.

Complementando as análises, foi proposta uma regressão múltipla para o melhor estabelecimento das evidências apresentadas de que a produção de açúcar (variável y) pode ser explicada pelos preços do açúcar VHP no mercado externo (x_1) e produção de etanol hidratado (x_2). Este estudo, como especificado na seção métodos, foi baseado em 13 observações, tendo como unidades de referências as últimas 12 safras e a projeção de produção para a safra de 2014/15.

A normalidade dos erros experimentais foi validada a partir do resultado do teste de Shapiro-Wilk ($W = 0.9276$ e $p\text{-value} = 0.3172$). Contudo, o teste de Durbin-Watson para os dados originais foi significativo indicando correlação entre os resíduos. Para resolver esse problema aplicou-se a transformação logarítmica, proporcionada pelo modelo exponencial ($\ln(y)$) e, posteriormente, o teste confirmou a independência dos erros ($DW = 1.7583$ e $p\text{-value} = 0.163$). Na Tabela 4 é apresentada a análise de variância da regressão.

Tabela 4 - Análise de variância da regressão

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Regressão	2	4,578905084	2,289452542	121,4182048	9,67836x10 ⁻⁸
Resíduo (Erro)	10	0,188559248	0,018855925		
Total	12	4,767464332			

Fonte: Elaborado pelos autores conforme dados da pesquisa.

Observa-se pelo resultado do teste F que a regressão linear múltipla foi significativa, ou seja, a produção de açúcar pode ser explicada pelo preço do açúcar no mercado internacional ou pela produção de álcool hidratado ou ainda por ambos. Na Tabela 5 são apresentadas as estimativas dos parâmetros de regressão utilizando o método dos mínimos quadrados.

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros da regressão

Variáveis	Estimativa do parâmetro	Erro Padrão	Estatística t	p-valor
Intercepto	12,34000	0,09815	125,747	< 2 x10 ⁻¹⁶
Preço do açúcar (x_1)	0,04068	0,01047	3,885	0,003036
Produção de álcool hidratado (x_2)	6,989x10 ⁻⁷	1,153x10 ⁻⁷	6,062	0,000122

Fonte: Elaborado pelos autores conforme os dados da pesquisa.

Observa-se pelo p-valor que ambos os coeficientes são não nulos ao nível de significância de 1%. Assim, com base na variação de preços, o modelo proposto tem capacidade de captar a realidade da produção local de açúcar ($R^2=0,9604$). Conclui-se que a produção de açúcar, nas últimas 13 safras, tem forte influencia gerada pela variação no preço do açúcar VHP no mercado externo e aumento da produção de etanol hidratado.

O modelo que melhor se ajustou aos dados pode ser descrito pela equação estimada:

$$\ln \hat{y} = 12,3400 + 0,04068x_1 + 6,989x10^{-7} x_2 \quad \text{Equação 02}$$

em que y é a produção de açúcar (em t), x_1 é preço do açúcar VHP (em U\$) e x_2 é a produção de etanol hidratado (em m³).

É preciso enfatizar que a equação 2 se refere ao $\ln(y)$ e não à variável original abordada. Portanto, ao interpretar os resultados, no contexto do problema, deve-se aplicar a operação inversa, ou seja, resgatar a unidade dos valores originais a partir do modelo $y = ke^{k'x_1} e^{k''x_2}$ (k , K' e K'' são constantes estimadas por mínimos quadrados ou máxima verossimilhança). Considerando a variável transformada $\ln(y)$ pode-se dizer que o modelo expresso pela equação 02 é linear e uma interpretação comumente utilizada diz que se considerarmos os outros termos do modelo como constantes a cada acréscimo de uma unidade em x_1 obtemos o acréscimo de 0,04068 em $\ln(y)$.

Com isto, é possível observar que o comportamento da produção de açúcar regional é elástica a variação positiva das cotações internacionais do açúcar tipo *Very High Polarization*. Este resultado demonstra que as usinas sulmatogrossenses produtoras de açúcar têm no preço internacional um dos principais direcionadores na elaboração do mix de produção e destinação do ATRs, mesmo o escoamento da produção sendo desfavorável pela falta de infraestrutura adequada e distância até os portos.

Contudo, complementando as análises, a função $y = ke^{k'x_1} e^{k''x_2}$ não é linear de forma que, para resgatar o valor de y deveremos multiplicar $e^{k'x_1}$ por uma constante. Este fato implica que o aumento de uma unidade (U\$ 1) em x_1 , não corresponde aos acréscimos de mesmo valor à variável original y , e a interpretação não é a mesma de um modelo linear nos parâmetros. As mesmas considerações podem ser feitas em relação à variável x_2 . Apesar da restrição na estimativa do volume da produção de açúcar das usinas regionais, constatam-se evidências de uma boa responsividade da cadeia sucroenergética em direcionar seus produtos de mercados distintos entre si (energia e alimento) com a melhor opção econômica favorável às agroindustriais, conforme observado também na figura 14 que representa graficamente os dados da pesquisa.

Analisando os resultados da variável preço do açúcar VHP no mercado internacional, segundo o MIDIC/SECEX (2014) do total da produção brasileira de açúcar 38.357 mil t no ano civil de 2013 o país destinou ao mercado externo 27.154 mil t, o que representou 70,79%.

Segundo Neves e Trobim (2014), aproximadamente metade das exportações nacionais foi destinada a oito países (China, Emirados Árabes Unidos, Argélia, Bangladesh, Rússia, Nigéria, Malásia e Indonésia) e o restante, a mais de 100 países, entre eles Estados Unidos e membros da União Europeia. Ainda conforme os autores, o principal destino do açúcar brasileiro foi a China, que respondeu por 13% das exportações nacionais do produto.

Já para a CONAB (2013a), o mercado mundial do açúcar poderá continuar aquecido, assim como as exportações brasileiras. No entanto, variações muito significativas na safra dos principais países produtores em função de condições climáticas, tanto para cima quanto para baixo, poderão mudar o cenário previsto. Ainda conforme a entidade, nas últimas cinco safras mundiais, a produção tem crescido a uma taxa média de 3,99% ao ano, enquanto que o consumo cresceu em média 1,75% ao ano. Isto tem gerado um excedente mundial de açúcar. O mercado está precificado de acordo com este cenário de sobras, pois a cotação atual em Nova Iorque acumula perdas da ordem de 46,6% nos últimos 24 meses.

Desta forma, existem indícios de uma boa capacidade de resposta da cadeia sucroalcooleira na destinação dos açúcares totais recuperáveis para mercados mais rentáveis, mesmo com a decisão do mix sendo elaborada por safra. Outro fator que corrobora para a estratégia de responsividade da cadeia produtiva, é a opção de a usina operar com entrega futura de açúcar. Este mecanismo permite que a usina possa armazenar o produto físico ao longo da safra e execute seus contratos somente no momento em que o mercado esteja mais favorável podendo, assim, captar valor no mercado *spot* do etanol (anidro ou hidratado), ou seja, mercado à vista para a comercialização do etanol ao longo de toda a safra.

Já na análise do aumento da produção de etanol hidratado, conforme Milanez *et al.* (2012), na Região Centro-Oeste predominam projetos de usinas majoritariamente voltadas para a produção de energia (etanol e eletricidade), baseadas em estratégias empresariais de formação de *clusters* e/ou demarcação territorial. Contudo, no processo de expansão no Mato Grosso do Sul, fica evidente pelos resultados que o aumento da produção do etanol hidratado acabou influenciando no aumento da capacidade de produção de açúcar. Isto também é evidenciado pelas 5 unidades de produção mistas instaladas após o ano de 2006 no estado, corroborando com as evidências da pesquisa.

4. Conclusão

A análise dos dados permitiu identificar evidências acerca de fatores externos que interferem na tomada de decisão sobre o mix de produção das usinas. Verificou-se que a produção de açúcar do Mato Grosso do Sul entre as safras 2002/03 até 2014/15 foi vinculada às volatilidades do preço do açúcar VHP no mercado internacional e pela forte influência dos projetos de expansão do setor no Mato Grosso do Sul. Já as análises descritivas de dados possibilitaram criar um panorama do atual cenário de expansão da cana no Centro-Oeste brasileiro e em especial no Mato Grosso do Sul.

Em relação à destinação do ATR de cana, o modelo de regressão múltipla proposto neste trabalho indicou que existe uma boa capacidade de resposta da cadeia de suprimento sucroalcooleira sulmatogrossense em direcionar o mix de produção para mercados mais rentáveis, apesar da tomada de decisão acerca dos produtos na usina serem realizados em um período de 12 meses, ou seja, a cada safra.

Na produção de cana-de-açúcar, considerando a tendência de grande consolidação da cadeia de suprimento sucroalcooleira no Mato Grosso do Sul e Centro-Oeste, sugere-se a criação de um instituto de pesquisa vinculado a universidades e órgão de pesquisa competente, com o propósito de uma melhor adaptação da cana-de-açúcar aos solos e clima do cerrado, criação de variedades mais aptas à seca e geada, geração de cana funcional voltada para cogeração de energia e etanol de segunda geração, e inovação na instrumentação agrícola.

Apesar da existência de um ambiente desfavorável para a produção de açúcar na fronteira de expansão da cultura da cana-de-açúcar no Centro-Oeste, por causa das deficiências logísticas e as longas distâncias para transporte do alimento até os grandes centros consumidores do país e portos de exportação, observa-se que 45% das usinas sulmatogrossenses optaram pelo modo de produção misto como uma estratégia para redução dos riscos do negócio através da diversificação de mercado, seguindo perfil da grande maioria dos projetos sucroalcooleiros do país.

Como tema para pesquisas futuras, propõe-se: (i) a ampliação deste estudo, por meio de coleta de dados primários do setor com entrevistas em profundidade junto a especialistas, de forma a consolidar uma análise mais profunda para caracterizar a tomadas de decisão acerca da produção de etanol, açúcar e bioeletricidade; (ii) análise com série de tempos mais longa, a fim de identificar uma melhor caracterização de

eventos externos que atuam na tomada de decisão acerca do mix de produção em nível regional e nacional; (iii) análise e comparações de modais que possibilitem maior integração e competitividade, especialmente para escoamento da produção de etanol para as regiões sudeste e sul do Brasil, e do açúcar ao mercado externo.

Referências bibliográficas

BARBOSA, A. P. F. P. L. **Mudança nos grupos estratégicos da indústria sucroalcooleira brasileira**. 2013, 77 f., Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.

BIOSUL. **ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA DE MATO GROSSO DO SUL**. Disponível em: < <http://www.biosulms.com.br/resultados>>. Acesso em: 20 jul. 2014a.

BIOSUL. **ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA DE MATO GROSSO DO SUL**. Disponível em: < <http://www.biosulms.com.br/noticias>>. Acesso em: 20 jul. 2014b.

CEPEA. **CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 02 ago. 2014.

CHARNET, R. *et al.* **Análise de modelos de regressão linear com aplicações**. Campinas, São Paulo, Unicamp, 356p, 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectiva para a agropecuária**. Volume 1 – Safra 2013/2014. Brasília: Conab, 2013a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil**: Volume 5 - Safra 2011/2012. Brasília: Conab, 2013b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar safra 2013/2014, quarto levantamento, abril/2014**. Brasília: Conab, 2014.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia – 2023**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: 20/10/2014.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Outlook Fiesp 2023: projeções para o agronegócio brasileiro**. São Paulo: Fiesp, 2014. 100 p.

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

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 29 jul 2014.

MAPA. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Relação de instituições no departamento de cana-de-açúcar e agroenergia. Posição em 20/05/2014. Brasília, 2014.

MIDIC. **MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR**. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet-Alice Web. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso: 20 out 2014.

MILANEZ, A. Y. *et al.* Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. **BNDES Setorial**, v. 31, p. 49-98, 2010.

MILANEZ, A. Y. *et al.* O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política. **BNDES Setorial**, v ° 35, pg. 277-302, 2012.

NOVA CANA. Disponível em: <<http://www.novacana.com/>>. Acesso em 20 jul. 2014.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. **A Dimensão do Setor Sucroenergético Mapeamento e Quantificação da Safra 2013/14**. Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEA-RP/USP 2014.

NYKO, D. *et al.* A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural. **BNDES Setorial**, v. 37, p. 399-442, 2013.

PIRES, S.R.I. **Gestão da cadeia de suprimentos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 29 jul. 2013.

RENCHER, A. C.; SCHAALJE, G. B. **Linear models in statistics**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

SALGADO JUNIOR, A. P.; FABIO V. CARLUCCI, F. V.; NOVI, J. C. Aplicação da análise envoltória de dados (aed) na avaliação da eficiência operacional relativa entre usinas de cana-de-açúcar no território brasileiro. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.34, n.5, p. 826-843, set./out. 2014.

SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A.; MIGUEL, P. A. C. Experience with an integrated management system in a sugar and ethanol manufacturing unit: Possibilities and Limitations. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 24, n. 6, p. 710-725, 2013.

ROSÁRIO, M. F.. 120 anos do nascimento do cientista R. A. Fisher (1890-2010). **Rev. Bras. Biom**, v. 27, n. 4, p. 659-672, 2009.

SIQUEIRA, L. **Grupo americano planeja usina de etanol no MS exclusivamente com milho**. Portal Nova Cana. Disponível em: <<http://www.novacana.com/n/etanol/alternativas/usina-etanol-milho-operacao-2016-ms-180914/>>. Acesso em 04 set 2014.

SOCCOL, C. R. *et al.* Bioethanol from lignocelluloses: status and perspectives in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 13, p. 4820-4825, 2010.

SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A; ANDERSON, D. R.. **Estatística Aplicada a Administração e Economia**, 3ª edição. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

VALENTE, M. S. *et al.* Bens de capital para o setor sucroenergético: a indústria está preparada para atender adequadamente o novo ciclo de investimentos em usinas de cana-de-açúcar. **BNDES Setorial**, v. 36, p. 119-178, 2012.

VARRICHIO, P.C. **Uma análise dos condicionantes e oportunidades em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais: o caso do setor sucroalcooleiro no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO GERAL

Observa-se um importante salto da atividade sucroenergética no Mato Grosso do Sul, especialmente após o ano de 2009, que trouxe uma maior diversificação e resiliência às atividades econômicas do estado, gerando importantes receitas para as atividades agrícolas (cadeia de fornecedores de insumos agrícolas e arrendamentos de terras) e geração de empregos diretos e prestadores de serviços nos municípios que possuem usinas instaladas.

Considerando a consolidação da cadeia produtiva no estado, com potencial de crescimento ainda maior, sugere-se a criação de um instituto de pesquisa vinculado a universidades, órgão de pesquisa e assistência técnica existente, com o propósito de uma melhor adaptação da cana-de-açúcar aos solos e clima do cerrado, criação de variedades mais aptas à seca e geada, geração de cana funcional voltada para cogeração de energia e etanol de segunda geração, e inovação na instrumentação agrícola.

Na análise do mix de produção (açúcar e etanol), observa-se que a cadeia sucroenergética tem conseguido direcionar o ATR para mercados mais rentáveis, contudo, devido o Brasil ser o principal produtor e exportador mundial de açúcar, o aumento da produção em patamares elevados (superior a 51% do mix “açucareiro”) a médio prazo pode contribuir significativamente para redução dos preços da *commodity* no mercado mundial decorrentes da formação de grandes estoques.

Observa-se que o principal gerador de receitas para as usinas tem sido o etanol, especialmente porque o biocombustível permite vendas em curto prazo e de forma contínua ao longo do ano, principalmente para a comercialização no mercado *spot*. Portanto, uma alternativa para criação de valor e aumento da competitividade do setor seria a criação de ambientes de contratos entre usinas e distribuidoras de médio e longo prazo, como ocorre com os leilões de energia, que permitiria um melhor planejamento financeiro e operacional das agroindustriais.

Em nível regional, foi observado que, apesar da maioria dos projetos *greenfields* estarem voltados para a produção de etanol e bioenergia, a produção do açúcar está presente em 45% das unidades instaladas, sendo esta caracterizada principalmente pelo açúcar VHP destinado à exportação. Desta forma, tornam-se necessários o aperfeiçoamento e criação de novas alternativas de transporte, principalmente o ramal ferroviário no Mato Grosso do Sul e nas novas fronteiras de

expansão da cana (longe dos portos), visando a redução dos custos no escoamento dos produtos até os portos e grandes mercados consumidores.

Observa-se que a cogeração de energia, através da melhoria no processo produtivo para atender as necessidades das usinas e venda dos excedentes na rede pode ser uma grande oportunidade de negócio ao setor. Porém, os custos para investimentos em plantas otimizadas na cogeração de energia (caldeiras de 65 bar, moendas com acionamento elétrico e instalação de subestação de energia) muitas vezes se tornam inviáveis para atualização tecnológica, sendo necessária a criação de novos projetos *greenfields* após depreciação do parque fabril diante do atual cenário desfavorável a novos investimentos no setor.

Considerando os benefícios sociais, econômicos e ambientais da cadeia sucroenergética, sugere-se o aperfeiçoamento dos mecanismos públicos para fortalecimento do setor, sem o paternalismo de outrora, mas com a criação de instrumentos financeiros que possibilitem: (i) a melhoria e desenvolvimento tecnológico dos processos produtivos (especialmente na cogeração de energia); (ii) adoção de novas tecnologias de produção como etanol de segunda geração e usina *flex*; (iii) melhoria da instrumentação agrícola e modernização dos canaviais; (iv) fundos para o desenvolvimento e inovação de novos produtos como bioplástico, etanol de segunda geração, crédito de carbono, diesel, fármacos, cosméticos, entre outros.

Por fim, este trabalho atendeu o objetivo de identificar a responsividade da gestão de cadeia de suprimentos da agroindústria sucroalcooleira na produção e comercialização de açúcar e etanol através de um caso prático em uma usina *greenfield* em MS e utilizando séries históricas de produção e preço do açúcar e do etanol. Quanto aos objetivos específicos: (i) de revisar a literatura no que se refere à produção de açúcar e etanol brasileira e de Mato Grosso do Sul; (ii) de explorar as estratégias aplicadas pela agroindústria canavieira na destinação e comercialização da produção de cana-de-açúcar para açúcar e etanol utilizando como referência o Mato Grosso do Sul; (iii) analisar a responsividade da cadeia de suprimentos canavieira na destinação de ATR para a produção de açúcar e etanol considerando as séries históricas do Mato Grosso do Sul que foram apresentados, respectivamente, pelos Capítulos 2 (revisão da literatura), 3 (artigo I) e 4 (artigo 2).

APÊNDICE

ROTEIRO PARA ENTREVISTA DE CAMPO SEMI ESTRUTURADA

Obs.: Entrevista será gravada

1 – Caracterização dados da empresa/instituição.

1.1 - Razão social/nome fantasia:

1.2 - Área de atuação da empresa/instituição

2 – Dados do entrevistado.

2.1 – Nome:

2.2 - Qual a função na empresa:

3 – Comercialização.

3.1 – Preço do açúcar e etanol: Qual preço do produto interfere mais significativamente na escolha do mix de produção?

	Açúcar
	Etanol

Justifique: _____

3.2 - Mercado do açúcar: Qual dos mercados influencia mais significativamente na determinação do mix de produção do açúcar?

	Mercado Interno
	Mercado Externo

Justifique: _____

3.3 – Contratos de fornecimento: Qual dos produtos tem a produção influenciada mais significativamente pelos contratos de fornecimento (mercado futuro ou contrato de venda)?

	Açúcar
	Etanol

Justifique: _____

3.4 – Capital de giro: Considerando a necessidade de receitas para manutenção das suas atividades operacionais, as usinas podem acelerar as vendas de etanol durante a safra, o que acaba influenciando nos preços. Qual produto a usina consegue capitalizar mais rapidamente recursos para capital de giro?

	Açúcar
	Etanol
	Cogeração

Justifique: _____

3.5 – Regulamentação do mercado de etanol: Pondere o quanto a existência de um mercado regulador de etanol (criação de leilões de combustível, com preços pré-estabelecidos) ajudaria no planejamento financeiro e operacional das usinas:

Sem Influência	Média Influência	Alta Influência

Justifique: _____

3.6 - Variação cambial do dólar: Pondere o quanto a variação cambial para os preços do açúcar interfere na destinação do mix de produção.

Sem Influência	Média Influência	Alta Influência

Justifique: _____

3.7 – Venda etanol na entressafra: Considerando o custo de manutenção de estoques, qual a melhor opção para comercialização do etanol?

	Realizar a venda antecipada para garantir mercado
	Produzir para estoque visando à formação de estoque e a venda ao longo dos doze meses do ano

Justifique: _____

3.8 - Flexibilidade na produção de açúcar e/ou de etanol: dado que a velocidade de comercialização do etanol é menor do que a do açúcar (o etanol é fabricado em seis a oito meses, e vendido pelos produtores ao longo dos doze meses de cada ano), o custo do seu armazenamento é refletido no seu preço de mercado. Com isto, a alta do preço do açúcar acaba por contribuir para a manutenção da atividade do etanol (particularmente durante a moagem). Pondere o grau de importância dos preços do açúcar para manutenção da sustentabilidade da produção do etanol:

Sem Influência	Média Influência	Alta Influência

3.9 – Custos de produção: Ao longo dos anos, os custos de produção das usinas têm aumentado, principalmente no que se refere às operações agrícolas com cerca de 70% dos custos de produção do setor. Assim, pondere sobre a influência do aumento dos custos operacionais na influência dos preços finais do açúcar e etanol.

Sem Influência	Média Influência	Alta Influência

4.10 – Entre os três produtos abaixo, aponte aquele em que a usina consegue atualmente capturar maior valor de mercado em relação aos preços relativos?

	Açúcar
	Etanol
	Cogeração

4 – Produção.

4.1 – Escolha do mix de produção: Escolha a alternativa utilizada pela usina para definir o percentual do mix de produção do ATR?

	Própria unidade com base nos preços do mercado
	Cumprimento dos contratos pré-estabelecidos
	Sistema gerencial que auxilia na tomada de decisão
	Outros:

Justifique: _____

4.2 – A usina produz o etanol anidro?

	Sim
	Não

Justifique: _____

4.2.1 - Quais os critérios para definição da produção de etanol anidro e hidratado?

4.3 – Qualidade do ATR: Considerando que a qualidade da cana (ATR) pode variar devido a questões climáticas e envelhecimento dos canaviais, no início da safra existe alguma prioridade de produção? Caso afirmativo, qual?

	Açúcar
	Etanol

Justifique: _____

4.4 - A utilização do melaço residual (subproduto da fabricação do açúcar) para a produção de etanol interfere na estimação do mix de produção?

	Sim
	Não

Justifique: _____

4.5 – Inversão da produção: As usinas possuem margem de inversão entre açúcar e etanol, quando existe o propósito de moagem de toda a cana-de-açúcar disponível no período de safra, em geral, estimado em até 20%. Assinale a alternativa abaixo:

<input type="checkbox"/>	A inversão é bastante utilizada para ajustar a produção com a demanda disponível.
<input type="checkbox"/>	A inversão é utilizada apenas em safra atípicas (quebra da safra)
<input type="checkbox"/>	A usina não utiliza a inversão na destinação do ATR
<input type="checkbox"/>	Outros

Justifique: _____

4.6 – Renovação dos canaviais: a cana-de-açúcar, uma vez plantada, permanecerá produzindo durante quatro ou cinco anos consecutivamente, quando então a produtividade diminui muito e é feita a reforma do canavial. Assim, torna-se necessária a constante política de renovação dos canaviais e melhoria dos tratos agrícolas. Caso existisse condições de financiamentos favorecidas, poderia ser melhorada a qualidade dos canaviais das usinas e de terceiros?

<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não

4.6.1 - Pondere a influência do maior financiamento na melhoria da qualidade da cana para produção final de açúcar e etanol:

Sem Influência	Ruim	Média	Boa	Excelente
<input type="checkbox"/>				

4.7 – Qualidade do ATR: pondere o grau de influência da qualidade do ATR na determinação do mix de produção:

Sem Influência	Ruim	Média	Boa	Excelente
<input type="checkbox"/>				

4.8 – Capacidade de moagem: atualmente a quantidade de cana produzida pela usina e adquirida de terceiros é suficiente para atender as demandas de mercado da usina para os mercados de etanol, açúcar e cogeração? Pondere.

Sem Influência	Ruim	Média	Boa	Excelente
<input type="checkbox"/>				

4.9 – Fatores climáticos podem influenciar a destinação do ATR. Por exemplo, na época chuvosa e de muita umidade, quando o rendimento em sacarose está com baixos níveis, é preferível atingir o limite máximo de produção de álcool etílico e reduzir ao mínimo necessário a produção de açúcar. No período seco, quando o rendimento em sacarose está no auge, a decisão pode ser a inversa e privilegiar a produção de açúcar. Obviamente, isto ocorre desde que esta vantagem técnica não seja contraposta por uma eventual relação de preços que favoreça o produto menos indicado. Pondere o nível de influência das condições climáticas na destinação do mix de produção.

Sem Influência	Ruim	Média	Boa	Excelente

Justifique: _____

4.10 – A usina faz a utilização da palhada no processo industrial para cogeração?

	Sim
	Não

Justifique: _____

4.10.1 - Existe a previsão nos próximos anos para utilização da palhada para produção de etanol 2G e cogeração? Pondere:

	Sim
	Não

Justifique: _____

5 – Inovação (Usina *Flex* e Cogeração)

Usina *flex*

5.1 – A associação da produção de etanol de milho na entressafra da cana, denominada de usina *flex*, tem sido recentemente discutida como alternativa para o aumento da produção do etanol, com investimentos relativamente baixos e redução do nível de ociosidade das usinas. Você conhece ou já ouviu falar da tecnologia de usina *flex*?

	Sim
	Não

Justifique: _____

5.2 – Caso seja viável economicamente e considerando a possibilidade de moagem ao longo dos doze meses do ano, pondere o grau de importância da inserção do conceito de usina *flex* para aumento da produção do etanol e redução do nível de ociosidade do setor atualmente:

Sem Influência	Ruim	Média	Boa	Excelente

Justifique: _____

5.3 – Considerando as características de produção, logística e disponibilidade do milho regionalmente, especialmente no plantio de safrinha, pondere o grau de viabilidade para produção de etanol de milho pelas usinas do MS na entressafra da cana.

Sem Influência	Ruim	Média	Boa	Excelente

Justifique: _____

5.4 – Caso estejam disponíveis condições de financiamento favoráveis à implantação de usinas *flex* para produção de etanol ao longo do ano todo ou na entressafra, qual seria o fator de maior limitação para implantação do milho como matéria-prima do etanol?

	Remuneração do etanol não é atualmente atraente
	Falta de capacidade atual de investimento da unidade
	Dificuldade de adaptação dos processos produtivos para inserção do milho
	Falta maior difusão tecnológica no setor e conhecimento da tecnologia
	Outros:

Justifique: _____

Cogeração

5.4 – Os atuais preços e modelo regulatório para venda de energia têm proporcionado remuneração favorável aos investimentos realizados para cogeração?

	Sim
	Não

Justifique: _____

5.5 - A oferta de condições favorecidas de financiamentos levaria à implantação de tecnologias mais eficientes para aumento da oferta de excedentes de energia elétrica? Pondere.

Justifique: _____

5.6 - Além do benefício da autossuficiência em energia, como pode ser analisada a cogeração de energia?

	Aumento das fontes de receitas da usina, sendo uma ótima opção de mercado
	Preços não têm sido atraentes, porém é uma importante opção de mercado e garantia de autossuficiência de energia
	Carga elevada de tributos e encargos setoriais tornam pouco atrativa a cogeração
	É uma excelente opção para gerenciamento dos resíduos (bagaço gerado na produção)
	Outros:

5.7 - Por quantos meses há exportação de excedentes de energia?

5.8 – Em qual ambiente é comercializado atualmente a energia elétrica em percentual?

	Mercado Regulado
	Mercado Livre

Justifique: _____

5.8.1 – Qual mercado tem sido mais rentável?

5.9 - A falta de bagaço ou palhada na época de entressafra para uso nas caldeiras tem dificultado a cogeração de energia neste período do ano?

	Sim
	Não

Justifique: _____

6.0 – Gostaria de acrescentar mais alguma informação que não foi perguntada no questionário acerca da comercialização do etanol e açúcar, mix de produção, cogeração e usina flex?