

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL E AGRONEGÓCIO**

JOSEANE RIBEIRO DE MENEZES GRANJA JÚNIOR

**EXPANSÃO DA ATIVIDADE CANAVIEIRA EM GOIÁS E
TOCANTINS: CONDICIONANTES E COMPONENTES PRINCIPAIS**

PALMAS - TO

2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL E AGRONEGÓCIO**

JOSEANE RIBEIRO DE MENEZES GRANJA JÚNIOR

**EXPANSÃO DA ATIVIDADE CANAVIEIRA EM GOIÁS E
TOCANTINS: CONDICIONANTES E COMPONENTES PRINCIPAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Universidade Federal do Tocantins, para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, sob orientação do professor Dr. Alivinio Almeida.

PALMAS-TO

2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Palmas

G759e Granja Júnior, Joseane Ribeiro de Menezes
Expansão da Atividade Canavieira em Goiás e Tocantins:
Condicionantes e Componentes Principais / Joseane Ribeiro de
Menezes Granja Júnior; Orientador Alivinio Almeida. __ Palmas,
2010.
116 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Tocantins –
Campus de Palmas – Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu*
Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio , 2010.

1. Expansão da Atividade canavieira. 2. Análise Fatorial. 3.
Regressão Múltipla. I. Título.

CDD 22. ed. 338.9

Bibliotecário: Paulo Roberto Moreira de Almeida
CRB-2 / 1118

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS - A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada à fonte. A violação dos direitos do autor (**Lei nº 9.610/98**) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

EXPANSÃO DA ATIVIDADE CANAVIEIRA EM GOIÁS E TOCANTINS: CONDICIONANTES E COMPONENTES PRINCIPAIS.

JOSEANE RIBEIRO DE MENEZES GRANJA JÚNIOR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Universidade Federal do Tocantins, para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, sob orientação do professor Dr. Alivínio Almeida.

Data da Aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Dr. Alivínio Almeida

Orientador

Universidade Federal do Tocantins

Membro: Waldecy Rodrigues

Título: Doutor

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Membro: Tarso da Costa Alvim

Título: Doutor

Instituição: Universidade Federal do Tocantins

Dedico a minha mãe Maria Odete, que sempre incentivou meus objetivos acadêmicos e mesmo distante estimulou-me a entrar neste programa de mestrado, e a minha querida filha Larissa que mesmo sem saber ajudou-me por ser meu melhor motivo para prosseguir nos estudos do mestrado nos momentos mais aflitivos.

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é consequência direta de estudos acadêmicos realizados no âmbito deste programa de mestrado. Um imenso esforço individual que resultou no texto escrito, que teve como base as idéias e discussões de diversos autores e institutos de pesquisas, arduamente discutidos com o orientador, professores e colegas do mestrado.

Neste contexto venho aqui agradecer ao meu orientador Dr. Alivínio de Almeida por suas orientações extremamente valiosas, sinceridade e amizade que neste trabalho ajudou a superar minhas limitações no campo da pesquisa acadêmica, e me serviu de exemplo máximo a ser seguido no ofício de professor.

Ao Dr. Waldecy Rodrigues por sua amizade, sinceridade e opiniões a respeito da dissertação em desenvolvimento, proporcionando melhorias no trabalho escrito, enriquecendo ainda mais o conteúdo. Agradeço aqui também ao Dr. Adriano Firmino, um grande amigo que amenizou as dúvidas que surgiram nos momentos de estudo que relaciona a parte quantitativa dos modelos adotados.

Agradecimento a todo corpo docente do Mestrado em Desenvolvimento Regional pelo pioneirismo do programa, bem como o enriquecimento acadêmico proporcionado a nós mestrandos.

À secretaria do mestrado na pessoa da senhora Michelle, agradeço por toda ajuda fornecida e dúvidas sanadas.

Aos colegas do mestrado, um grupo que deixará saudades pelos momentos que passamos juntos, bem como aos meus amigos que abrandaram os momentos mais difíceis do mestrado.

Agradeço imensamente a empresa DATAGRO, pelos dados fornecidos para o estado de Goiás, sem os quais não seria possível finalizar este trabalho.

RESUMO

Este trabalho de dissertação almeja mostrar a evolução do setor canavieiro no Centro-norte brasileiro, enfatizando o estado de Goiás e o caminho em direção ao Tocantins. Com a caracterização do setor para o Brasil, mostra-se a extensão, o potencial e importância que a cana-de-açúcar vem assumindo nos estados onde ela está inserida. Portanto com a caracterização do estado de Goiás, e a análise através das teorias que abrangem os estudos dos complexos agroindustriais que possuem sua origem no *commodity system approach*, que se busca entender a evolução do setor canavieiro no Centro-norte brasileiro, observando os indicadores localizados na cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Entretanto para análise dos indicadores, existentes no complexo agroindustrial, utilizam-se dos modelos quantitativos: o primeiro, a análise fatorial pelos componentes principais, que possui o intuito de reduzir o número de variáveis para uso na regressão múltipla, e neste último busca-se demonstrar a maneira como estas variáveis induziram a evolução do setor no período adotado. E com a análise destes indicadores e características do setor, que se pretende identificar como a evolução do complexo agroindustrial da cana-de-açúcar vem ocorrendo em Goiás, para deste ponto, verificar os potenciais existentes no Tocantins, dadas às características encontradas neste estado, as quais convergem com o estado de Goiás, o que demonstra a característica exploratória deste estudo no que concerne à expansão do setor canavieiro no centro-norte brasileiro.

Palavras-Chave: Expansão da Atividade canavieira, Análise Fatorial, Regressão Múltipla.

ABSTRACT

This paper aims at demonstrating the evolution of the sugarcane industry in the Central-Northern region of Brazil, specially the state of Goiás, including the area towards Tocantins. By means of a drill-down description of this industry in Brazil, this paper intends to demonstrate how important, vast and full of potential sugarcane is becoming in the states where it's present. By means of a thorough description of the State of Goiás, along with an analysis based on theories regarding the exiting studies on the agro-industrial facilities that have been originated from the commodity system approach readers will eventually understand the evolution of the sugarcane market in the Central Northern region of the country, assessing the indicators of the sugarcane productive chain. Quantitative models are applied in the assessment of those indicators: first, the factorial analysis of the main components, in an attempt to reduce the number of variables used in multiple regression; while the latter demonstrates how such variables have induced the evolution of this sector during the studied period. The analysis of these indicators and characteristics of the sector will enable the identification of how the sugarcane agro-industry complex's being evolved in Goiás; from that point it will be possible to assess the potential of the state of Tocantins, the characteristics of which are very similar to those of Goiás. With that said, the exploratory nature of this study is clearly stated, especially regarding the expansion of the sugarcane industry throughout the Brazilian Central Northern region.

Keywords: Sugarcane Activity Expansion, Factorial Analysis, Multiple Regression.

LISTA DE FIGURAS

Figura - 1 Variedades de cana-de-açúcar disponíveis para plantio, Brasil, 2007.....	11
Figura - 2 Evolução Brasileira da área colhida, produção e produtividade da cana-de-açúcar, Brasil, 1980-2007 (1980=100).....	14
Figura 3 - Usinas do Setor Canavieiro em funcionamento no Brasil 2009.....	18
Figura 4 - Área colhida de cana-de-açúcar no Brasil em 1990.....	23
Figura 5 - Área colhida de cana-de-açúcar no Brasil em 2008.....	24
Figura 6 - Área de expansão de cana-de-açúcar na região Centro-Sul e número de veículos bicombustíveis licenciados no Brasil entre os anos 2005 e 2008.....	25
Figura 7 - Representação do Complexo Agroindustrial.....	28
Figura 8 - Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar em Goiás.....	52
Figura 9 - Comparativo da produção total de cana-de-açúcar em toneladas da demanda para moagem das usinas em Goiás.....	54
Figura 10 - Expansão das lavouras de cana-de-açúcar em hectares.....	55
Figura 11 - Evolução percentual da área colhida, quantidade total produzida e moagem.....	56
Figura 12 - Expansão das Usinas e Lavouras de Cana na Região Centro-Sul 2009.....	58
Figura 13 - Localização das Usinas e Modais de Transporte (Rodoviário e Dutoviário) em Goiás 2007.....	60
Figura 14 - Evolução do Rendimento das lavouras de Cana-de-açúcar em t/ha de 1980 a 2007 em Goiás.....	63
Figura 15 - Evolução da produção de álcool, açúcar e moagem de cana-de-açúcar em Goiás de 1981 a 2008.....	64
Figura 16 - Logística para transporte de combustíveis.....	66
Figura 17 - Relação da área colhida e os escores dos fatores comuns.....	75
Figura 18 - Corredor Centro Norte - CCN. (Hidrovia Tocantins Araguaia).....	79
Figura 19 - Evolução percentual da área colhida de cana-de-açúcar de 1981 a 2008.....	80
Figura 20 - Produtividade de cana-de-açúcar em Tocantins.....	81
Figura 21 - Mapa de expansão da cana no Tocantins 1990.....	82
Figura 22 - Mapa de expansão da cana no Tocantins 2008.....	83
Figura 23 - Mapa do Tocantins, zoneamento agroecológico.....	84
Figura 24 - Mapa ferroviário parcial.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de solos adequados ao cultivo da cana-de-açúcar classificados por Estado, Brasil 2009.....	7
Tabela 2 - Ranking dos Países por Produção e Rendimento de Cana-de-açúcar, 2007...	16
Tabela 3 - Quantitativa de Usinas no Brasil Visitadas em 2007.....	17
Tabela 4 - Taxas de Evolução da Cana-de-açúcar de 1980 a 2006.....	21
Tabela 5 - Quantitativo de terras aptas ao cultivo de cana-de-açúcar em Goiás.....	53
Tabela 6 - Evolução da Produtividade em Goiás.....	63
Tabela 7 - Teste de Normalidade.....	68
Tabela 8 - Matriz de Correlação das Variáveis.....	69
Tabela 9 - Teste de esfericidade de KMO e Bartlett's.....	70
Tabela 10 - Comunalidade.....	71
Tabela 11 - Total da variância explicada.....	71
Tabela 12 - Matriz dos componentes.....	72
Tabela 13 - Rotação da matriz dos componentes.....	72
Tabela 14 - Matriz para regressão múltipla. Safras de 1981 a 2008.....	74
Tabela 15 - OLS, Observações Usadas 1981-2008 (T = 28) Variável Dependente: Area_I_colhida.....	76
Tabela 16 - Resumo do Modelo.....	76
Tabela 17 - Nível de Explicação do Modelo.....	76
Tabela 18 - ANOVA.....	77
Tabela 19 - Áreas de aptidão para o Cultivo da Cana-de-açúcar Tocantins.....	85

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Geral.....	4
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Estrutura do Trabalho.....	5
2 – ATIVIDADE CANAVIEIRA NO BRASIL: CONDIÇÕES AGRONÔMICAS, ECONÔMICAS E INSTITUCIONAIS.....	6
2.1. Características agronômicas da cana-de-açúcar.....	6
2.1.1.1. Relevo.....	8
2.2.1.2. Características climáticas.....	8
2.2.1.3. Características físicas.....	9
2.2.1.4. Características químicas.....	9
2.2. Características econômicas do setor canavieiro.....	11
2.3. Condições institucionais.....	19
3 – CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS SOBRE A ANÁLISE FATORIAL PELOS COMPONENTES PRINCIPAIS E REGRESSÃO MÚLTIPLA (SÉRIES TEMPORAIS).....	27
3.1. Observações sobre análise fatorial.....	30
3.2. Organização dos dados para uso na análise fatorial pelos componentes principais.....	40
3.3. Observações sobre regressão múltipla.....	44
3.4. Organização dos dados de séries temporal na análise de regressão múltipla.....	48
4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	51
4.1. Atividade canavieira em Goiás: condições agronômicas, econômicas e institucionais.....	51
4.1.1. Características Agronômicas do Setor Canavieiro em Goiás.....	51
4.1.2. Condições econômicas e institucionais da atividade canavieira em Goiás.....	56
4.2. Resultados da análise fatorial pelos componentes principais e regressão múltipla.....	67
4.2.1. Análise fatorial.....	67
4.2.2. Resultados das séries temporais.....	73
4.3. Atividade canavieira em Tocantins: condições agronômicas, econômicas e institucionais	78

5 – CONSIDERAÇÕES PARA O SETOR CANAVIEIRO NO BRASIL, GOIÁS E TOCANTINS	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXO B	97
APÊNDICE A	100

1 – INTRODUÇÃO

A atividade canavieira sempre se destacou por sua importância econômica e política na história do Brasil, possuindo ciclos de ascensão e decesso distintos em suas atividades, como o desenvolvimento ocorrido entre os séculos XVI e XVII, que foram seguidos por uma diminuição de suas atividades econômicas em meados do século seguinte. Ressurgindo posteriormente na segunda metade do século XX como alternativa energética para o país, avançando no século XXI como fonte renovável energética (limpa) ambientalmente correta.

Historicamente, a crise sofrida pela atividade canavieira em meados do século XVIII que se arrastou pelo século XIX foi ocasionada inicialmente pelo aumento da concorrência externa e somada a esta, o surgimento da demanda de novos produtos nos mercados Europeus, o que veio estimular a exploração do Pau-Brasil, couro, tabaco, algodão, dentre outros a serem exportados. Inicialmente, no que concerne a crise de demanda pelo açúcar brasileiro, esta ocorreu devido ao aumento da concorrência, oriunda principalmente dos comerciantes holandeses que implantaram novas lavouras no Caribe e nas Antilhas. Entretanto, mesmo em declínio, e com a perda de sua hegemonia no século XVIII, o Brasil ainda se mantinha entre os cinco maiores produtores de açúcar do mundo (PRADO, 1994). Por sua vez, no aspecto político, os senhores de engenhos desenvolveram grupos de poder ao se instalarem nas colônias portuguesas do Brasil, que ocorreu, sobretudo com os investimentos realizados com recursos obtidos pela venda do açúcar, fazendo com que a atividade canavieira ostentasse importante papel na expansão mercantilista portuguesa, uma vez que a riqueza gerada por estas exportações permitiu ao império mercantil português a sua consolidação no Atlântico (BRAICK e MOTA, 2007).

Após um longo período de declínio, que se estende até a primeira metade do século XX, a cana-de-açúcar continuava sem exercer papel fundamental no desenvolvimento econômico Brasileiro, que era impulsionado primeiramente por um forte setor cafeeiro e uma recém nascida indústria urbana e, posteriormente, por uma forte demanda e oferta de crédito internacional, principalmente na década de 60, política esta pautada sobre um modelo de economia expansionista, que ficou conhecido como milagre econômico brasileiro, que só iria terminar com a crise do petróleo de 1973. A qual provocou um enorme impacto econômico, uma vez que o país importava a maior parte do petróleo consumido internamente (BAYER, 2002).

E em virtude desta crise de amplitude mundial, é que ressurgiu com importância política e econômica a atividade canavieira no Brasil, uma vez que o país precisava de uma alternativa frente ao uso da gasolina para movimentar a frota de carros nacionais, passando a utilizar, com as sucessivas elevações dos preços do petróleo, o álcool carburante (Etanol) como solução energética nacional e mais barata. Lembrando também que neste período, em decorrência da crise, o Brasil passou a viver num período de retração econômica, ao enfrentar dificuldades provocadas pelos aumentos expressivos no preço do barril de petróleo no mercado internacional. Isto fez com que o governo passasse a incentivar o uso do álcool carburante em alternativa à gasolina com a criação, nos idos de 1975, do PROÁLCOOL, o Programa Nacional do Álcool, que tinha o intuito de estimular o uso do álcool carburante favorecendo desta forma todo o setor canavieiro. Mas só nas últimas décadas do século XX e início do século XXI é que o setor canavieiro alcança resultados expressivos para seu desenvolvimento, por encontrar neste período as condições ideais para sua expansão, sendo esta uma consequência direta dos investimentos ocorridos em pesquisa e desenvolvimento nos últimos 30 anos, tanto os decorrentes do setor público como os oriundos da iniciativa privada. Para Neves (2005. p.124) destacam-se no seguimento de pesquisa e desenvolvimento, o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) da ESALQ, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) da EMBRAPA, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e a União das Indústrias de Cana-de-açúcar (UNICA), dentre outros, que alavancaram o setor ao investirem maciçamente em pesquisas sobre melhoramento do solo, genética, engenharia, mecanização, fermentação e irrigação, sendo que esta última demonstrou resultados que permitiram um aumento de até 30% na produtividade da cana-de-açúcar. Observa-se que os investimentos em pesquisas e desenvolvimento permitiram dentre outros resultados, que a safra de cana-de-açúcar do Brasil aumentasse de 132.509 toneladas (t) em 1980 para 428.936 toneladas (t) em 2006, revelando um crescimento de 223,7% em 26 anos. Salientando que na última década do século XX, outro fator que também influenciou a atividade canavieira, foi a desregulamentação sofrida pelo setor, o que exigiu por parte dos agentes a adoção de novos aprendizados, tanto no modelo de gestão quanto na produção industrial.

Portanto, há duas medidas fundamentais que merecem destaque por ajudarem a impulsionar o desenvolvimento do setor canavieiro, consequentemente da expansão das lavouras de cana-de-açúcar em todo país. A primeira foi a criação do Instituto do Açúcar e do Álcool em 01.06.1933 pelo Decreto nº. 22.789 - com intuito de intervir maciçamente no setor para resolver celeumas recorrentes da produção e comercialização existentes entre as principais regiões produtoras de cana-de-açúcar, ou seja, as regiões nordeste e sudeste

(MAPA, 2009). O segundo marco importante para o setor foi a criação do programa Proálcool em 14.11.1975, instituído pelo Decreto nº 76.593, que surge para estimular a insipiente cadeia produtiva, impulsionando ainda mais o setor canavieiro, com a imposição do uso de etanol como combustível, estes dois marcos foram fundamentais para o setor, entretanto há outras normas que somadas as estas duas permitiram a expansão e consolidação em todo país (MAPA, 2009).

Nada obstante, após a consolidação do setor canavieiro no Brasil, o crescimento da produção no sudeste estava limitado pela intervenção do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), uma vez que os produtores desta região precisavam de autorização do referido instituto para vender sua produção na região Nordeste. Esta medida impedia que o setor mais competitivo da primeira região, prejudicasse o setor menos competitivo da segunda (PÉRICLES apud SHIKIDA, 2002). Por mais de meio século a atividade canavieira viveu sob a égide do Estado, usando sua força política e econômica para se consolidar nas regiões sudeste e nordeste, o que permitiu uma melhor capacidade de sobrevivência do setor canavieiro num mercado que entraria em franca desregulamentação o que ocorrera com o início da década de 1990, provocado principalmente pelos problemas econômicos ocorridos com a economia brasileira desde a década anterior (BAYER, 2002).

E como característica deste novo ambiente institucional, em 12.04.1990, foi aprovada a Lei nº 8.029, que dispõe sobre a extinção do IAA, promovendo a partir deste momento a desregulamentação ao setor, que passa a viver com novas regras, obedecendo às normas econômicas do livre mercado, forçando o setor canavieiro a adotar novos métodos para seu desenvolvimento, o que favorece a modernização e, por conseguinte, a expansão do setor que sai das regiões produtoras tradicionais em busca de novas fronteiras agrícolas no centro-sul e oeste do país. Com uma taxa de crescimento de 4,4% ao ano entre 1980 e 2006¹, na produção de cana-de-açúcar, as lavouras se expandiram para áreas onde o cultivo inexistia ou era inexpressivo, em estados pertencentes às regiões Centro-Oeste, Sul, e Norte do País.

Promovendo nesta última década do século XX e início do século XXI, o avanço das lavouras de cana-de-açúcar em novas regiões, o que trouxe à tona a discussão sobre a expansão desta nas regiões de fronteira agrícola e/ou ambiental. E ao considerar o estudo da atividade canavieira importante, principalmente no que diz respeito às lavouras existentes sobre as áreas da chamada Amazônia Legal para a produção agropecuária, é que surgem questionamentos sobre as condições necessárias de suporte e possibilidade de expansão das atividades do setor canavieiro no sentido Centro-Norte do País.

¹ Taxa de evolução calculada de acordo com os dados da Tabela 4, deste trabalho.

1.1. Problema

Diante do exposto, o presente estudo levanta o seguinte problema de pesquisa:

Quais condições agronômicas, econômicas e institucionais que possibilitam ou limitam a expansão da atividade canavieira nos Estados de Goiás e Tocantins?

Com base nesta pergunta, são propostos objetivos gerais e específicos que ajudem a respondê-la.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Analisar a expansão da atividade canavieira no Estado de Goiás, no sentido Tocantins.

1.2.2. Específicos

- Identificar as condições agronômicas, econômicas e institucionais da atividade canavieira no Brasil;
- Caracterizar e discutir a expansão da atividade canavieira no Estado de Goiás, no período de 1980/81 a 2007/08;
- Avaliar o potencial de expansão da atividade canavieira para o Estado do Tocantins, considerando as condições agronômicas, econômicas e institucionais locais.

1.3. Estrutura do Trabalho

1. Introdução a qual apresenta um breve resumo da cana-de-açúcar no Brasil, o problema, a justificativa, os objetivos gerais e específicos;
2. Revisão da Literatura, mostrando a atividade canavieira no Brasil, com características edafológicas necessárias a lavoura, bem como os institutos de pesquisa e desenvolvimento econômico existentes;
3. Metodologia e métodos mostrando delineamento da pesquisa às análises desenvolvidas, com os modelos de análise fatorial pelos componentes principais, e a regressão múltipla cujo propósito é explicar a expansão do setor canavieiro em Goiás;
4. Análise e discussão do resultado da pesquisa caracterizando a cana-de-açúcar em Goiás, mostrando os resultados econométricos para o referido estado e as condicionantes para o Tocantins;
5. Conclusões e Sugestões.

O próximo capítulo traz observações sobre a expansão canavieira no Brasil, mostrando características que beneficiam o setor canavieiro, estando dividida em três categorias, a agrônômica que absorve os fatores edafoclimáticos, a econômica que detém os números e indicadores de expansão e por fim a institucional que induz o direcionamento que o setor deve seguir. É importante lembrar que as três características se entrelaçam no decorrer do texto, ocorrendo pontos que inevitavelmente a causa de um torna-se efeito em outro.

Não obstante os números que saltam dos indicadores econômicos refletem algumas vezes as características agrônômicas bem como as institucionais.

2 – ATIVIDADE CANAVIEIRA NO BRASIL: CONDIÇÕES AGRONÔMICAS, ECONÔMICAS E INSTITUCIONAIS.

Neste capítulo, estão apresentadas e discutidas as características agronômicas, institucionais e econômicas relativas à atividade canavieira no Brasil. Dentre as quais, se apresentam os aspectos edafoclimáticos adequados ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, as questões institucionais nos aspectos políticos e legais que impulsionaram o setor canavieiro, e de forma inerente, as características econômicas, nas quais são apresentados os indicadores de evolução do setor canavieiro derivados dos resultados da produção, produtividade, área colhida da cana-de-açúcar e produção de açúcar e álcool de todo o País.

2.1. Características agronômicas da cana-de-açúcar

Ao que se refere às características agronômicas da cana-de-açúcar, esta se adaptou facilmente ao plantio em quase todo território nacional, com seu desenvolvimento inicial ocorrendo na região nordeste do país, e posteriormente se expandindo para as regiões sudeste com ênfase para o estado de São Paulo, sul e por fim a região Centro-Oeste, sendo esta última, parte integrante da nova fronteira agrícola Brasileira.

No que concernem às características agronômicas mais favoráveis, como clima, solo e relevo, essenciais para o desenvolvimento do cultivo da cana-de-açúcar, com retornos econômicos de escala, foi na região sudeste que o setor canavieiro encontrou as maiores extensões de terras, em especial no Estado de São Paulo o maior produtor do país (IBGE, 2010). O que segundo Marin, pesquisador da EMBRAPA (2009), é necessário que o solo adequado para o desenvolvimento das lavouras possua as seguintes características.

[...] a cana-de-açúcar é uma cultura que responde aos solos férteis e fisicamente adequados, atingindo altas produtividades nestas condições. Os solos ideais para o desenvolvimento da cana são bem arejados e profundos, com boa retenção de umidade e alta fertilidade. O valor do ph em cloreto de cálcio deve ser de aproximadamente seis (MARIN, 2009).

De acordo com estas características, no Brasil, principalmente na Região Sudeste, há lavouras de cana-de-açúcar cultivadas nos mais diversos tipos de solo. No entanto, para que

estas sejam competitivas, são necessários ganhos em produtividades do plantio à colheita da cana. Porém, estas necessidades somente são supridas no setor canavieiro pelo investimento em pesquisa e desenvolvimento nas entidades ligadas direta ou indiretamente a este, o que permite uma maior disseminação dos resultados tanto nas lavouras como à jusante destas, ou seja, é necessária também uma indústria moderna e competitiva para que estes ganhos em desenvolvimento ocorram em todo o setor canavieiro.

Logo, dentre as entidades que se destacam em pesquisa e desenvolvimento merece menção a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). De acordo com Marin pesquisador da EMBRAPA, esta possui um amplo estudo de classificação de todos os tipos de solos disponíveis para a cana-de-açúcar existentes no Brasil. Como mostra a Tabela 1, a seguir, onde estão classificados os solos mais indicados para o cultivo da cana por Estado e região do país, e de acordo com esta classificação tem-se:

Tabela 1 - Tipos de solos adequados ao cultivo da cana-de-açúcar classificados por Estado, Brasil.

Estado/Região	Tipo de solo
Pernambuco e Alagoas	A cana predomina em solos dos tipos latossolo vermelho-amarelo e argissolo vermelho-amarelo.
Bahia	É plantada, sobretudo em solos argissolo vermelho e amarelo e em vertissolo.
Sergipe	Cultiva-se cana em solos do tipo argissolo vermelho-amarelo e brunizen avermelhado.
Paraíba e Rio Grande do Norte	É cultivada em solos argissolo vermelho-amarelo e em areia quartzosa.
Rio de Janeiro	Os solos hidromórficos e aluviais são os principais para o cultivo da cana.
São Paulo	É cultivada, sobretudo, em latossolo vermelho, aproximadamente 47% da área plantada - seguido pelo latossolo vermelho-amarelo e vermelho escuro.
Paraná	Os principais tipos de solos para o plantio da cultura são: argissolo, nitossolo, latossolo roxo e latossolo de textura média.
Santa Catarina	É cultivada, sobretudo em solos aluviais e hidromórficos.
Planalto Central	A cana é plantada em solos do tipo latossolo vermelho escuro, latossolo vermelho-amarelo e areia quartzosa.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da EMBRAPA/Marin 2009.

2.1.1. Características edafológicas para cana-de-açúcar no Brasil

Como toda planta, a cana-de-açúcar pode ser cultivada em quase todo tipo de solo, entretanto, sua produtividade será maior se forem respeitadas as condições edafológicas adequadas às exigências da planta. Segundo Marin (2009), é necessário que as características edafológicas do solo permitam um desenvolvimento competitivo para a lavoura de cana-de-açúcar, sendo:

2.1.1.1. Relevo

São necessários solos mais argilosos com declive em 2% e 5%, por estes valores evitarem problemas de encharque do solo ou insuficiência de água para cana.

Outra vantagem da manutenção desta inclinação é facilitar a mecanização no preparo do solo e dos tratos culturais que a lavoura exige, bem como uma da colheita mecanizada.

2.2.1.2. Características climáticas

No que concernem às características climáticas que envolvem a temperatura e quantidade de chuvas necessárias, as lavouras de cana-de-açúcar se desenvolvem melhor em temperaturas médias de solo para o brotamento entorno de 32° a 38°C (Celsius). Entretanto, para um crescimento adequado que permita elevada produção e produtividades do açúcar, a temperatura média durante o dia deve ser entre 22° a 30° C (Celsius). Sendo importante observar que nas temperaturas menores de 20° C (Celsius) o crescimento vegetativo da planta torna-se prejudicado.

Segundo Marin (2009), a cana-de-açúcar possui duas etapas básicas de desenvolvimento: o crescimento vegetativo e a maturação. O crescimento vegetativo é a fase que a planta necessita de clima úmido e quente, para favorecer o seu crescimento de forma mais adequada, de maneira a garantir alta produção e rendimentos do açúcar, sendo que nesta etapa é necessária uma temperatura média durante o dia entre 22° a 30° C.

Entretanto, para o período de maturação, a planta exige temperaturas mais amenas e a baixa disponibilidade de água, o que favorece o acúmulo de sacarose. Logo nesta fase, o clima seco e a temperatura no intervalo de 10 a 20°C favorecem paralisação do crescimento

vegetativo da cana-de-açúcar, começando o processo de maturação, o que eleva ao acúmulo de sacarose nos colmos.

Portanto, as necessidades hídricas que a lavoura de cana-de-açúcar necessita para que se mantenha a umidade adequada de solo para seu desenvolvimento é imprescindível, sendo que a distribuição de água deve ser equitativa durante o crescimento vegetativo da planta, girando em torno de 1.500 a 2.500 milímetros (MARIN, 2009).

As necessidades hídricas da cana-de-açúcar vão de 1.500 a 2.500 milímetros, que devem ser distribuídos de maneira uniforme durante o período de desenvolvimento vegetativo, conforme dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO). Entretanto, estudos recentes têm mostrado que a quantidade de água necessária para a cultura atingir seu máximo potencial é em torno de 1.200 a 1.300 milímetros (MARIN, 2009).

2.2.1.3. Características físicas

Frente às características físicas, são mais aconselháveis, tipos de solos menos arenosos para o cultivo e desenvolvimento da cana-de-açúcar, de forma que possuam boa retenção hídrica e com profundidade de 1(m) metro. Estas condições permitem que as raízes da planta explorem o maior volume possível de solo para extrair a água e os nutrientes necessários ao seu crescimento, elevando sua produtividade por hectare (ha). O que permite à planta, com relação ao consumo d'água, atender suas exigências, pois uma boa infiltração hídrica no solo com armazenamento próximo a 150 milímetros no subsolo, mantém a umidade e permeabilidade adequada de solo para uma melhor absorção de água pelas raízes.

Em solos mais arenosos, a perda de produtividade ocorre mesmo que haja excesso de chuvas, por não apresentar boa retenção hídrica, implica na perda de nutrientes por lixiviação, permitindo também o crescimento da população de nematóides, diminuindo a capacidade da planta em se desenvolver.

2.2.1.4. Características químicas

Nas características químicas, a lavoura de cana-de-açúcar, por ser uma cultura semi-perene com ciclos de cinco a sete anos, permite um maior desenvolvimento das raízes nas partes mais profundas do solo, motivo pelo qual as plantas exigem uma profundidade média

de 1(um) metro. Sendo esta a característica de desenvolvimento ligada diretamente com a acidez (ph) do solo, que deve estar entorno de 6, uma vez que a saturação por bases, e a porcentagem de alumínio e teores de cálcio nas camadas mais profundas do solo, são fatores que influenciam diretamente a produtividade da lavoura de cana-de-açúcar.

Devido a estas características de solo ocorrerem em todo território nacional, a cana-de-açúcar possui a capacidade de desenvolvimento em todo Brasil, desta forma, os institutos de pesquisas atuantes no setor canavieiro desenvolveram 115 variedades para o cultivo. Este fato só foi possível pelos esforços em pesquisa de desenvolvimento, que buscaram através do melhoramento genético e das técnicas de plantio, o desenvolvimento de plantas adaptadas às mais diferentes regiões do país, levando em consideração o tipo de solo, relevo, clima e as incidências de pragas e doenças, bem como o sistema de colheita.

Das principais instituições de pesquisa neste setor, tem-se:

- i)* A Planalsucar – Ridesa com 61 tipos de variedades (RB) de cana;
- ii)* A Copersucar – Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) com 37 tipos de variedades (SP) de cana;
- iii)* O Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), com 17 tipos de variedades cana.

A Figura 1 mostra as variedades existentes em 2007, de acordo com os dados de Marin disponibilizados no site da EMBRAPA e o percentual de participação de todas as instituições de pesquisas, no que concerne aos seus resultados em busca de novas variedades de cana-de-açúcar no Brasil.

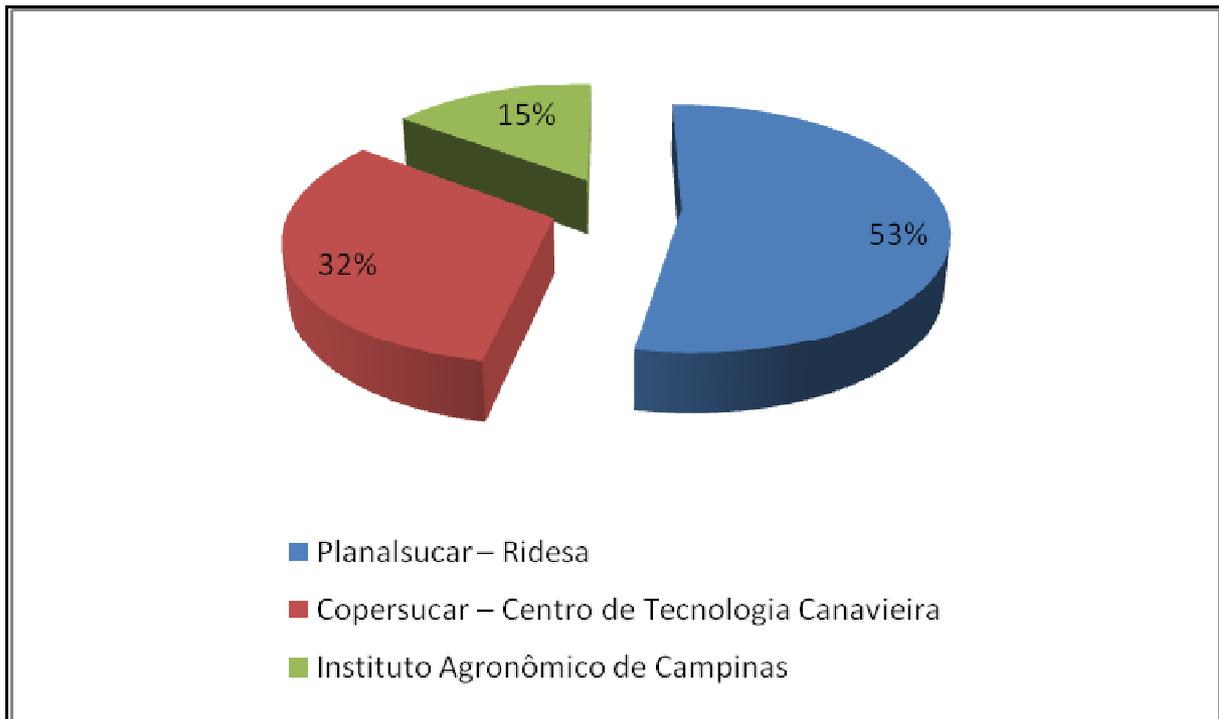


Figura 1 - Variedades de cana-de-açúcar disponíveis para plantio, Brasil, 2007.
 Fonte: Elaborados com dados da EMBRAPA/Marin, 2009

2.2. Características econômicas do setor canavieiro

No Brasil, o setor canavieiro por ser parte integrante do agronegócio que envolve um maior número de agentes para o seu desenvolvimento, possui instituições públicas e privadas que possuem investimentos em pesquisa nas mais diversas áreas ligadas ao setor, permitindo assim, ganhos em produção e produtividade. O que segundo Shikida (2007, p. 21-32), tem-se que o crescimento do agronegócio canavieiro no Brasil pode ser observado inicialmente como a expansão da área colhida de cana-de-açúcar, enquanto que a quantidade de cana-de-açúcar colhida por hectare (produtividade) é um indicador que absorve mais facilmente os resultados da variável tecnológica, este fator ajuda a determinar as mudanças de paradigma para o setor.

Dessa forma[...] como representante da tecnologia empregada na produção, uma vez que quanto maior for a produção por hectare plantado, menor é o custo com matéria-prima (cana) para fabricação de álcool e açúcar (fato que indica boa produtividade, o que está relacionado positivamente com o uso de práticas agrícolas modernas). (SHIKIDA, 2007, p. 23).

Logo, os avanços tecnológicos oriundos das pesquisas desenvolvidas pelos institutos e universidades ligados ao setor canavieiro, vêm gradativamente promovendo aumento na

produção e produtividade agrícola, bem como na área industrial, permitindo nesta uma maior capacidade de renovação e adaptação das firmas as novas exigências institucionais, industriais e mercadológicas.

Desta forma, os investimentos em novas tecnologias no campo e nas indústrias, aparecem na evolução da produção e unidades produtoras que ampliaram suas atividades no Brasil das últimas décadas, conforme os dados que refletem nos seguintes números:

- De 1995 a 2005, a safra de cana-de-açúcar cresceu em dez anos 60,36%²;
- Em 2008, o número de usinas no Brasil era de aproximadamente 343 unidades, das quais 264 unidades na região Centro-Sul e 79 na região Norte-nordeste³.

É importante destacar nos dados, que estes mostram a evolução do setor canavieiro, onde os investimentos, tanto na agricultura como na indústria, são de grande importância para a criação de novos postos de trabalho gerados em toda na cadeia produtiva agrícola, o que segundo Neves:

[...] a cadeia emprega 1 milhão de pessoas, sendo que 60 mil produtores fornecem cana. Produzimos ainda 14 bilhões de litros álcool. Exportamos 890 milhões de litros em 2003. No açúcar, produzimos 24 milhões de toneladas (17% do total mundial, sendo que há dez anos produzíamos 11 milhões) e exportamos 14 milhões (30% do mercado mundial contra 4% em 1990, crescimento de 17% ao ano!) (NEVES, 2005, p.124).

Deve-se ressaltar que estes resultados também são reflexos dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que vêm promovendo avanços no setor canavieiro, da indústria à produção de cana-de-açúcar no campo, que ocorrem nas entidades de pesquisas já citadas como o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) da EMBRAPA, e a Universidade Federal de São Carlos, bem como a União das Indústrias de Cana-de-açúcar (ÚNICA), dentre outras entidades que auxiliam o setor.

Os investimentos supracitados, que resultaram nos avanços tecnológicos, ocorreram simultaneamente com as mudanças estruturais ocorridas no setor com a desregulamentação da economia brasileira iniciada durante a década de 90. Destarte, o setor canavieiro, ao assumir

² Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas. Relatório Estatístico – Safra 2007/2008.

³ Perfil do setor do Açúcar e do Alcool – Conab /abril de 2008.

um novo posicionamento econômico, obrigou a modernização do modelo gerencial atraindo novos investimentos internos e externos, com uma nova visão que prima pela responsabilidade econômica e socioambiental.

Estas mudanças também são propiciadas pelas oportunidades de mercado, tanto internas quanto externas. Uma vez que a expansão do setor canavieiro brasileiro ocorre não só pelo aumento no consumo de açúcar, como também, pelo o uso do etanol como combustível, puro ou adicionado à gasolina, resolvendo não só as questões de cunho econômico-financeiro, haja vista as necessidades ambientais vigentes, uma vez que o álcool polui menos que a gasolina.

No caso brasileiro, o surgimento da tecnologia do carro flex proporcionou ao consumidor uma possibilidade de escolha que antes não possuía, quanto ao combustível a ser usado no tanque do carro, relembrando que por lei federal brasileira, gasolina tem o etanol como aditivo na proporção de 20% a 24% ($\pm 1\%$). Estes incentivos legais, adotados por lei federal, associados ao surgimento de novas tecnologias e ao aumento da demanda por produtos derivados da cana, são estímulos para atividade canavieira. Estas e outras regulamentações atraem maiores incentivos ao setor, existindo estimativas de que os investimentos para o setor canavieiro até 2012 cheguem a US\$ 33 bilhões (JANK, 2010), apesar das dificuldades de crédito ocasionadas pela crise econômica deflagrada em 2008 na economia mundial.

Já a nível internacional, podem ser destacadas algumas das políticas de incentivo para o setor, como a norte americano, com apoio do ex-presidente Clinton, que aprovou o uso da biomassa para fins energéticos e a substituição do MTBE (éster oxigenado da gasolina) pelo etanol na gasolina, proporcionando uma emissão menor de poluente nos EUA. Além destas, há outras medidas ambientais que não são atos isolados, já que a substituição de combustíveis ou aditivos de origem fóssil por bicomcombustíveis fazem parte de políticas adotadas em outros países como Japão, Canadá e México. Com destaque para as políticas, mesmo que tímidas, da União Européia no que diz respeito ao protocolo de Kyoto, apontando para redução de CO₂ naquele continente. Na Ásia, na Tailândia, há a promoção de incentivos na forma de isenção para postos de etanol combustível e pacotes de incentivo a investimentos em pesquisa e desenvolvimento para o setor. Na China, o governo firmou acordos bilaterais com EUA para transferência de tecnologia para produção de etanol do milho, oriundo de interesses dos governos das províncias que são voltadas para a produção deste cereal (SHIKIDA, 2002, p.157).

No Brasil, entretanto, os investimentos realizados não foram apenas em pesquisas e desenvolvimento, ocorreram principalmente na formação bruta de capital fixo com abertura de novas usinas, bem como na compra de novas terras, o que veio a estimular a expansão da área colhida de cana-de-açúcar no país.

Em 27 anos, a expansão das lavouras de cana-de-açúcar atingiu 144% de 1980 a 2006, enquanto que o rendimento por hectare cresceu apenas 32% no mesmo período. Tomando-se por base estas informações, a primeira conclusão lógica a ser tomada numa análise mais simples, é que das 477 milhões de toneladas de cana colhidas em 2006, deve-se, em maior proporção, pela expansão da área colhida do que propriamente aos investimentos em tecnológicas nas lavouras que se reflete em produtividade (Figura 2).

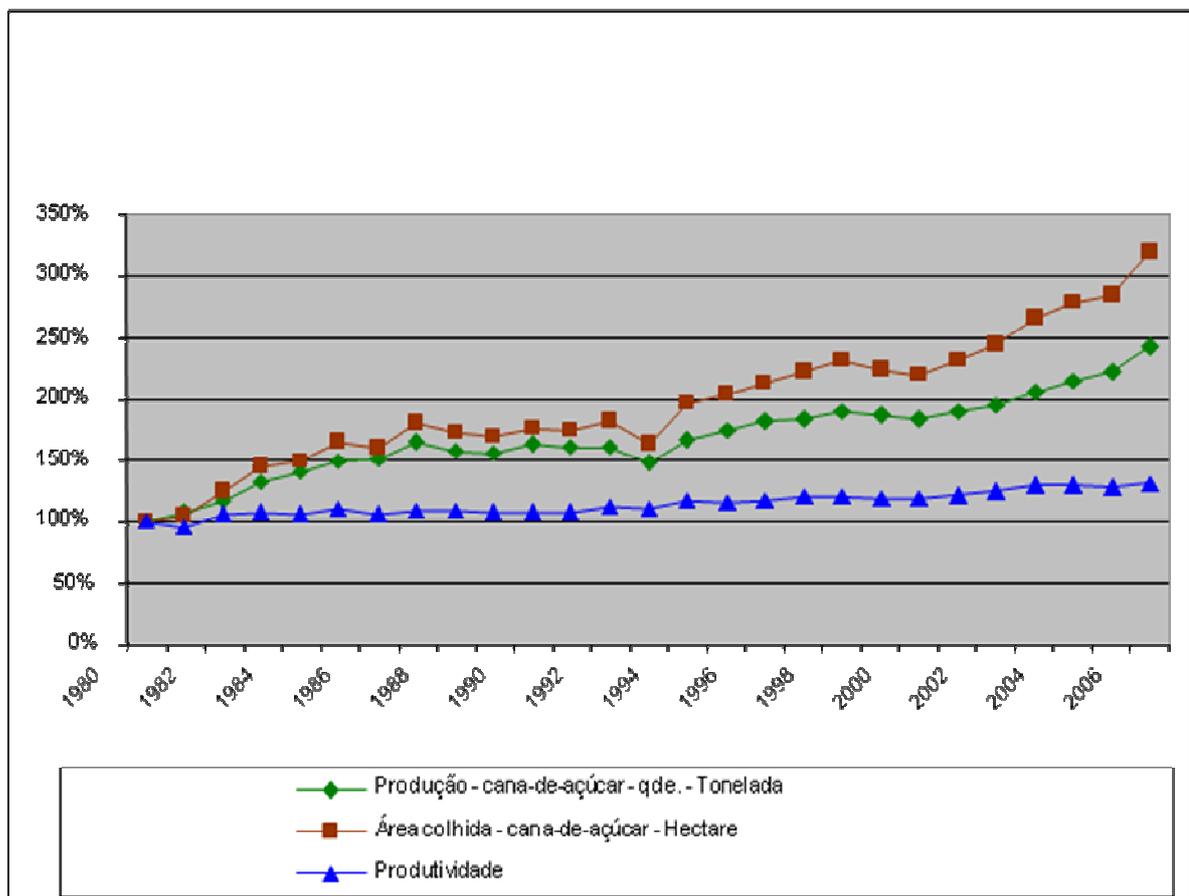


Figura 2 - Evolução Brasileira da área colhida, produção e produtividade da cana-de-açúcar, Brasil, 1980-2007 (1980=100)

Fonte: Ipeadata, 2009

Entretanto, não se deve desprezar a expansão desta produtividade, uma vez que este é reflexo direto dos avanços tecnológicos ocorridos, tanto na indústria como na lavoura, desde o uso da colheita mecanizada às técnicas de plantio e controle modernos de pragas agrícolas. Na

observação dos dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, na Figura 2, o crescimento da produtividade média de cana-de-açúcar por hectare no Brasil de 1980, onde possuía uma quantidade média de cana-de-açúcar por hectare, inicialmente de aproximadamente 57,01 t/ha, evoluindo e atingindo em 2006 o patamar de 75,12 t/ha, um aumento de 18,11t/ha em vinte e seis anos, mostrando que apesar do país se firmar como grande produtor mundial precisa investir também em mais tecnologia para o setor agrícola.

Desta forma, com um crescimento anual de 6,6% ao ano, as lavouras de cana-de-açúcar, como demonstrado acima, ganharam em produtividade apenas 18,11 toneladas a mais por hectare, ganho por hectare de aproximadamente 31,76% em produtividade num período de 26 anos, que só é possível, se somente houver investimentos em tecnologias no campo, como o plantio e a colheita mecanizada, com o uso das técnicas de georeferenciamento remoto por satélite com uso de GPS, o que identifica os locais com maior ou menor produtividade de cana, inserindo respectivamente uma menor ou maior quantidade de adubo necessário para o melhor desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Na Tabela 2, apresentam-se os dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, sendo o Brasil o maior produtor mundial da cana-de-açúcar, em parte provocado pelo crescimento do setor industrial que faz investimentos em máquinas, equipamentos e logística, o que conseqüentemente aumenta a capacidade e competitividade da indústria influenciando as decisões de plantio e expansão do setor no campo. No entanto, se observa que o Brasil tem um longo caminho a percorrer em produtividade agrícola da cana-de-açúcar, já que este é o quinto dentre os maiores produtores deste cultivo, perdendo para países como a Colômbia, Austrália, China e México, ultrapassando países como EUA, Indonésia, Índia, Filipinas, Tailândia e Paquistão, respectivamente.

Tabela 2 - Ranking dos Países por Produção e Rendimento de Cana-de-açúcar, 2007

Ranking	País	Rendimento (t/ha)	Produção (t)
1	Colômbia	92,86	39.000.000
2	Austrália	91,97	38.169.000
3	China	82,64	100.435.041
4	México	74,53	50.675.820
5	Brasil	74,42	457.245.516
6	Estados Unidos	73,50	27.033.200
7	Indonésia	72,00	25.200.000
8	Índia	66,93	281.171.800
9	Filipinas	62,06	24.345.106
10	Tailândia	49,37	47.658.097
11	Paquistão	49,23	44.665.500

Fonte: Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, 2009

Já a posição de primeiro colocado no ranking mundial na produção de cana-de-açúcar, como mostra a Tabela 3, ocorre para se atender à demanda por matéria prima para a indústria canavieira, isso porque no Brasil, de acordo com a Conab em 2007, existiam mais 343 unidades em funcionamento, produtoras de açúcar, álcool e de produção mista (açúcar e álcool) em todo país. É importante salientar que nesta conta não estão relacionadas as usinas não visitadas pelo órgão e em processo de implantação, bem como as de biodiesel.

Tabela 3 - Quantitativa de Usinas no Brasil Visitadas em 2007

Estado e Região	Número das usinas mistas de açúcar e álcool	Número de unidades de produção de álcool	Número de usinas de açúcar	Total de unidades de produção
São Paulo	115	32	6	153
Paraná	19	10	0	29
Minas Gerais	17	13	1	31
Mato Grosso do Sul	7	4	0	11
Goiás	8	10	0	18
Mato Grosso	5	5	0	10
Rio de Janeiro	3	2	0	5
Espírito Santo	2	5	0	7
Centro-Sul	176	81	7	264
Alagoas	22	-	2	24
Pernambuco	16	3	5	24
Paraíba	3	5	0	8
Rio Grande do Norte	2	1	0	3
Bahia	2	2	0	4
Maranhão	1	5	0	6
Piauí	1	0	0	1
Sergipe	1	3	0	4
Ceará	0	3	0	3
Amazonas	1	0	0	1
Tocantins	0	1	0	1
Norte-Nordeste	49	23	7	79
Brasil	225	104	14	343

Fonte e Elaboração: Conab, 2008.

Corroborando com a Tabela 3, a Figura 3, a seguir, ilustra os locais onde há usinas instaladas do setor canavieiro brasileiro. No mapa estão realçadas as regiões com a maior concentração de usinas em produção, nota-se que as maiores aglomerações localizam-se nas zonas litorâneas da Região Nordeste e Região Sudeste. Ressalta-se que nesta figura aparecem instalações de usinas em Goiás e Mato Grosso, indicando a expansão do setor canavieiro em direção ao Centro-Norte do país.

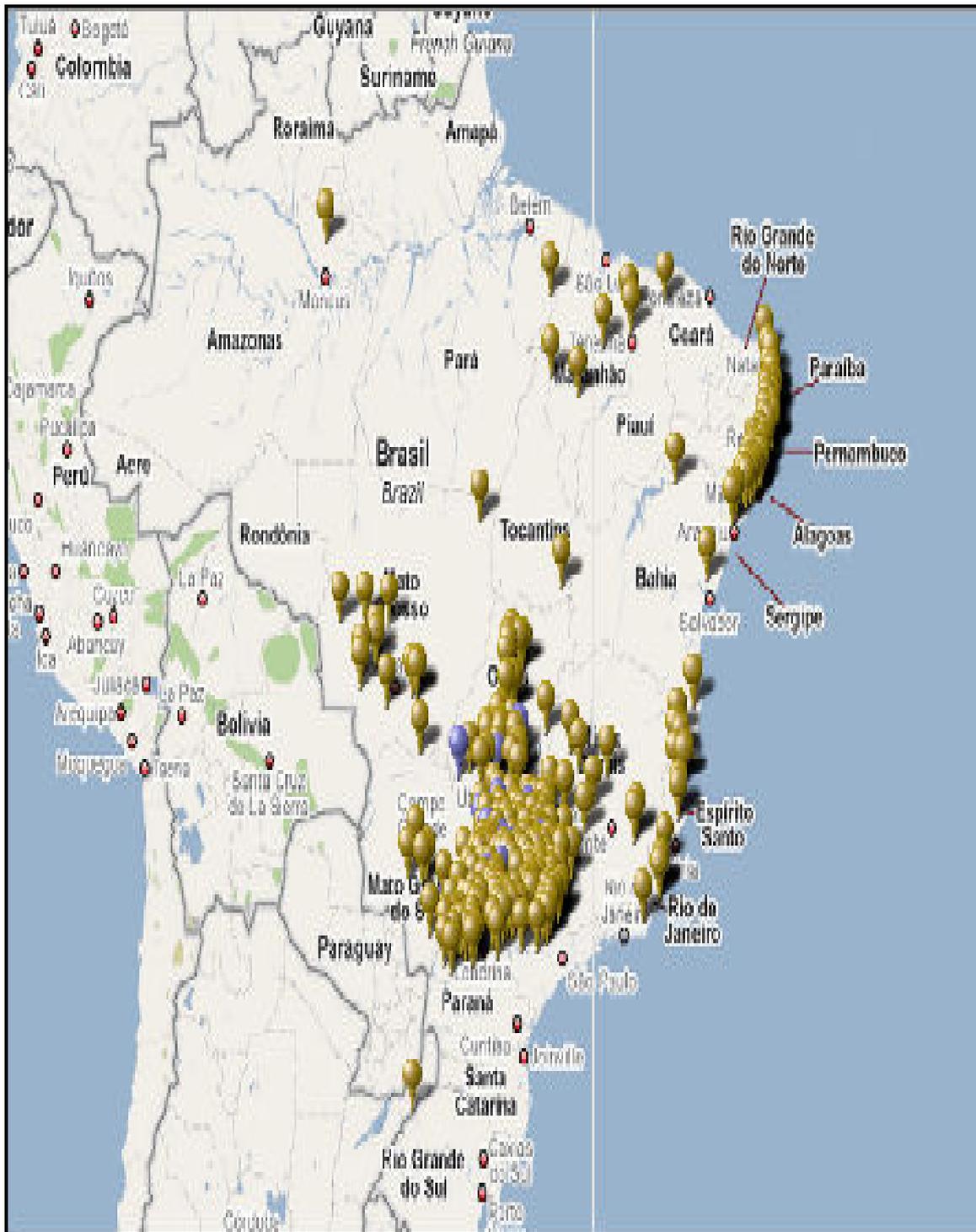


Figura 3 - Usinas do Setor Canavieiro em funcionamento no Brasil 2009
 Fonte: Conab 2009

Este grande número de usinas em produção no país tem implicação direta em outro aspecto econômico regional, e muito importante para os municípios onde há lavouras de cana-de-açúcar em produção, que é na geração de empregos diretos e indiretos nas lavouras do setor canavieiro. Entretanto, com a mecanização da colheita na Região Sudeste, onde se

encontra a maior parte da produção nacional de cana-de-açúcar, veio a provocar uma mudança no tipo de emprego gerado no setor. Pois, a mecanização da colheita, exige mão-de-obra especializada para operar as novas tecnologias, destruindo os postos de trabalho no corte manual da cana. Segundo Ustulin e Severo (2009), a diminuição dos empregos diretos nas lavouras seria substancial com a utilização da colheitadeira mecânica.

Não há comparação possível entre o desempenho da colheita mecanizada e os resultados obtidos com a colheita manual. Um trabalhador braçal colhe 6,0 toneladas de cana, em média, por dia, enquanto a produtividade de uma máquina de colher cana pode chegar a 600 toneladas/dia. Os números confirmam que a colhedora pode substituir 100 homens no campo. Trabalhos realizados pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (ESALQ) mostram que a mecanização diminuiria em 273.276 o número de empregos ligados diretamente à produção da cana, o que representa uma diminuição de 53% no total da mão-de-obra utilizada na cultura da cana-de-açúcar (USTULIN e SEVERO, 2009).

Tal impacto atingiria diretamente a mão-de-obra não especializada com baixo nível de escolaridade, o que teria como consequência direta a diminuição da renda global dos municípios, onde residem estes trabalhadores, em decorrência direta do desemprego gerado pela mecanização da lavoura. Ou seja, com a desregulamentação do setor canavieiro, e este para sobreviver neste novo ambiente institucional, precisou aumentar sua capacidade competitiva no mercado, tornando-se imperativo a busca pela minimização dos custos da produção, seja ela agrícola ou industrial, forçando a mecanização da lavoura em todas as suas fases desde o plantio à colheita.

2.3. Condições institucionais

No contexto institucional, a desregulamentação ocorrida na economia brasileira na última década do século XX atingiu o agronegócio brasileiro, imputando um novo padrão competitivo e produtivo para o setor agrícola como um todo. Essa situação não foi diferente para o setor canavieiro, que com maior ou menor intensidade, sempre foi protegido pelo Estado desde a época da colonização imperial portuguesa.

A cultura da cana-de-açúcar favorecida pelo Estado, desde a época do Brasil Colônia, se tornou extremamente enraizada no País, tendo na região Nordeste o maior desenvolvimento inicial, beneficiado, principalmente, pela incorporação extensiva de mais terra e mão-de-obra

ao sistema produtivo. Segundo Furtado apud Péricles apud Shikida (2002), no período de formação econômica do Brasil, a produção do açúcar apoiou seu crescimento no modelo extensivo “mediante a incorporação de terras e mão-de-obra, não implicando modificações estruturais que repercutissem nos custos de produção, portanto na produtividade”.

Já no século XX, entre 1978-89, período onde há uma forte intervenção estatal, a taxa de crescimento médio anual do açúcar exportado atingiu o patamar de 6,6% a.a. passando posteriormente por uma queda no período, entre 1990 e 1992, onde a taxa de crescimento médio anual do açúcar foi de 1,8%, ensaiando uma recuperação num período subsequente, compreendido entre 1990 1994, sendo este o período de desregulamentação da economia brasileira (BAYER, 2002).

Estes números também podem ser convalidados ao se observar as mudanças nas taxas de crescimento das lavouras de cana-de-açúcar, no período de 1980 a 2006, quanto à produção, área colhida e produtividade por hectare. Estes períodos devem ser analisados em três momentos diferentes, sendo o primeiro sob a ótica da intervenção do Estado em 1980, o segundo durante o processo de desregulamentação ocorrido em 1990, e o terceiro o período de pós-desregulamentação, já em 2000, do setor canavieiro, como mostra a Tabela 4.

Os resultados das taxas de evolução existentes nestes três períodos mostram uma expansão na década de 1980, como posterior desaceleração na década de 1990 e uma recuperação do setor a partir do ano 2000.

Estes resultados coincidem com o início do processo de abertura econômica promovido pelo governo federal e a subsequente desregulamentação da economia brasileira, ocorrida justamente nas últimas décadas do século XX. Neste contexto, têm-se a extinção de entidades intervencionistas como o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), implantado em 1933 e a transferência das atividades do Proálcool para o setor privado.

Estes fatos tiveram como consequência direta, desde a liberalização da comercialização, a transferência também de parte das pesquisas e desenvolvimento para grupos privados do setor canavieiro, obrigando desta forma o surgimento de uma nova dinâmica política institucional e agrícola-industrial.

Tabela 4 - Taxas de Evolução da Cana-de-açúcar de 1980 a 2006

Período	Área colhida	Crescimento Taxa	Produção Cana-de-açúcar – toneladas(t)	Crescimento Taxa	Produtividade	Crescimento Taxa
1980	2.607.628,00	4,56	148.650.563,00	5,44	57,01	0,84
1989	4.075.839,00		252.642.623,00		61,99	
1990	4.272.602,00	1,37	262.674.150,00	2,42	61,48	1,03
1999	4.898.844,00		333.847.720,00		68,15	
2000	4.804.511,00	4,07	326.121.011,00	5,59	67,88	1,45
2006	6.355.498,00		477.410.655,00		75,12	

Fonte: Elaboração Própria, Dados IPEA 2009.

Os dados na Tabela 4, acima, mostram as taxas de crescimento da área colhida, produção e produtividade nas décadas de 80 e 90, e entre 2000 e 2006.

Na década de 80, observam-se valores de 4,56%, 5,44% e 0,84%, respectivamente, para área colhida, produção e produtividade. Neste período, o setor se encontra numa década com forte política intervencionista do Estado, porém, com a desregulamentação na década de

90, as mesmas taxas apresentam mudanças consideráveis, sofrendo uma queda nos valores, passando para 1,37% para área colhida, 2,42% para produção e um aumento para 1,03% da produtividade. Para em seguida, com a década que se inicia com o ano 2000, começar uma recuperação, principalmente, com o aumento da produtividade.

De um modo geral, os resultados da Tabela 4, refletem o ajuste pelo qual passa o setor canavieiro, provocado pelo novo ambiente institucional que se implanta no Brasil a partir da década de 1990.

Como exemplo pode-se citar Péricles apud Shikida (2002, p.270), pois, segundo este, o que aconteceu com o setor canavieiro alagoano é um reflexo desta nova configuração. Durante muito tempo Alagoas foi o maior produtor de açúcar e álcool do país, entretanto, com a desregulamentação, este passa a se mover em um novo ambiente institucional, no qual o setor canavieiro alagoano se via endividado e sem competitividade industrial e agrícola para competir com o setor canavieiro do Centro-Sul, mais moderno e competitivo, resultando, desta forma, num processo de reestruturação ao setor, ocasionando o fechamento de unidades produtoras e a concentração da produção em um menor grupo de usinas.

É importante salientar que este movimento ocorreu em todo o país atingindo todo o setor canavieiro, e começa com a ascensão da crise financeira pela qual passa o Estado Brasileiro no fim do século XX. Para Barros (2002), foi uma conjunção de fatores que reúnem fatos e ações que vão desde a liberalização econômica promovida pelo governo Collor à crise fiscal pela qual passa o Estado Brasileiro, que tende a se afastar gradativamente do controle da economia, convergindo com o novo ambiente político institucional que prima pela democracia e livre mercado. Com o cenário de afastamento gradativo do Estado, e defendido, também, pelo próprio Congresso Nacional da época, onde vários setores produtivos, inclusive o canavieiro, adquirem mais independência, estes se fortalecem cada vez mais e passam a exigir do estado novas normas legalmente constituídas e claras para atuação melhor destas empresas na economia, uma vez que as mesmas passariam a viver cada vez sob as normas da livre concorrência de mercado. Por conseguinte, esta nova situação institucional vem favorecer e consolidar cada vez mais as indústrias do setor canavieiro das regiões do Centro-Sul e Sudeste do País, por meio da expansão das lavouras de área colhida de cana-de-açúcar como mostram os mapas das Figuras 4 e 5 abaixo:

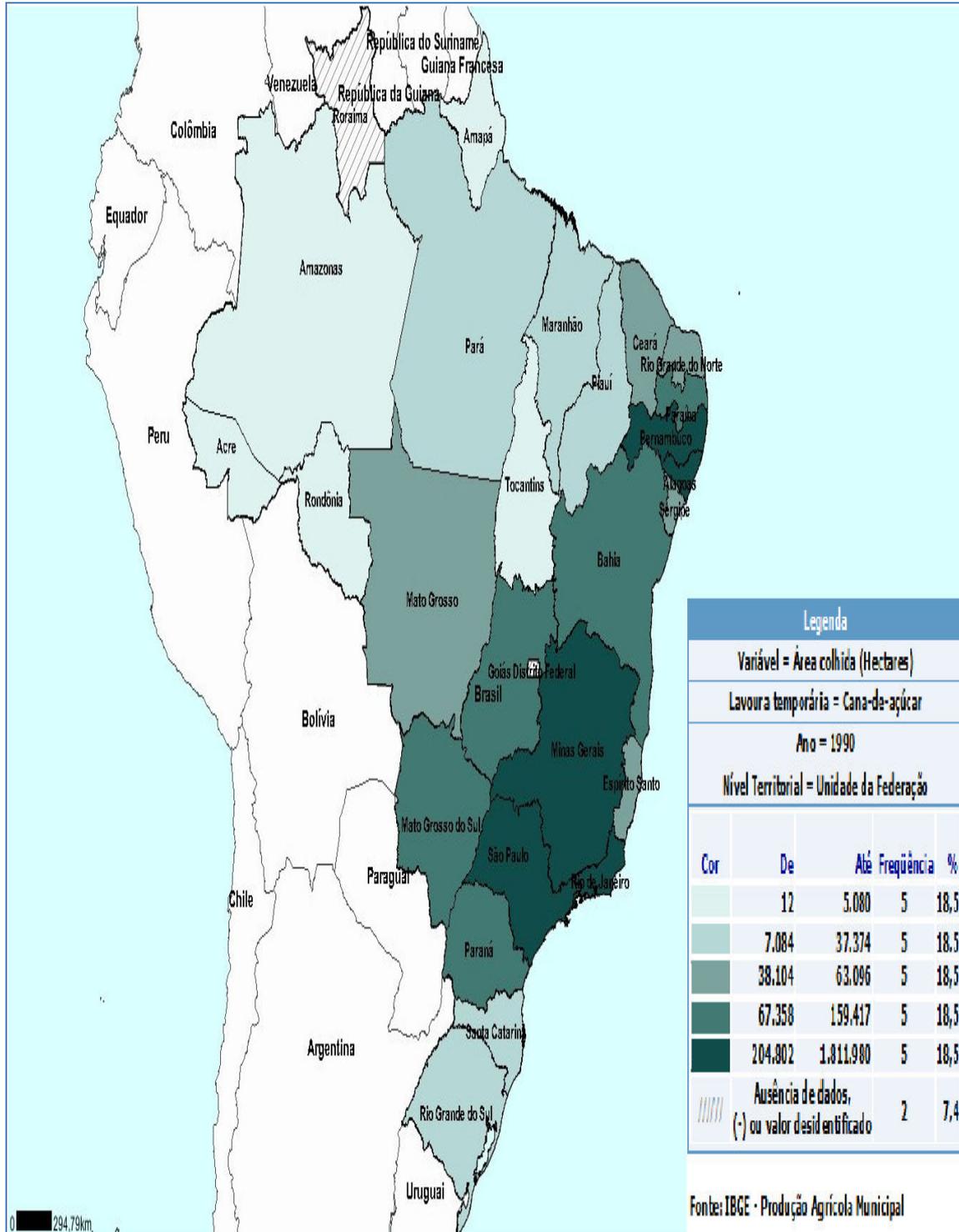


Figura 4 - Área colhida de cana-de-açúcar no Brasil em 1990.

Fonte: IBGE, 2008.

Com observação do mapa na Figura 4, nota-se que em 1990, o Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, na Região Sudeste, possuíam as maiores áreas colhidas de cana-de-açúcar, sendo o estado de São Paulo o maior produtor do país. No Nordeste, os estados responsáveis pela produção de cana-de-açúcar que merecem destaque, são Alagoas e

Pernambuco, os quais possuíam, em conjunto, as maiores áreas colhidas no nordeste do país sendo o primeiro estado o maior produtor de açúcar e álcool da região nordeste.

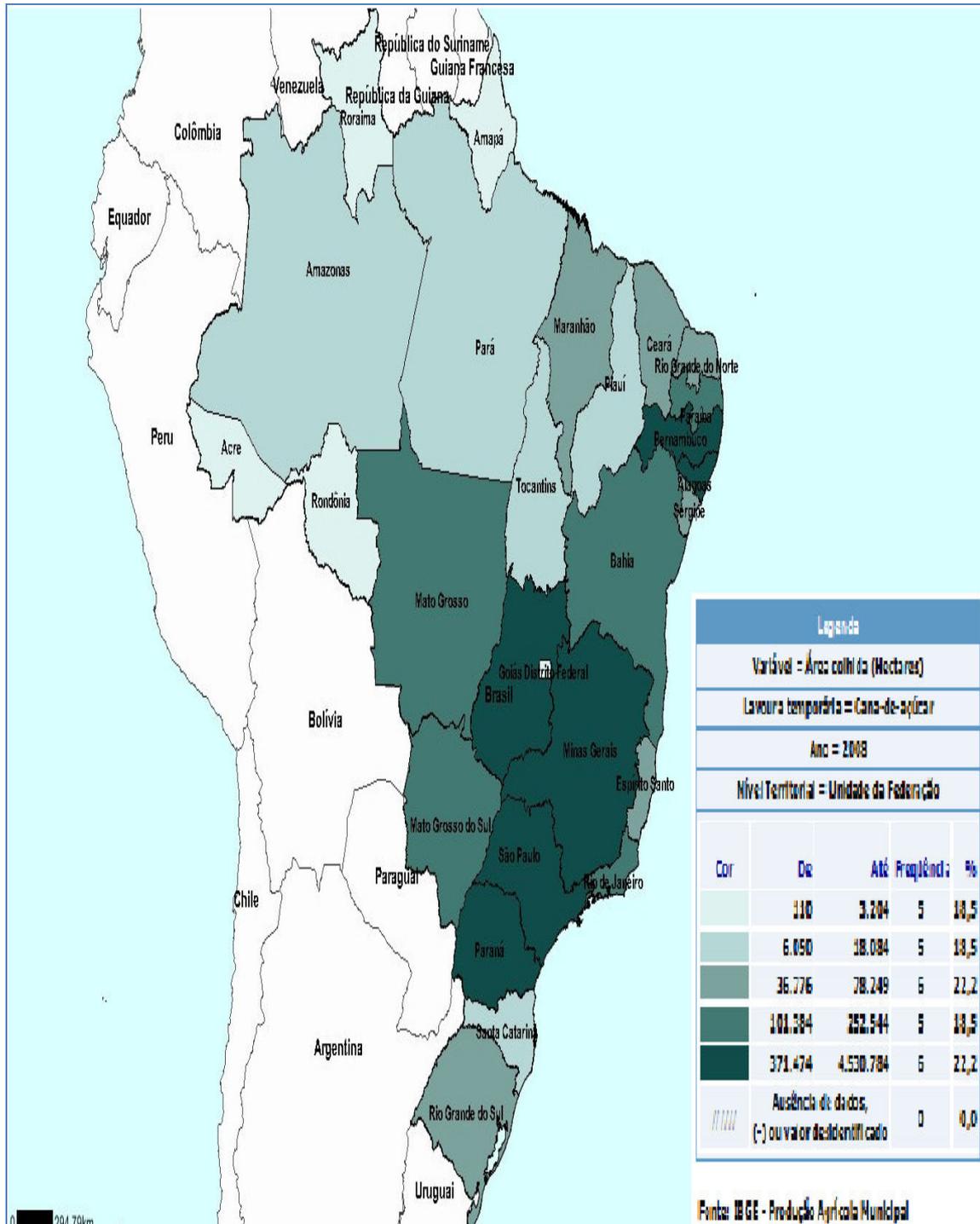


Figura 5 - Área colhida de cana-de-açúcar no Brasil em 2008

Fonte: IBGE, 2008

No Comparativo do primeiro mapa de 1990 com o segundo mapa de 2008, se observa a expansão das lavouras de cana-de-açúcar, no que concerne ao aumento da área colhida, sendo que as maiores ocupações estão na região Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, com

ênfase para os estados de Goiás na região Centro-Oeste e Paraná na região Sul. Contudo, a expansão das lavouras de cana-de-açúcar ocorre não somente por estímulos institucionais, mas também impulsionada pelo surgimento de novas tecnologias, como o ocorrido na indústria automobilística com o surgimento do carro flex. Esta situação decorre muitas vezes da sensibilidade do setor automobilístico para com o mercado consumidor, que oriundo de uma nova visão sistêmica e organizacional, vem percebendo os estímulos de mercado e das políticas governamentais. Alguns destes estímulos são imputados como acontecem com as normas de obrigatoriedade do uso do etanol como combustível e/ou aditivo à gasolina, bem como os incentivos dados, com o surgimento do carro flex, o que vêm estimular a demanda para o consumo do álcool carburante. Esta nova tecnologia veio permitir ao consumidor a escolha do tipo de combustível a ser utilizado no tanque do carro, influenciando diretamente na demanda de mercado consumidor e oferta do etanol por parte das usinas. A Figura 6 mostra o gráfico da expansão de cana na região Centro-Sul e o número de veículos flex licenciados no Brasil.

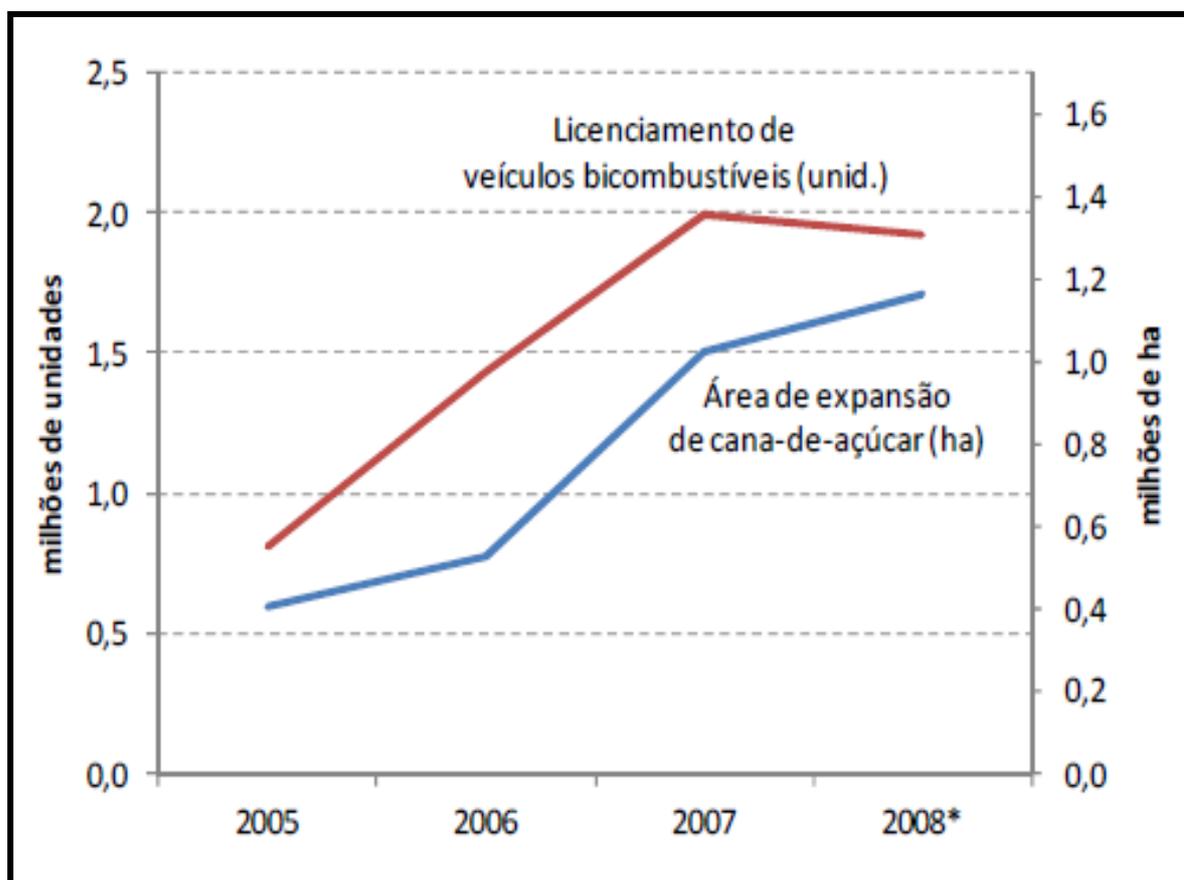


Figura 6 - Área de expansão de cana-de-açúcar na região Centro-Sul e número de veículos bicombustíveis licenciados no Brasil entre os anos 2005 e 2008.

Fonte: Extraída do artigo Análise da expansão da área cultivada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: safras 2005/2006 a 2008/2009. Vendas de veículos no mercado interno até setembro de 2008 (ANFAVEA, 2008).

Esta tecnologia, somada à desregulamentação do setor, em nível nacional, consolidou a hegemonia dos grupos ligados ao setor canavieiro da região Sudeste e possibilitou a expansão e consolidação de novos grupos nas regiões Centro-Oeste e Sul, como Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná.

Segundo Silva *et al.* (2009, p.473), “A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar segue o crescimento do número de veículos licenciados, sendo que o maior crescimento se deu entre as safras 2006/2007 e 2008/2009”. Para este, fica evidente que a expansão das lavouras de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil é influenciada diretamente pela demanda de seus derivados, incluindo nestes a demanda por etanol dos carros flex.

O capítulo três, a seguir, traz as considerações metodológicas para a escolha das variáveis adotadas para os modelos econométricos. Logo, explica o método que permite justificar a escolha das variáveis por absorver as orientações dos Complexos Agroindustriais, seguindo para as explicações sobre o método de Análise Fatorial, que permite a redução do número de variáveis independentes, e da Regressão Múltipla que ilustra a relevância do modelo adotado no que concerne à influência das variáveis sobre a expansão do setor canavieiro.

3 – CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS SOBRE A ANÁLISE FATORIAL PELOS COMPONENTES PRINCIPAIS E REGRESSÃO MÚLTIPLA (SÉRIES TEMPORAIS)

Para este estudo, as informações sobre o setor canavieiro de Goiás e Tocantins foram obtidas de instituições que desenvolvem estudos e pesquisa como a União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA), Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), DATAGRO, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Entretanto, para compreender a expansão do setor canavieiro, foco deste estudo, é necessário compreender o encadeamento da produção agroindustrial da cana-de-açúcar como um todo, partindo das lavouras, onde ocorre a produção de sua principal matéria prima (cana-de-açúcar), o beneficiamento desta, a subsequente produção do álcool e açúcar, para desta forma extrair as variáveis para análise e justificativas. Destarte, para a análise em questão, os embasamentos teóricos metodológicos estão ligados diretamente aos estudos do agronegócio, e neste sentido, se observa que as políticas governamentais podem influenciar todo setor, sejam elas, direcionadas ao campo, indústrias ou o mercado consumidor, tendo neste último a capacidade de gerar estímulos de demanda que ao serem percebidas pelas indústrias, possibilitam a tomada de decisões que direcionam a cana-de-açúcar, tanto para produção de álcool ou açúcar, atendendo desta forma ao mercado consumidor.

Portanto, as bases conceituais utilizadas para extrair as variáveis aqui empregadas fundamentam-se nas idéias da Commodity System Approach (CSA), inicialmente desenvolvidas por Goldberg apud Batalha (1997) que em 1968, aplica pela primeira vez para o estudo do sistema de produção da laranja, trigo e soja nos EUA, sendo importante por seu aparato teórico, uma vez que o CSA considera a matéria prima agrícola como ponto de partida para análise. Servindo desta forma para este estudo, por ser aplicável à cana-de-açúcar, matéria prima básica do setor canavieiro, permitindo uma análise do encadeamento à jusante da produção passando por todo Complexo Agroindustrial até a chegada do produto ao consumidor final.

Portanto, segundo Batalha (1997), o Complexo Agroindustrial (CAI) por possuir como ponto de partida a matéria-prima, base da produção, serve para análise do complexo da soja, do complexo do leite e neste caso para o complexo da cana-de-açúcar dentre outros. O mesmo autor considera também que a definição de Complexo Agroindustrial se aproxima muito de

Commodity System Approach (CSA), prontamente a análise aqui realizada considera Complexo Agroindustrial (CAI) como sinônimo de *Commodity System Approach* (CSA).

Assim sendo, o complexo agroindustrial da cana-de-açúcar, como descrito na Figura 7, é um exemplo do esquema que envolve um encadeamento de produção no setor canavieiro, lembrando que as indústrias sucroalcooleiras (Açúcar, Álcool ou mistas) destinam sua produção tanto para distribuidores de alimentos como combustíveis, bem como para indústrias de alimentos e bebidas.

Na amplitude de um Complexo Agroindustrial é observada: “[...] a visão ampla de complexo agroindustrial (CAI) é a soma dos segmentos a montante (indústria de bens de produção e de insumos básicos para a agricultura) e a jusante (indústria processadora de alimentos e matérias primas), ao consumidor” (PADILHA, 2008, p.59).

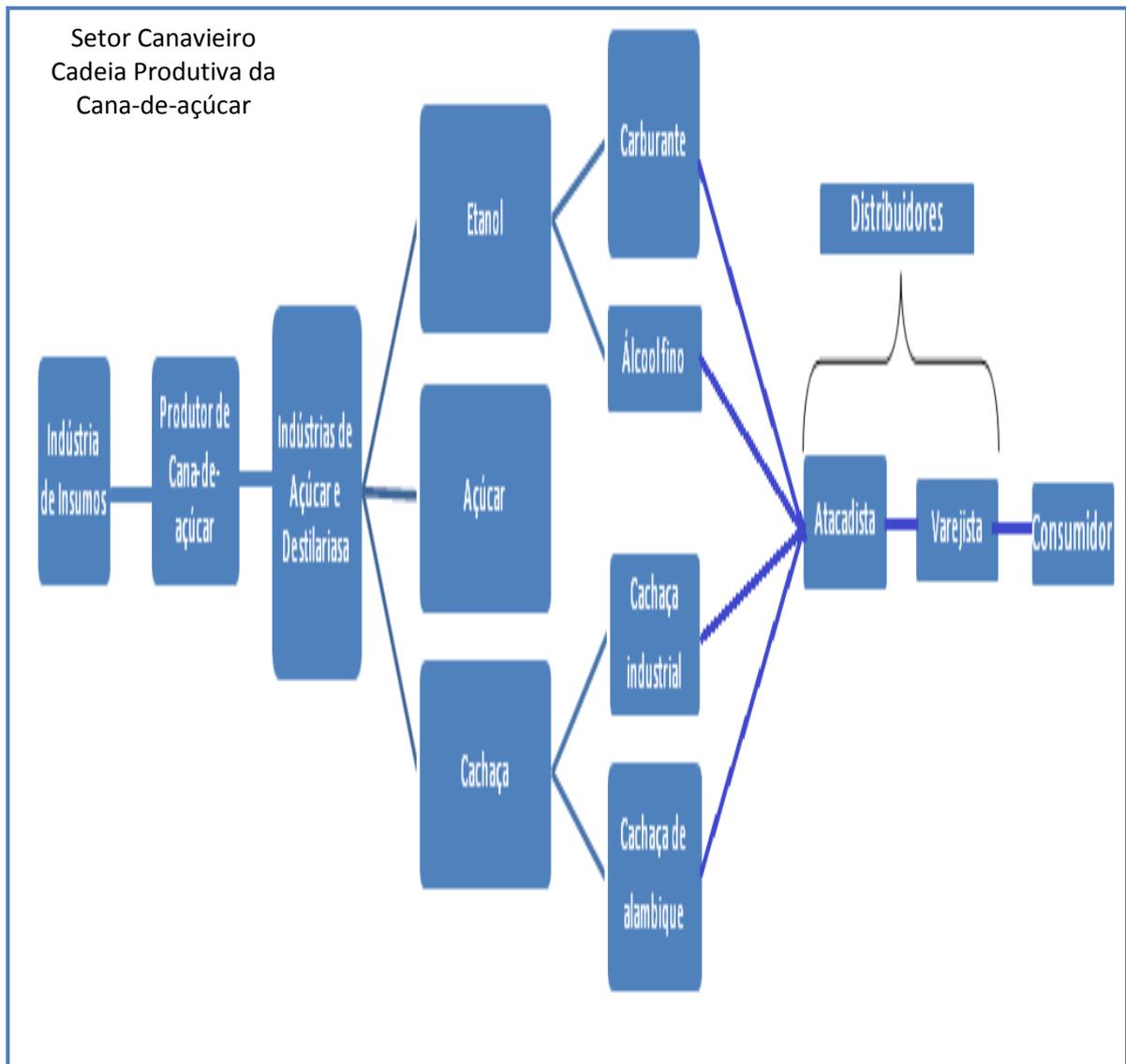


Figura 7 - Representação do Complexo Agroindustrial
Fonte: Elaboração Própria

Logo, dentre os indicadores escolhidos para análise estão:

- Variável dependente: Área Colhida de Cana/ha;
- VI-1: Indicador de Comercial;
- VI-2: Percentual de cana destinada ao Açúcar;
- VI-3: Produtividade Industrial do Álcool m^3/t ;
- VI-4. Produtividade Industrial do Açúcar t/t ;
- VI-5: VA Dummy Extinção do IAA;
- VI-6: Quantidade de Veículos Álcool & flex.

As variáveis independentes (VI) e variável dependente (VD) acima, se referem ao Estado de Goiás, com exceção de duas variáveis independentes, as quantidades de carros a álcool e flex licenciados no centro-sul e a extinção do IAA adotada como uma variável dummy, no caso da primeira, engloba o centro-sul e no caso da segunda, todo o setor canavieiro.

Estas informações, por sua vez, servem de base para uma análise econométrica que procura explicar os fatores que influenciaram a expansão da atividade canavieira no estado de Goiás. Segundo Fávero (2009), o método de análise fatorial pelos componentes principais pode ser usado com outras técnicas, unindo dois modelos distintos, ou seja, neste estudo a análise fatorial que transforma um número de variáveis maiores em um número menor, para em seguida ser usada na análise de regressão múltipla. Entretanto é importante observar que as variáveis após a transformação nos escores que serão aplicados na regressão não podem perder seu poder de explicação, para desta manter a capacidade explicação do modelo para análise de todo do setor canavieiro em Goiás.

3.1. Observações sobre análise fatorial

O uso da análise fatorial pelos componentes principais como explicado acima, busca reduzir as variáveis estudadas em um número menor de fatores comuns que trazem internamente, as características das variáveis estudadas inicialmente, o que facilita o estudo destes fatores em uma análise de regressão. Portanto, a análise pelos componentes principais inicialmente está fundamentada no artigo de Hotelling de 1933 e tem como objetivo principal a explicação da estrutura da variância e covariância de um vetor aleatório pela realização de combinações lineares das variáveis originais, e composto por variáveis aleatórias (MINGOTI, 2005).

Para Hair *et al.* (2005), ao reduzir o número de variáveis, é necessário que se tenha um número mínimo de variáveis por fator. Para isso ocorrer, a análise fatorial busca os padrões entre grupos de variáveis, sendo desta forma de pouca utilidade fatores compostos por uma única variável, sendo necessário primar pelo tamanho mínimo da amostra. Tendo como regra geral, o mínimo de cinco vezes mais observações do que o número de variáveis a serem analisadas, sendo o ideal a relação de dez para um.

Entretanto, deve-se observar também que para a análise fatorial pelos componentes principais reduzir as variáveis originais em novas variáveis chamadas de escores com segurança, é necessário um número mínimo de pelo menos cem observações, de maneira que as novas variáveis tragam embutidas as características das informações das variáveis originais.

Logo, a extração dos componentes principais pela análise fatorial passa pelas seguintes etapas:

- Teste de normalidade, devido ao número de observações individuais serem menores que 30, o teste aqui utilizado é o de Shapiro-Wilk para identificar a distribuição normal das variáveis;
- Análise fatorial pelos componentes principais com estatísticas, da matriz de correlação com os coeficientes, os níveis de significância, determinante da matriz, teste de esfericidade (KMO), matriz de anti-imagem e comunalidades;

- Análise da matriz de correlação, que permite a extração dos autovalores com o máximo de 25 interações convergentes para extração dos fatores;
- Rotação varimax, que tem o objetivo de maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal para minimizar o número de variáveis que cada agrupamento terá;
- Escores dos fatores, estes são utilizados para construir os fatores comuns a serem usados na análise de regressão múltipla no período de 1981 a 2008.

Observa-se que o método de Análise Fatorial pelos Componentes Principais, é uma técnica multivariada de interdependência que tem por finalidade agrupar relações existentes entre um grupo de variáveis inter-relacionadas, identificando fatores comuns entre si. Em resumo, procura-se com este método reduzir um número maior de variáveis inter-relacionadas, em grupos menores de variáveis que são os fatores comuns, que trazem peculiaridades conjuntas das variáveis originais.

Historicamente a técnica de análise dos componentes principais, foi utilizada primeiramente em 1901 por Karl Pearson e fundamentada no artigo de Hotelling de 1933 (MINGOTI, 2005).

Segundo Mingoti (2005, p.59) “Seu objetivo principal é o de explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto por p-variáveis aleatórias, através da construção de combinação linear das variáveis originais”.

Hoffmann (2002) define a análise fatorial como um conjunto de métodos estatísticos que permite, em certas situações, “explicar o comportamento de um número relativamente grande de variáveis observadas em termos de um número relativamente pequeno de variáveis latentes ou fatores”. Admite-se que essa relação entre variáveis observadas e fatores é linear.

Segundo Cascalho (2000), a análise fatorial, como método multivariado, permite estudar as alterações das propriedades de um objeto caracterizado por uma multiplicidade de variáveis.

Conforme Gontijo e Aguirre (1988), a análise fatorial é adequada para realizar a sumarização de variáveis, reduzindo as informações de um grande número de variáveis em um conjunto, significativamente menor, de novas variáveis. Essa técnica é particularmente recomendada quando as variáveis não são independentes, podendo ocorrer elevado grau de correlação entre si. Nesse caso, as variáveis estreitamente correlacionadas podem ser

agrupadas, formando conjuntos de variáveis que permitam, posteriormente, uma “caracterização mais simples da realidade”.

Os autores argumentam que o objetivo da análise fatorial é agrupar, através de um processo de transformação linear de variáveis, os dados empíricos não ordenados das variáveis em estudo. Isso deve ocorrer de maneira que seja obtido um menor número de variáveis que contenha toda a informação original, resumida em fatores que evidenciem um padrão separado de relações entre as variáveis e que possam ser interpretados logicamente.

Gontijo e Aguirre (1988) concluem que a análise fatorial é uma tentativa estatística, de se determinarem relações quantitativas entre variáveis devidas a fatores condicionantes separados ou causais gerais, onde cada relação, expressa por coeficientes ou percentagens, indica a influência de um fator geral qualquer nas variâncias das variáveis estudadas. Esse fator, comum a todas as variáveis que evidenciam um padrão de relações específico, permite a seleção das relações mais importantes e ajuda a interpretar as relações que surgem de cada fator separado. Porém, alertam os autores, como cada escolha e interpretação são, em maior ou menor grau, subjetivas, critica-se a análise fatorial pelo fato de que não se pode assegurar que as relações estabelecidas sejam as únicas verdadeiras. Isso, contudo, não diminui sua importância no estudo das relações mútuas entre as variáveis analisadas.

Johnson & Wichern (1992) afirmam que o propósito essencial da análise fatorial é descrever, se possível, as relações de covariância entre muitas variáveis em termos de implícitas, mas não observáveis pequenas quantidades de acasos chamadas fatores. Basicamente, o modelo fatorial supõe que variáveis possam ser agrupadas por suas correlações, isto é, todas as variáveis dentro de um grupo particular são altamente correlacionadas entre si, mas têm relativamente pouca correlação com variáveis de outros grupos. Concebe-se, pois, que cada grupo de variáveis representa um fator particular implícito que é responsável pela correlação observada.

Rencher (1995) assinala que o objetivo da análise fatorial é caracterizar a redundância entre as variáveis através de um pequeno número de fatores. Supondo que haja um padrão de altas e baixas correlações em uma matriz de correlações de modo que as variáveis em um subconjunto particular tenham alta correlação entre elas, mas baixa correlação com todas as demais, pode haver um simples fator implícito que dê altura às variáveis no subconjunto. Se outras variáveis puderem ser agrupadas em subconjuntos com padrões semelhantes de correlações, então alguns poucos fatores podem representar esses grupos. Assim, o padrão na matriz de correlações pode corresponder diretamente aos fatores.

Em outras palavras, Sharma (1996) argumenta que, a partir de uma matriz de correlações, uma alta correlação indica que essas variáveis podem ser agrupadas em conjuntos homogêneos, dado que cada conjunto mede os mesmos fatores implícitos ou dimensões. Por outro lado, baixas correlações indicam que as variáveis não têm muito em comum ou são grupos heterogêneos. Diante disso, pode-se ver a análise fatorial como uma técnica que tenta identificar grupos ou agrupamentos de variáveis em que as variáveis em cada grupo são indicadoras de um fator comum.

Segundo Hoffmann (2002), a análise fatorial pode ser encarada como uma técnica estatística exploratória destinada a “resumir” as informações contidas em um conjunto de variáveis em um conjunto de fatores, com o número de fatores sendo geralmente bem menor do que o número de variáveis observadas.

Rencher (1995) afirma que na análise fatorial tentam-se representar variáveis aleatórias originais através de combinações lineares chamadas fatores, sendo o número de fatores menor que o de variáveis aleatórias. Os fatores são variáveis latentes implícitas que geram as variáveis originais, mas que não podem ser medidas ou observadas.

Conforme Hoffmann (2002), admitindo-se L observações para n variáveis, tem-se no espaço L -dimensional das observações as n variáveis correspondendo a n vetores. Um grupo de variáveis fortemente correlacionadas entre si corresponde a um feixe de vetores, que pode ser detectado pela análise fatorial. Havendo um número substancial de variáveis formando um feixe, deverá ser obtido um fator altamente correlacionado com as variáveis que o constituem.

Nesse contexto e considerando-se que X_{ij} (com $i = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, L$) seja a j -ésima observação da i -ésima variável em um conjunto de L observações para n variáveis e, que $\bar{X}_i = \frac{1}{L} \sum_j X_{ij}$ seja a medida da i -ésima variável, pode-se transformar as variáveis de acordo com:

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{\sqrt{\sum_j (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}} \quad (1)$$

Após essa transformação tem-se $\sum x_{ij}^2 = 1$, isto é, no espaço L -dimensional das observações o vetor x_i , para cada variável, tem módulo igual a 1. Assim, todas as variáveis passam a ter a mesma variância.

A partir dessa transformação, pode-se obter a matriz $R_{n \times n}$ das correlações simples entre as variáveis dada por:

$$R = XX' \quad (2)$$

em que:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1L} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nL} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ \dots \\ x'_n \end{bmatrix} \text{ e } X' \text{ é a transposta de } X \quad (3)$$

No modelo de análise fatorial cada uma das n variáveis é uma combinação linear de m (com $m < n$) fatores comuns e de um fator específico. Para a i -ésima variável tem-se:

$$x_{ij} = a_{i1}f_{1j} + a_{i2}f_{2j} + \dots + a_{im}f_{mj} + u_i y_{ij} \quad (4)$$

$$\text{ou} \quad x_{ij} = \sum_{p=1}^m a_{ip} f_{pj} + u_i y_{ij} \quad (5)$$

em que f_{pj} representa o valor do p -ésimo fator comum para a j -ésima observação, a_{ip} (com $p = 1, \dots, m$) e u_i são coeficientes e y_{ij} representa o valor do i -ésimo fator específico para a j -ésima observação.

Pressupõe-se que os fatores específicos (y_i , com $i = 1, \dots, n$) são ortogonais (não-correlacionados) entre si. Pressupõe-se, também, que cada um dos fatores específicos é ortogonal com todos os m fatores comuns (f_p , com $p=1, \dots, m$).

De acordo com Hoffmann (2002), admitindo que todos os fatores fossem variáveis com média zero e que os respectivos vetores, no espaço L -dimensional das observações têm módulo igual a 1, tem-se

$$\sum_j f_{pj} = \sum_j y_{ij} = 0 \quad \text{e} \quad \sum_j f_{pj}^2 = \sum_j y_{ij}^2 = 1 \quad (6)$$

para $p = 1, \dots, m$ e $i = 1, \dots, n$

Em notação matricial, o modelo (4) torna-se

$$X = AF + UY \quad (7)$$

em que

X é a matriz $n \times L$ definida anteriormente, e

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1L} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mL} \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1L} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nL} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} u_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & u_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & u_n \end{bmatrix}$$

Consideradas as condições (6), juntamente com a ortogonalidade entre os n fatores específicos e entre os m fatores comuns, tem-se

$$YY' = I_n \quad \text{e} \quad FF' = I_m \quad (8)$$

A referida ortogonalidade permite que:

$$FY' = 0 \quad (9)$$

onde o segundo membro é uma matriz $m \times n$ de zeros.

Como $R = XX'$, de (7), (8) e (9) obtém-se

$$R = XX' = AA' + UU' \quad \text{ou} \quad R = AA' + UU' \quad (10)$$

Dada essa relação e considerando um elemento da diagonal de R , tem-se

$$1 = \sum_{j=1}^L x_{ij}^2 = \sum_{p=1}^m a_{ip}^2 + u_i^2 \quad (11)$$

Em que os termos do último membro dessa expressão fornecem as proporções da variância de x_i devidas a cada um dos fatores. A parte associada aos m fatores comuns denomina-se *comunalidade* da variável, sendo indicada por

$$h_i^2 = \sum_{p=1}^m a_{ip}^2 \quad (12)$$

A proporção da variância da i -ésima variável devida ao fator específico é igual a u_i^2 e denomina-se *especificidade* da variável.

De acordo com (11) tem-se

$$h_i^2 + u_i^2 = 1 \quad (13)$$

De (10), considerando um elemento exterior à diagonal de R , obtém-se

$$r(x_i, x_k) = \sum_{p=1}^m a_{ip} a_{kp} \quad (14)$$

Essa relação mostra que, de acordo com o modelo de análise fatorial, as correlações entre as variáveis x_i podem ser obtidas a partir da matriz A .

Multiplicando os dois membros de (4) por f_{pj} , somando em relação a j e observando que os fatores comuns (f_n) e os fatores específicos (y_i) são vetores ortogonais entre si com módulo igual a 1, tem-se

$$r(x_i, f_p) = a_{ip} \text{ que, em notação matricial, pode ser representado por}$$

$$XF' = A \quad (15)$$

verifica-se, pois, que a i -ésima linha da matriz A é constituída pelos coeficientes de correlação da i -ésima variável com cada um dos m fatores comuns. Essa matriz, segundo Hoffmann (2002) é denominada de estrutura dos fatores ou, simplesmente, estrutura. Os coeficientes a_{ip} que, no caso de fatores ortogonais, coincidem com os elementos da estrutura, são denominados cargas fatoriais.

Segundo Gontijo e Aguirre (1988), a análise fatorial baseia-se no conceito de comunalidade que reflete a parte da variância total de cada variável associada com a variância de outras variáveis. Ela procura decompor a variância total separando fatores comuns que intervêm em mais de uma variável (comunalidades), fatores específicos que intervêm em apenas uma variável (especificidades) e fatores de erro que se deve a fatores estranhos ou a erros de medição.

Os autores afirmam que a questão central é a determinação da matriz fatorial reduzida (matriz de *factor loadings*), que revela as relações entre as variáveis normalizadas e os fatores comuns, distinguindo-os dos fatores específicos e de erro. O problema principal é decompor uma matriz de correlações R , cujos elementos da diagonal principal são as comunalidades das variáveis, a partir de uma matriz fatorial multiplicada por sua transposta.

Gontijo e Aguirre (1988) evidenciam que a base para a solução do modelo de análise fatorial é a determinação das comunalidades. Contudo, as comunalidades só são conhecidas após serem determinados os *factor loadings* que, por sua vez, são estimados a partir da determinação das comunalidades. Essa dificuldade circular exige solução iterativa para estimarem-se os valores necessários.

Outra questão básica, conforme Rencher (1995) é a real existência dos fatores. O modelo de análise fatorial é, frequentemente, usado sem o conhecimento prévio da presença de alguns fatores. Segundo o autor, muitas populações têm matrizes de covariância que não revelam um padrão comum a menos que o número de variáveis originais seja grande; caso contrário, o modelo não se ajusta aos dados dessas populações. Além disso, alguns procedimentos de amostragem também podem obscurecer um padrão em que o número de variáveis originais seja pequeno. Diante disso, mesmo que o pesquisador acredite na existência de fatores implícitos, torna-se difícil coletar dados que irão revelá-los. Em muitos casos, o problema básico é que a análise fatorial não consegue evidenciar e separar a estrutura e o erro em matrizes de covariância S , ou de correlações R .

Em casos em que os fatores encontrados fornecem um ajuste satisfatório aos dados, devem-se continuar as tentativas até que se possa estabelecer de maneira independente a

existência dos fatores. Se os mesmos fatores emergem em amostragens repetidas da mesma população, então se pode ter confiança de que a aplicação do modelo revelou fatores reais. Assim é boa prática repetir o experimento para checar a estabilidade dos fatores. Se o conjunto de dados é grande o bastante, ele pode ser dividido em metades e a análise fatorial pode ser aplicada a cada uma delas. As duas soluções podem ser comparadas entre si e com a solução para o total de dados.

Sharma (1996) afirma que o pesquisador pode alcançar uma interpretação mais significativa da estrutura, utilizando uma técnica de rotação dos fatores, ortogonal ou oblíqua. A diferença entre ambas é que na ortogonal, a mais popular, os fatores rotacionados são ortogonais entre si, enquanto na oblíqua não. Além disso, na ortogonal, a interpretação da estrutura de fatores é mais simplificada do que na oblíqua. Dentre os métodos, o VARIMAX é um dos mais populares. Nele, o objetivo é obter uma estrutura na qual cada variável tenha um alto valor de coeficiente em relação a um fator, e zero para os demais. Essa estrutura de fatores resultará em cada fator representando uma construção distinta.

Hoffmann (2002) argumenta que uma estrutura mais simples significa obter uma nova matriz $n \times m$ de coeficientes dos fatores, de maneira que os valores absolutos dos elementos de cada coluna dessa matriz se aproximem, na medida do possível de zero ou de 1. Isso facilita a interpretação dos fatores, pois cada um dos novos fatores, após a rotação, deverá apresentar correlação relativamente forte com uma ou mais variáveis e correlação relativamente fraca com as demais variáveis. Aspecto notável é que a rotação ortogonal não altera a comunalidade das variáveis. O autor também ressalta o VARIMAX como um critério bastante usado para obter a matriz de transformação ortogonal T .

Rencher (1995, p.481) assinala que possibilidade de rotacionar para aumentar a interpretabilidade dos dados é uma das vantagens da análise fatorial. Segundo ele, “a habilidade na rotação dos fatores é que dá à análise fatorial sua utilidade, senão seu charme”.

Do ponto de vista matemático, observa Gontijo e Aguirre (1988), a rotação dos fatores objetivos simplifica a interpretação dos resultados através da eliminação de alguns vetores intermediários de *loadings*. A rotina VARIMAX utiliza uma série de transformações ortogonais de pares de fatores para simplificar as colunas da matriz de *factor loadings*.

Malhotra (2001) observa que após a rotação e interpretação dos fatores, devem ser calculados os escores fatoriais. Cada variável possui, para cada fator encontrado, um escore fatorial que pode ser obtido na matriz de coeficientes de escores fatoriais. Nessa matriz de fatores, seleciona-se, para cada fator, a variável com maior carga sobre determinado fator, desde que sua carga fatorial seja claramente maior do que todas as outras. Essa variável pode

então ser usada como variável substituta para o fator ao qual está associada, em análises subsequentes. Caso duas ou mais variáveis tenham cargas igualmente altas, a escolha da variável deve basear-se em considerações teóricas e de medida.

De acordo com Malhotra (2001) o passo final consiste em determinar o ajuste do modelo. Considerando que a correlação observada entre as variáveis pode ser atribuída a fatores comuns, as correlações entre as variáveis podem ser deduzidas da matriz de correlação de entrada ou estimadas com base na matriz de fatores. Examina-se, então, a diferença entre ambas a fim de determinar o ajuste do modelo. Caso as diferenças, chamadas de resíduos, sejam grandes, o modelo fatorial não apresenta ajuste adequado aos dados e precisa ser reavaliado.

Análise Fatorial pelos Fatores Principais de acordo com Hoffmann (2002), dentre os diferentes métodos de análise fatorial, o dos fatores principais pode ser usado iterativamente. Obtida uma solução, calculam-se as comunalidades, cujos valores são inseridos na diagonal da matriz R para obter uma nova solução e, assim por diante, até que as alterações nos valores das comunalidades sejam consideradas desprezíveis.

No método dos fatores principais, os m fatores comuns correspondem às m maiores raízes características da matriz R^* , obtida a partir de R pela substituição dos elementos da diagonal por estimativas das comunalidades das n variáveis. Nesse caso, o limite inferior para o valor da comunalidade de x_i é dado pelo coeficiente de determinação da regressão de x_i contra as $n - 1$, variáveis restantes. Por outro lado, de acordo com (12), seu limite superior é igual a 1.

Conforme Sharma (1996), o processo iterativo ocorre como segue:

Passo 1. Assume-se, inicialmente, que as comunalidades sejam iguais a 1. Baseado no número de componentes (fatores) principais retidos, estimativas das estruturas e dos padrões de coeficientes são obtidas e utilizadas para estimar novamente as comunalidades;

Passo 2. A mudança máxima nas comunalidades estimadas é computada. Ela é definida como a diferença máxima entre as estimativas das comunalidades anteriores e novas, para cada variável;

Passo 3. Se a mudança máxima na comunalidade for maior do que o critério pré-determinado de convergência, então a matriz original de correlações é modificada pela

substituição da diagonal com as novas comunalidades estimadas. Uma nova análise sobre os componentes principais é feita nessa matriz modificada e o processo se repete a partir do passo 2, caso não haja a convergência esperada.

Os passos 2 e 3 são repetidos até que a mudança nas comunalidades estimadas seja menor do que o critério de convergência.

O método de fatores principais assume implicitamente que a variável é composta de uma parte comum e de uma parte específica, e a parte comum se deve à presença de fatores comuns. Os objetivos são estimar, primeiramente, as comunalidades e, então, identificar os fatores comuns responsáveis por elas e a correlação entre as variáveis. Isto é, assume um modelo de fator implícito.

3.2. Organização dos dados para uso na análise fatorial pelos componentes principais

A organização e uso dos dados na análise fatorial pelos componentes principais serve para determinar quais fatores influenciaram a expansão do setor canavieiro em Goiás, sendo selecionadas sete variáveis, das quais seis foram usadas diretamente na análise fatorial, dispostas no tempo de 1981 a 2008, perfazendo um total de 168 observações. Entretanto, é importante salientar que uma das maiores dificuldades na seleção das variáveis, se refere primeiramente à disponibilidade dos dados em instituições de pesquisa com confiabilidade, e em quantidades suficientes para análise.

Para tanto, três entidades forneceram a base de dados aqui analisadas. Primeiramente os dados publicados no site oficial de entidades como o IBGE e o IPEA, que forneceram os dados referentes à área colhida e quantidade produzida, e o DATAGRO que forneceu os dados referentes à moagem e quantidades produzidas de álcool e açúcar, todos no período de safras entre 1981 e 2008. Neste último caso, os dados fornecidos foram obtidos por contato direto com a empresa que gentilmente cedeu os dados, por mediação do orientador e coordenação do programa de mestrado, ao saber que se tratava de um trabalho acadêmico.

As variáveis em estudo foram divididas de acordo com a sua disposição dentro da cadeia de produção agroindustrial do setor canavieiro. E, tendo como base a indústria, tem-se a montante as variáveis com influência direta no campo, e a jusante as variáveis de mercado e institucionais que influenciam as decisões dentro do próprio setor canavieiro, o que reflete ao longo do tempo na especialização, produtividade e ajustes na produção de acordo com as

demandas existentes, uma vez que não existe produção pela própria produção e sim para atender uma necessidade de mercado.

Desta forma, os dados estão sendo tratados sequencialmente em dois modelos. Primeiramente, seis variáveis consideradas neste trabalho como independentes, as quais ajudaram a compor uma matriz $M_{28 \times 6}$ utilizada no primeiro modelo, a análise fatorial pelos componentes principais, método usado para a extração de fatores comuns que dão origem aos escores para rodar o segundo modelo, uma análise de regressão múltipla a qual terá como variável dependente (VD) a área colhida total de cana-de-açúcar no estado de Goiás e variáveis independentes (VI) os escores derivados da análise fatorial pelos componentes principais.

E com os resultados destes cálculos pretende-se analisar a expansão do setor canavieiro no corredor Centro-Norte do país, começando inicialmente pelo efetivo de Goiás, tomando por base a expansão da área colhida de cana-de-açúcar neste estado como variável que reflete diretamente e é influenciada pelo crescimento da seção industrial conforme a demanda de açúcar e álcool.

Logo, para a construção dos indicadores que compõem as variáveis do modelo de análise fatorial pelos componentes principais, adotando-se como base as seguintes informações:

Indicador de Comercialização:

Esta variável é construída a partir da divisão da quantidade de cana-de-açúcar destinada para moagem nas usinas, pela quantidade total de cana-de-açúcar produzida no Estado.

Esta variável traz duas relações importantes, além de mostrar a demanda por cana-de-açúcar determina também o nível de comercialização.

Percentual (PC) da cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar:

Variável fornecida pelo DATAGRO indica percentualmente a quantidade de cana-de-açúcar moída na indústria que teve como destino final a produção de açúcar.

É importante salientar que a cana para moagem na usina tem dois destinos, ou produz açúcar ou álcool.

Logo, tanto faz utilizar na análise fatorial pelos componentes principais o percentual de cana destinado a produção de açúcar ou de álcool, uma vez que a produção de um ou outro

produto depende da adequação nos pontos nó de produção da usina, atendendo exclusivamente aos ajustes da demanda de mercado.

Produtividade Industrial (PI) - produtividade do açúcar:

A quantidade de açúcar produzido por tonelada de cana moída tem por finalidade indicar a capacidade produtiva nas usinas. Esta variável assume importância fundamental, uma vez que absorve a sensibilidade tecnológica na produção do açúcar. Podendo refletir menores custos e/ou melhor capacidade de competitividade de mercado.

Produtividade Industrial (PI) - produtividade do álcool:

A quantidade de álcool produzido por tonelada de cana moída tem por finalidade indicar a capacidade produtiva nas usinas. Esta variável assume importância fundamental, uma vez que absorve a sensibilidade tecnológica na produção do álcool. Podendo refletir menores custos e/ou melhor capacidade de competitividade de mercado.

A extinção do IAA:

O Instituto do Açúcar e do Alcool era o órgão governamental responsável por organizar a cadeia produtiva do setor canavieiro, principalmente os conflitos existentes na comercialização dos produtos derivados de cana-de-açúcar, impedindo muitas vezes a venda da produção do sudeste, mais eficiente e competitiva, na região nordeste menos eficiente e competitiva.

A venda de carros a álcool e/ou flex:

Com o advento tecnológico dos motores a álcool e flex, a demanda por álcool carburante, é responsável por parte da expansão do setor canavieiro. Mesmo esta se referindo a toda frota licenciada no país, é importante lembrar que a maior parte desta se encontra nas regiões sul e sudeste, e a produção de Goiás ajuda a abastecê-la.

Desta forma temos a organização e composição das variáveis como se segue:

Variáveis à montante da indústria

A área plantada de cana-de-açúcar de 1981 a 2008, que reflete diretamente a expansão do setor canavieiro em Goiás. A principal fonte de dados foi o IBGE e o IPEA;

1°. Indicador de comercialização, a relação percentual da quantidade de cana-de-açúcar destinada à moagem na indústria e o total produzido. Dados elaborados pelo autor com informações oriundas do DATAGRO conforme tabela no anexo A;

Variáveis Industriais

2°. Percentual da cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar reflete os ajustes a demanda de mercado. Dados fornecidos pelo DATAGRO;

3°. Produtividade industrial do açúcar em toneladas, por toneladas de cana moída para este fim. Esta variável visa identificar a evolução tecnológica na produção de açúcar industrial no período de 1981 a 2008. Fonte, elaborado pelo autor com dados oriundos do DATAGRO;

4°. Produtividade industrial do álcool em m³ por toneladas de cana destinada a este fim. Esta variável identifica a evolução tecnológica na produção de álcool industrial no período de 1981 a 2008. Fonte, elaborado pelo autor com dados oriundos do DATAGRO;

Variável institucional, à jusante da indústria

5°. A extinção do IAA é de cunho qualitativo, reflete diretamente a influência ocasionada no mercado quando o órgão deixou de existir, liberando o mercado, permitindo que o setor canavieiro da região sudeste exportasse sua produção local para outras regiões menos eficientes;

Variável de mercado à jusante da indústria

6°. Carros a álcool e/ou flex licenciados no período de 1981 a 2008, refletindo uma das principais demandas de mercado por álcool. Dados existentes no site da UNICA.

Os valores das variáveis acima descritos e adotados no modelo encontram-se na Tabela do apêndice A. As 6 (seis) variáveis independentes usadas na análise Fatorial pelos Componentes Principais que servem para extração dos fatores comuns. Para, em seguida, junto com a variável dependente e os fatores comuns, ajudarem na composição da regressão múltipla, todos no período de referência compreendido entre as safras de 1981 a 2008.

3.3. Observações sobre regressão múltipla

O Método estimação dos parâmetros do modelo é o de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), o qual possui algumas propriedades estatísticas interessantes, que o fizeram um dos métodos mais eficientes e usados na análise de regressão (GUJARATI, 2000).

A regressão múltipla busca comprovar a existência de uma relação linear entre uma variável dependente (Y) e N variáveis independentes (variáveis de predição). Sendo que, variáveis independentes têm como função básica a explicação da primeira, chamadas de explicativas ou regressores, uma vez que explicam a variação ou comportamento da variável dependente.

Segundo Hill (2003, p. 171), “Em um modelo geral de regressão múltipla, uma variável dependente Y_i esta relacionada com várias variáveis explanatórias $X_{i2}, X_{i3}, \dots, X_{ik}$ por uma equação linear”.

Desta forma têm-se uma equação do tipo:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (16)$$

Portanto a função dos MQO é dada por

$$S(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} \right)^2 \quad (17)$$

A função S deve ser minimizada com respeito à $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$. Os estimadores de mínimos quadrados (EMQ) de $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ devem satisfazer,

$$\left. \frac{\partial S}{\partial \beta_0} \right|_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ij} \right) = 0 \quad (18)$$

e,

$$\left. \frac{\partial S}{\partial \beta_j} \right|_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ij} \right) x_{ij} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (19)$$

De (18) e (19), tem-se as equações de mínimos quadrados,

$$\begin{aligned}
 n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik} &= \sum_{i=1}^n y_i \\
 \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik} &= \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i \\
 \vdots & \\
 \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{ik} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 &= \sum_{i=1}^n x_{ik}y_i
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

É possível notar que há $p = k + 1$ equações, uma para cada coeficiente de regressão.

Logo, as soluções dessas equações serão os EMQ para $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$.

Escrevendo (16) na forma matricial, tem-se:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_0 \\ \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

No qual o vetor de EMQ $\hat{\beta}$, que minimiza é

$$\begin{aligned}
 S(\beta) &= \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = (y - X\beta)'(y - X\beta) \\
 &= y'y - \beta'X'y - y'X\beta + \beta'X'X\beta \\
 &= y'y - 2\beta'X'y + \beta'X'X\beta
 \end{aligned}$$

(21)

Logo os EMQ devem satisfazer,

$$\left. \frac{\partial S}{\partial \beta} \right|_{\hat{\beta}} = -2X'y + 2X'X\hat{\beta} = 0$$

Desta forma,

$$X'X\hat{\beta} = X'y \tag{22}$$

Portanto em (21) são as equações de mínimos quadrados identicamente as mostradas em (19). Portanto o EMQ de β é dado por

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y \tag{23}$$

Admitindo que $(X'X)^{-1}$ existe.

Para Sartoris (2003) sendo este um modelo de análise de regressão linear, o mesmo deve seguir um conjunto de hipóteses básicas sendo elas:

- I. $E(\varepsilon_i) = 0$
- II. ε_i São normalmente distribuídos;
- III. Os x_i não são estocásticos;
- IV. $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$ (constante)
- V. $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0, i \neq j$ (erros não podem ser autocorrelacionados).
- VI. Cada variável independente X_i não pode ser uma combinação linear das demais.

Em notação matricial, as hipóteses V e IV são reescritas como:

$$\text{var}(e) = \sigma^2 I \text{ (SARTORIS, 2003)}.$$

Assim sendo, a regressão múltipla exige as mesmas condições subjacentes da regressão linear, ou seja, as condições são análogas.

- As variáveis independentes x_j são não-aleatórias (fixas);
- Para cada conjunto de valores de x_j há uma subpopulação de valores de Y , sendo que estas subpopulações têm distribuição normal (para efeitos da construção dos intervalos de confiança e da realização dos testes de hipóteses);
- As variâncias das subpopulações de Y são iguais;
- Os valores de Y são estatisticamente independentes. Por outras palavras, quando se extrai a amostra, assume-se que os valores de Y obtidos para um determinado conjunto de valores de x_j são independentes dos valores de Y obtidos para outro qualquer conjunto de valores de x_j .

Esta análise é realizada em dados dispostos no tempo, por este motivo o modelo em questão se caracteriza por ser uma análise de regressão de séries temporais, o que por sua vez, pode ou não, ser estacionária, e no caso de não ser, implicaria em possíveis falhas dos estimadores da equação dos mínimos quadrados, resultando assim, em estimadores não fidedignos, resultando em estatísticas de testes fracas e/ou inválidas. Por tanto, a análise de regressão múltipla passa pelos testes descritos a seguir:

- Teste estatístico de relevância do modelo, neste caso o teste R^2 e R^2 ajustado que indica a capacidade de explicação do modelo com o teste F e o nível de significância do modelo;
- Teste ANOVA, este mostra a análise conjunta do modelo proposto informando sua significância;
- Significância dos parâmetros da regressão individualmente, tanto dos regressores como da constante;

- Teste de heterocedasticidade indica a presença ou não de homocedasticidade. Lembrando que séries temporais não devem ser heterocedásticas;
- Multicolinearidade que é detectada pelo teste de tolerância e VIF para poder determinar se há ou não relação linear entre as variáveis, logo que para análise de regressão não deve existir;
- Autocorrelação serial para identificar os efeitos de choques passados nos valores presentes.

3.4. Organização dos dados de séries temporal na análise de regressão múltipla

Os fatores comuns utilizados na análise de regressão múltipla devem produzir coeficientes confiáveis, para que os resultados não apresentem multicolinearidade, heterocedasticidade e/ou autocorrelação, sendo necessária a realização dos seguintes testes:

ANOVA

Segundo Stevenson (2001, p.254) o ANOVA é um método que é usado para observar se as médias de duas ou mais populações são iguais. Desta forma, o teste se baseia numa amostra extraída de cada população. Para se determinar o nível de confiança, em Gujarati (2000) adota-se o p-valor corresponde ao nível de significância do teste, indicando a probabilidade de se cometer o erro tipo I: o que rejeita H_0 , sendo alternativa verdadeira. Recomenda-se o nível de confiança adotado de 95%. Sendo o nível descritivo do teste (p-valor) é fornecido pela estatística ANOVA.

Durbin-Watson

Este teste serve para detectar a correlação serial e foi desenvolvido pelos estatísticos Durbin e Watson. É simplesmente a razão entre a soma das diferenças ao quadrado nos sucessivos resíduos e a SQR (soma de quadrados dos resíduos). A vantagem da estatística d (Durbin-Watson) é que se baseia nos resíduos estimados, que são calculados na análise de regressão, portanto sendo comum informar o d de Durbin-Watson com as estatísticas R^2 e R^2 ajustado (GUJARATI, 2000).

White's e White's (squares only)

O teste de White, balizado no multiplicador de Lagrange, observa a existência ou não da heteroscedasticidade, realizando uma regressão camada de auxiliar, na qual a variável dependente seja estimativa dos erros ao quadrado (ϵ^2) e as variáveis explicativas (independentes) sejam seus quadrados e seus produtos cruzados.

Tolerância e VIF (Fator Inflacionário da Variância)

Os testes Tolerância & VIF servem para detectar a presença de multicolinearidade entre as variáveis, o que diminui o poder preditivo de uma ou mais variáveis em função de outra. Logo a forte relação entre as variáveis independentes, se existir, ocorre quando apresenta valores de VIF acima de 10 e Tolerância abaixo de 0,10 (FAVERO, 2000).

LM de 1ª e 4ª ordem

Para se confirmar a existência ou não da autocorrelação serial é aplicado aqui o Teste LM de Breusch-Godfrey, também conhecido como Teste do Multiplicador de Lagrange (Teste LM). Segundo este, testa-se a hipótese nula para a inexistência de correlação dos erros de ordem p por meio da regressão dos resíduos da equação; como exemplo, os resíduos podem ser defasados de 1 até p períodos e todas as variáveis explicativas do modelo.

Os testes supracitados irão ajudar a convalidar os dados secundários aqui utilizados, estão disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), e DATAGRO. Nesta última, os dados foram fornecidos por contato direto, sendo estes disponibilizados após envio de um ofício do programa de mestrado assinado pelo orientador Dr. Alivínio Almeida.

Este trabalho trata também da localização geográfica, regional e estadual do setor canavieiro, identificando as áreas de expansão das lavouras de cana-de-açúcar e a localização das indústrias do setor. Segundo Rodrigues (2007), a área ocupada no território nacional em 2007 por lavouras de cana-de-açúcar era de aproximadamente 0,6%, e aquela destinada ao etanol correspondia a 50% desta.

Sabendo que, as regiões com maior quantidade de usinas em produção, se localizam nas regiões Nordeste e Centro-Sul, as quais possuem a maior concentração de usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade. Na zona da mata nordestina, historicamente colonizada como produtora de açúcar (PRADO, 1994). E a segunda, a região centro-sul, tendo São Paulo o maior produtor do País (Dados oficiais do IBGE, UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas – SP, e do CTC – Centro de Tecnologia Canavieira).

O próximo capítulo traz as avaliações sobre a expansão canavieira em Goiás, mostrando as características agronômicas, edafoclimáticos, econômicos e institucionais. Também traz a análise dos números e indicadores da expansão feita nos modelos econométrico e multivariado, por fim as considerações sobre o estado do Tocantins.

4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Atividade canavieira em Goiás: condições agronômicas, econômicas e institucionais

Neste capítulo, serão apresentadas as dimensões agronômicas, econômicas, e institucionais existentes no setor canavieiro do Estado de Goiás, descrevendo em sua evolução atual o nível de produção/desenvolvimento, e a análise da expansão das lavouras de cana-de-açúcar no período de 1981 a 2008.

Vale ressaltar, que as questões econômicas e institucionais estão inter-relacionadas, uma vez que a explanação de uma não ocorre sem a interveniência da outra, portanto, este trabalho traz os dados e informações sobre estes assuntos, em Goiás, conjuntamente.

4.1.1. Características Agronômicas do Setor Canavieiro em Goiás

De acordo o estudo da EMBRAPA, organizado por Manzatto *et al.* (2009), o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar do Brasil está definido por região, de acordo com as necessidades do setor, e em consonância com as áreas mais apropriadas para o cultivo e de proteção ambiental.

Na região Centro-Oeste, que envolve os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do sul, Goiás e o Distrito Federal, foram excluídas as áreas pertencentes aos biomas: Amazônico, Pantanal e a Bacia do alto Paraguai. Com a exclusão destas áreas, entram aquelas cultiváveis com alta (A), média (M) e baixa (B) aptidões, sendo consideradas neste cálculo as áreas atualmente ocupadas pela agropecuária (Ag), pecuária (AP) e agricultura (Ac). E após o cruzamento destes dados, Goiás, na região Centro-Oeste possui atualmente 12.600 mil ha disponíveis para as lavouras de cana-de-açúcar. A Tabela 5, juntamente com a Figura 8, mostra o quantitativo de terras disponíveis e o mapa de zoneamento agroecológico da cana no estado de Goiás, respectivamente (MANZATTO *et al.*, 2009).

Na comparação da área colhida, com 401.100 ha em 2008, com a área total disponível calculada em 2009, a primeira ocupava aproximadamente 3,1% da área total disponível calculada.

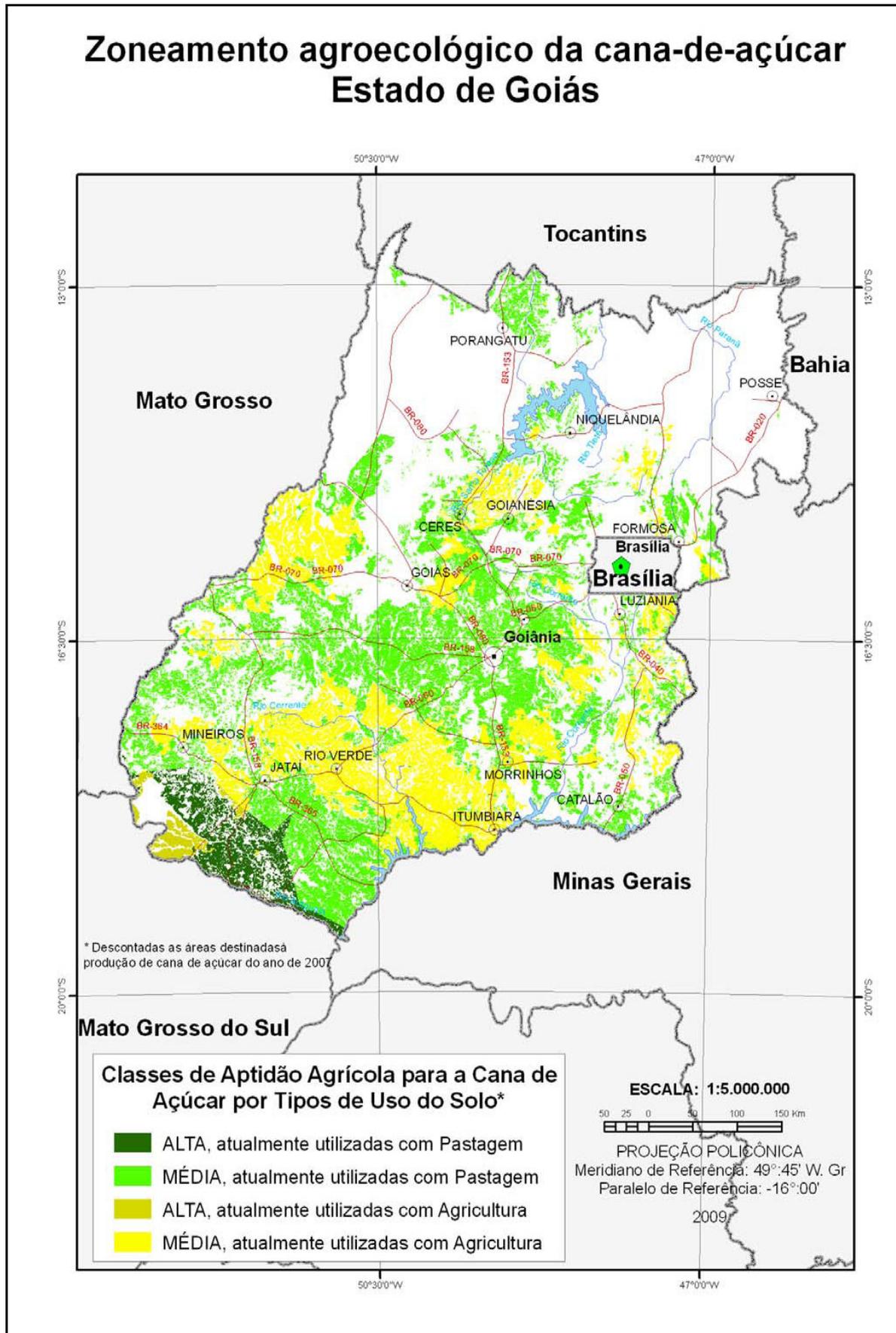


Figura 8 - Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar em Goiás.

Fonte: EMBRAPA/ Manzatto *et al.*; 2009.

Tabela 5 - Quantitativo de terras aptas ao cultivo de cana-de-açúcar em Goiás.

Classes de aptidão (ha) aptidão	Áreas aptas por tipo de uso da terra por classe de aptidão (ha)				
	Pastagem	Agropecuária	Agricultura	Pastagem + Agropecuária	Pastagem+Agropecuária + Agricultura
Alta	783213,97	0	220766,26	783213,97	1003980,23
Média	6998520,09	0	4598030,49	6998520,09	11596550,58
Baixa	0	0	0	0	0
Alta+Média	7781734,06	0	4818796,75	7781734,06	12600530,81
Alta+Média+Baixa	7781734,06	0	4818796,75	7781734,06	12600530,81

Fonte: EMBRAPA / Manzatto *et al*, 2009

O zoneamento agroecológico aqui exposto tem o intuito de disciplinar o cultivo da cana-de-açúcar em Goiás, neste, os dados mostram que o estado possui uma grande quantidade de terras propícias ao cultivo, por ser formado por áreas agronomicamente favoráveis com altas e médias aptidões e nenhuma área com baixa aptidão, apresentando mais da metade das áreas das terras aptas sobre áreas de pastagens.

Mesmo assim, observa-se que apesar da quantidade de terras aptas em Goiás, no período de 1981 a 2008, a expansão das lavouras de cana-de-açúcar, ocorreu mais pela demanda industrial crescente para produção de açúcar e álcool.

Pois nesse período, a quantidade de cana destinada à indústria para moagem passou de 310.705 toneladas, em 1981, para 21.082.012 toneladas em 2008 (DATAGRO, 2009).

No período de 1981 a 2008, a capacidade de moagem nas indústrias ultrapassou os 6700% de crescimento, revelando uma taxa anual de 16,25%. A Figura 9 mostra a evolução da produção total de cana-de-açúcar em toneladas e a demanda para moagem nas usinas, no estado de Goiás.

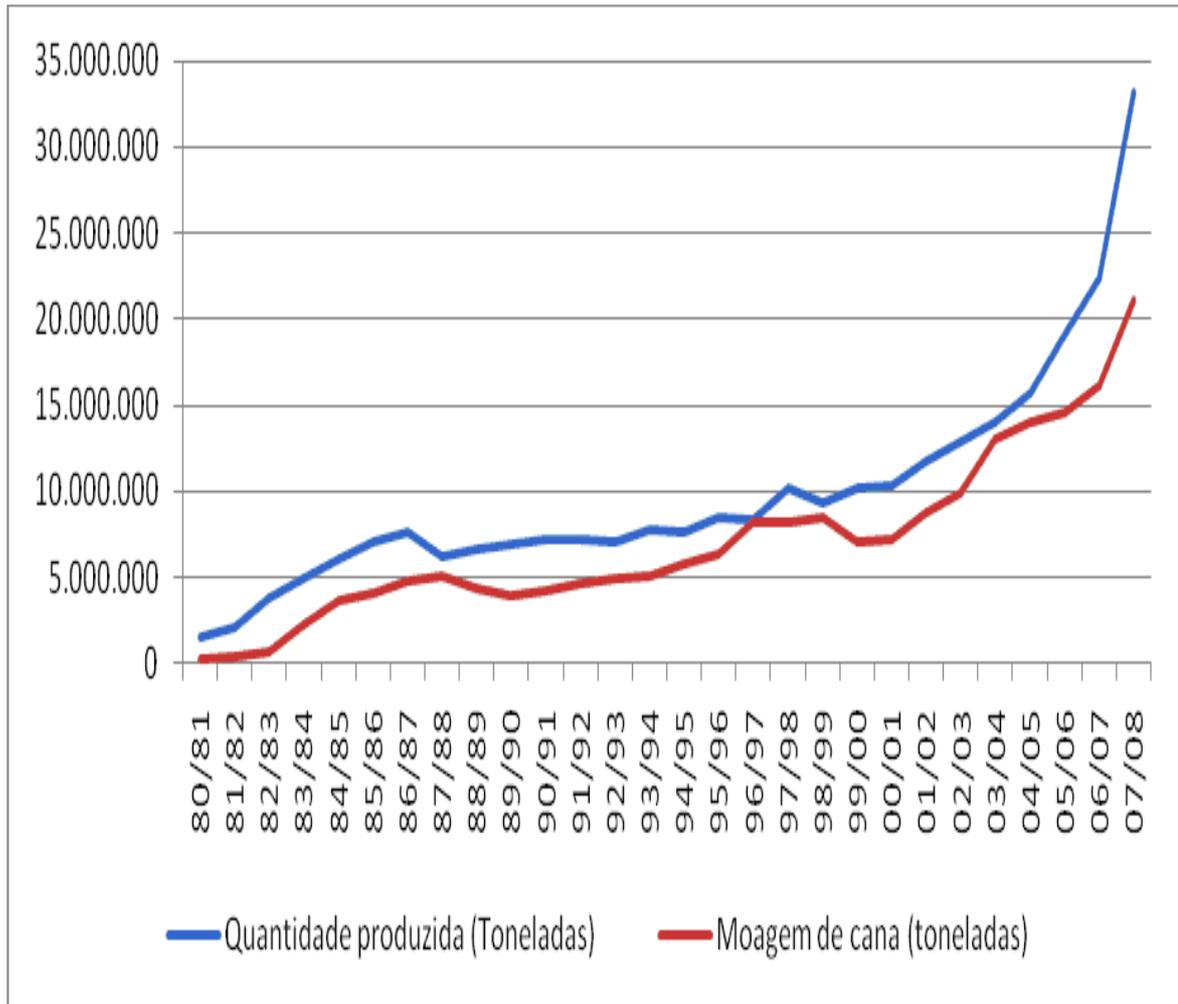


Figura 9 - Comparativo da produção total de cana-de-açúcar em toneladas da demanda para moagem das usinas em Goiás.

Fonte: IBGE & DATAGRO, 2009

Assim sendo, o período que compreende as safras de 1981 a 2008, demonstrou que o aumento da produção de cana-de-açúcar teve como consequência direta a expansão da área colhida de cana-de-açúcar em Goiás, com crescimento de aproximadamente 1400% no período, e não um incremento maciço em desenvolvimento tecnológico.

A Figura 10 mostra que a área colhida começa com 28.488 ha em 1981, atingindo 401.100 ha em 2008, segundo dados do IBGE 2009, como consta no anexo A.

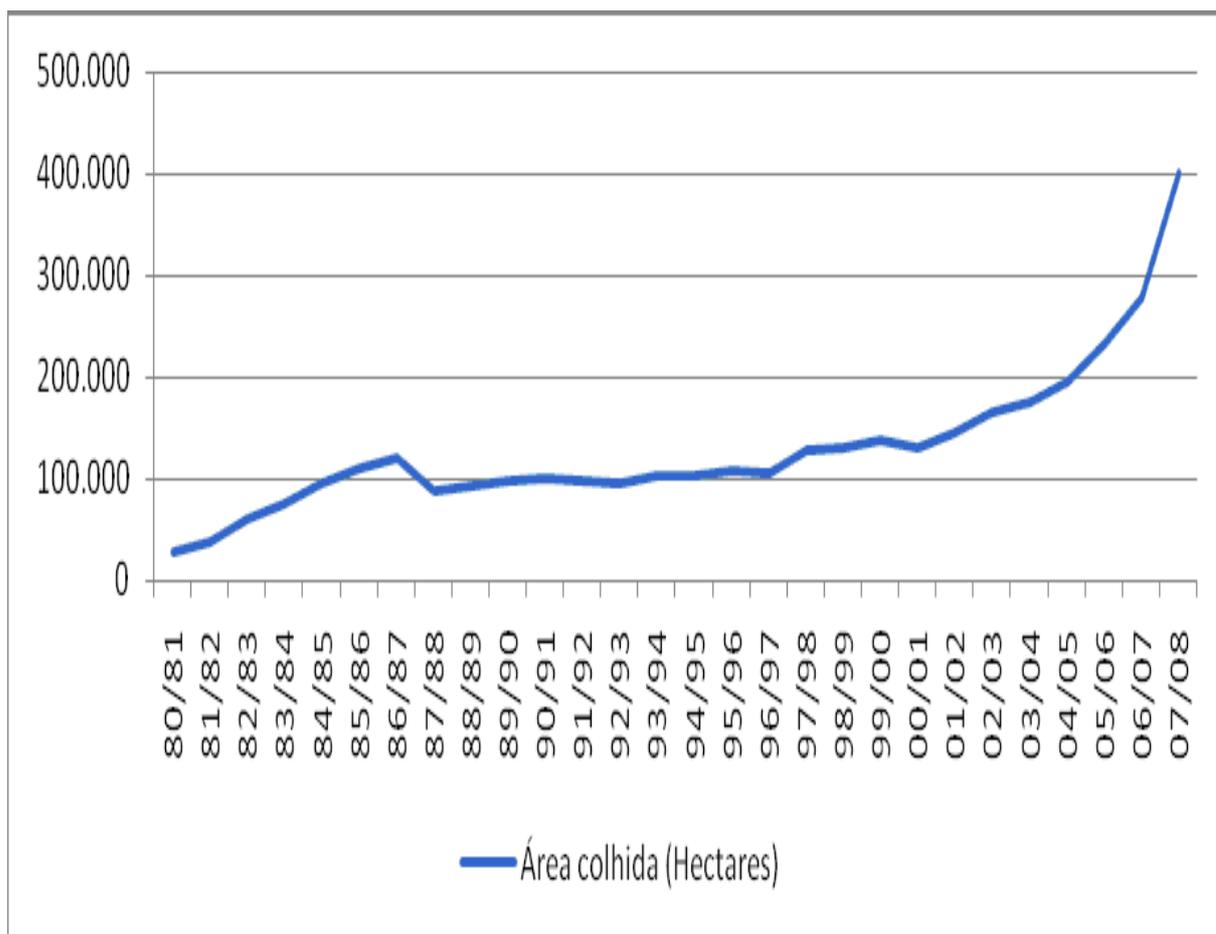


Figura 10 - Expansão das lavouras de cana-de-açúcar em hectares.
Fonte: IBGE, 2009

Apesar da disponibilidade de terras aptas às lavouras de cana-de-açúcar ser um dos insumos necessários à expansão do setor canavieiro, não se pode afirmar que é o único, uma vez que o desenvolvimento industrial é condição imprescindível para estimular a expansão das lavouras. Deste modo, o elevado crescimento industrial pode ser detectado pela demanda crescente de cana-de-açúcar para moagem, que chega em 1999 a 91% da oferta total deste ano. Percentual este, que além de um indicador de comercialização, demonstra também o quanto as usinas contribuíram para a expansão das lavouras de cana-de-açúcar, uma vez que a produção não tem como destino final exclusivamente a produção de açúcar e álcool, podendo ser usada para produção de aguardente, ração e outros usos derivados.

Ressalta-se que o crescimento da área colhida neste estado só foi possível, por este apresentar condições edafoclimáticas favoráveis para o desenvolvimento das lavouras de cana-de-açúcar, como se observa na Figura 11, onde o gráfico mostra evolução comparativa do percentual da área, produção e moagem de cana-de-açúcar no período de 1981 a 2008.

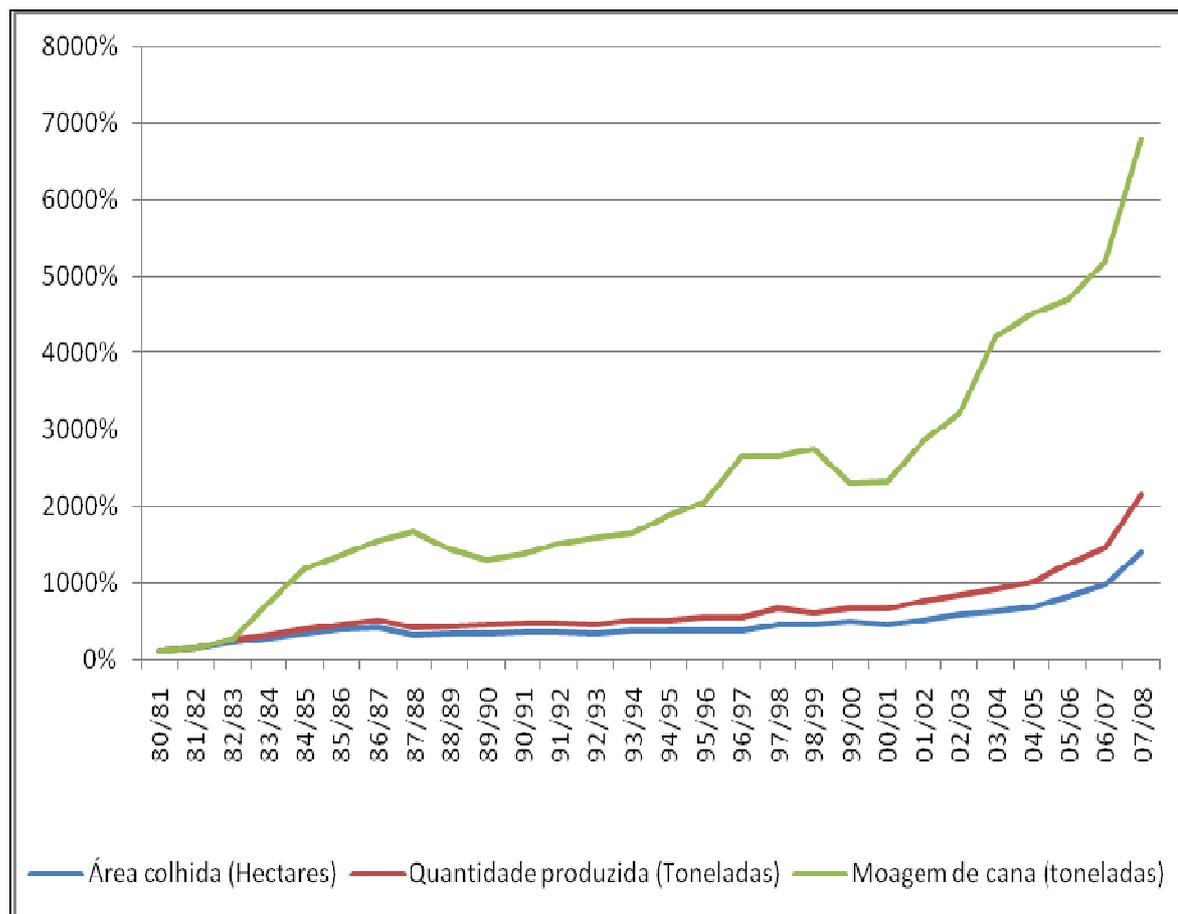


Figura 11 - Evolução percentual da área colhida, quantidade total produzida e moagem
 Fonte: IBGE & DATAGRO, 2009

As informações contidas no gráfico da Figura 11 mostram que, tanto a área colhida como a quantidade produzida cresceu mais de 1000%, enquanto que a cana-de-açúcar destinada para moagem industrial atingiu mais de 6500% de crescimento nas safras de 2007/08, influenciado não somente por questões edafoclimáticas em terras disponíveis no referido estado, mas também por questões econômicas e institucionais discutidas nos próximos tópicos.

4.1.2. Condições econômicas e institucionais da atividade canavieira em Goiás

Com o início da década de 90, o Estado passa a promover a desregulamentação na economia Brasileira, e com o gradativo afastamento intervencionista do Estado, já comentado no capítulo 02, permitiu ao setor canavieiro mais independência no modelo de gestão e consequentes melhorias no próprio desempenho, para seguir em um novo ambiente cada vez mais competitivo e de acordo com as normas econômicas de mercado.

Segundo Shikida (1997), a desregulamentação foi parcial e gradativa, mesmo assim, provocou uma desaceleração e crise econômica para o setor canavieiro que passou a sobreviver mais com os próprios recursos.

Após ter atingido seu auge em termos de recursos investidos em 1980-1984, este valor foi o menor já investido numa fase do PROÁLCOOL significando, respectivamente, 50,1% e 9,5% das quantias aplicadas na primeira e segunda fases desse Programa. Igualmente, confirmaram-se as tendências de diminuição percentual de inversões do capital público nesse Programa - de 75% passou para 56%, atingindo 39% - e de aumento percentual de inversões do capital privado - de 25% passou para 44%, atingindo 61% - entre as 1^a, 2^a e 3^a fases do PROÁLCOOL. (SHIKIDA, 1997, p. 90)

Com este novo ambiente institucional, o setor canavieiro passou a ser impulsionado cada vez mais pela crescente demanda de mercado e se expandiu para outras regiões, que aquelas tradicionalmente produtoras. E ao se falar em expansão do setor canavieiro, além das fronteiras do Estado de São Paulo, o principal produtor de cana-de-açúcar, aparecem em destaque os Estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. E este último se caracteriza como uma das principais vertentes de expansão do setor canavieiro na região Centro-Oeste.

É importante enfatizar que esta expansão é resultado das necessidades do setor canavieiro, saindo do Estado de São Paulo, em busca de novas regiões/Estados que ofereçam condições para o crescimento e desenvolvimento, tornando assim os Estados próximos a este, alvos preferenciais desta inserção. Neste contexto, é nos estados que se apresentam as condições favoráveis no que tange ao tipo de solo, declividades das terras e a disponibilidade de mão-de-obra para o trabalho no setor canavieiro, desde o campo à indústria possuem maiores probabilidades de inserção por este setor.

Logo, o avanço das lavouras de cana-de-açúcar sob o Cerrado Goiano é uma consequência do interesse do setor na busca de áreas que se encaixem às necessidades dessa expansão. Portanto, a aquisição de novas terras no Centro-Oeste brasileiro para o setor é fundamental para sua expansão, merecendo destaque o estado de Goiás, que em quatro safras seguidas, de 2000 a 2004, obteve uma expansão na produção de 81%, o que representa quantitativamente a mesma importância na produção que os Estados de Alagoas e Paraná (SEBRAE, 2005).

Entretanto, esta expansão se torna alvo constante de críticas e elogios, em estudos que procuram entender como ocorre e qual a importância de sua real necessidade no desenvolvimento regional e do próprio setor canavieiro sobre o Cerrado Goiano. Segundo Ribeiro (2009) a expansão das lavouras de cana-de-açúcar sobre o Cerrado brasileiro pode e

deve ocorrer sobre áreas de pastagens degradadas, ainda de acordo com este estudo há um total de 8.954.mil ha de pastagens degradadas disponíveis para crescimento do setor canavieiro sem necessariamente degradar novos ambientes de Cerrado.

Com base neste cenário, uma área de aproximadamente 8.954.724,45 hectares, equivalente a três vezes a área atual, pode vir a ser ocupada com lavouras de cana. Ao analisarmos a expansão da área plantada em 2008, constata-se que esta ocorre predominantemente (66%) em sintonia com aquelas áreas preconizada pelo modelo. (RIBEIRO, 2009, p.4292)

Portanto, são nas regiões Centro-Sul e Sudeste, que compreende os Estados São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná e Goiás, que estão localizadas as principais expansões do setor canavieiro brasileiro. Já constituído como o maior produtor do país, o Estado de São Paulo, torna-se o ponto de origem desta expansão e crescimento do setor canavieiro, sobretudo em direção ao Cerrado Goiano, como mostra a Figura 12. Este último estado, quando comparado às outras regiões, vem se destacando na produção de cana-de-açúcar como já citado anteriormente.

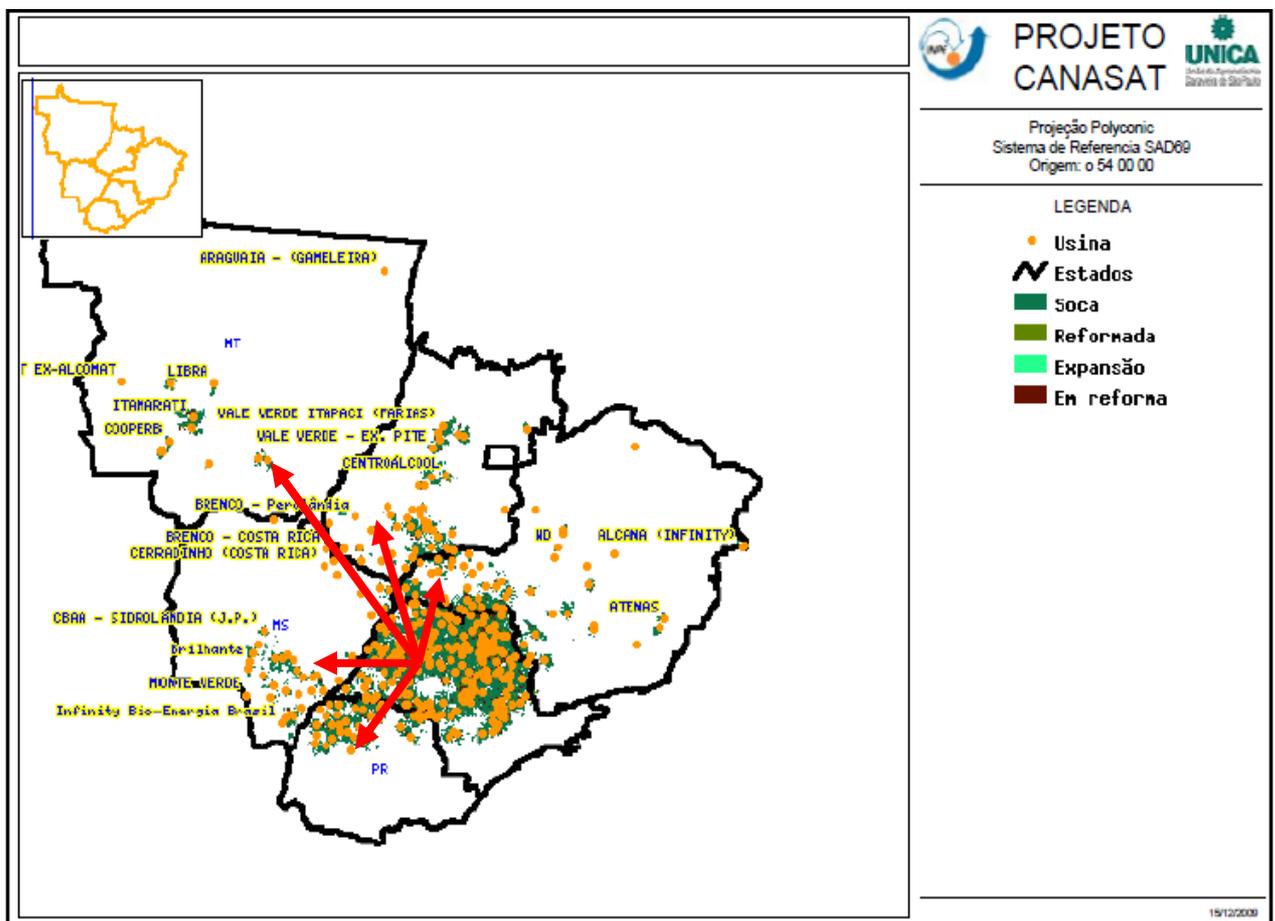


Figura 12 - Expansão das Usinas e Lavouras de Cana na Região Centro-Sul 2009.

Fonte: Canasat

É importante observar que este crescimento se desenvolve num padrão específico que segue uma lógica dos investimentos públicos, preferindo os locais onde haja infraestrutura viária adequada à logística de transporte, à qual o setor se adapte além da disponibilidade de terras aptas à mecanização, com declive de 2% e 5%, e dependendo do tipo de solo podendo chegar ao limite 12% desde que haja boa retenção hídrica, tendo também como necessidade de mão-de-obra a proximidade dos núcleos populacionais. Tais características são determinantes para expansão das lavouras de cana-de-açúcar e conseqüentemente à implantação das usinas do setor sucroalcooleiro. Entretanto, a infraestrutura viária é um dos principais requisitos para esta inserção. Destarte, mesmo não sendo a logística de transporte mais econômica, o transporte rodoviário é oferecido como principal alternativa de modal, sendo importante considerar que o mesmo é eficiente para o setor de corte por percorrer pequenas distâncias, o que exige flexibilidade para as mudanças de rotas, se ajustando mais facilmente à demanda e à produção no campo.

Segundo Caixeta Filho apud Zylbersztajn (2000), de 1994 a 1997, a distância média percorrida pela cana-de-açúcar foi de 49 km, ao mesmo tempo em que teve o maior frete unitário por tonelada chegando a US\$ 0.10 por t/km rodado com uma participação relativa do valor do frete em 15% do valor bruto. Enquanto no açúcar, um dos principais derivados da cana-de-açúcar, a mesma pesquisa demonstra que a distância média percorrida pelo produto varia de 350 a 399 km, tendo o quarto maior frete unitário por tonelada, de aproximadamente US\$ 0.05 por t/km rodado, com participação percentual de aproximadamente 5% do valor do frete em percentual no valor bruto (CAIXETA FILHO apud ZYLBERSZTAJN, 2000. p.87).

Já os dados preliminares do GEIPOT (2009), indicam que o modal rodoviário no período de 1996 a 2000 transportou em média 62,3% do transporte de carga no Brasil, esta pesquisa mostra ainda, qual modal, e o quanto, a infraestrutura para o transporte de cargas tem que evoluir no país para aumentar a competitividade nos setores produtivos, inclusive o canavieiro. Para este último, uma das alternativas para o transporte do álcool está indicada no mapa da Figura 13, a qual mostra um substituto ao transporte rodoviário, o POLIDUTO⁴, que se destina ao transporte de etanol bem como outros produtos líquidos ou gasosos. Logo, o investimento em dutos é importante para os transportes, por ser um dos modais mais baratos e eficientes existentes na atualidade com um custo relativo 50% menor, e uma eficiência na entrega 100% superior quando comparado com o modal rodoviário (BALLOU, 2006).

⁴ Polidutos por definição são dutos mistos que transportam produtos líquidos ou gasosos.

Segundo Ribeiro (2008), as 38 usinas em funcionamento no Estado de Goiás em 2007 se localizam próximas aos principais eixos rodoviários, como ilustra mapa na Figura abaixo, que mostra a localização das Usinas e Modais de Transporte (Rodoviário e Dutoviário).

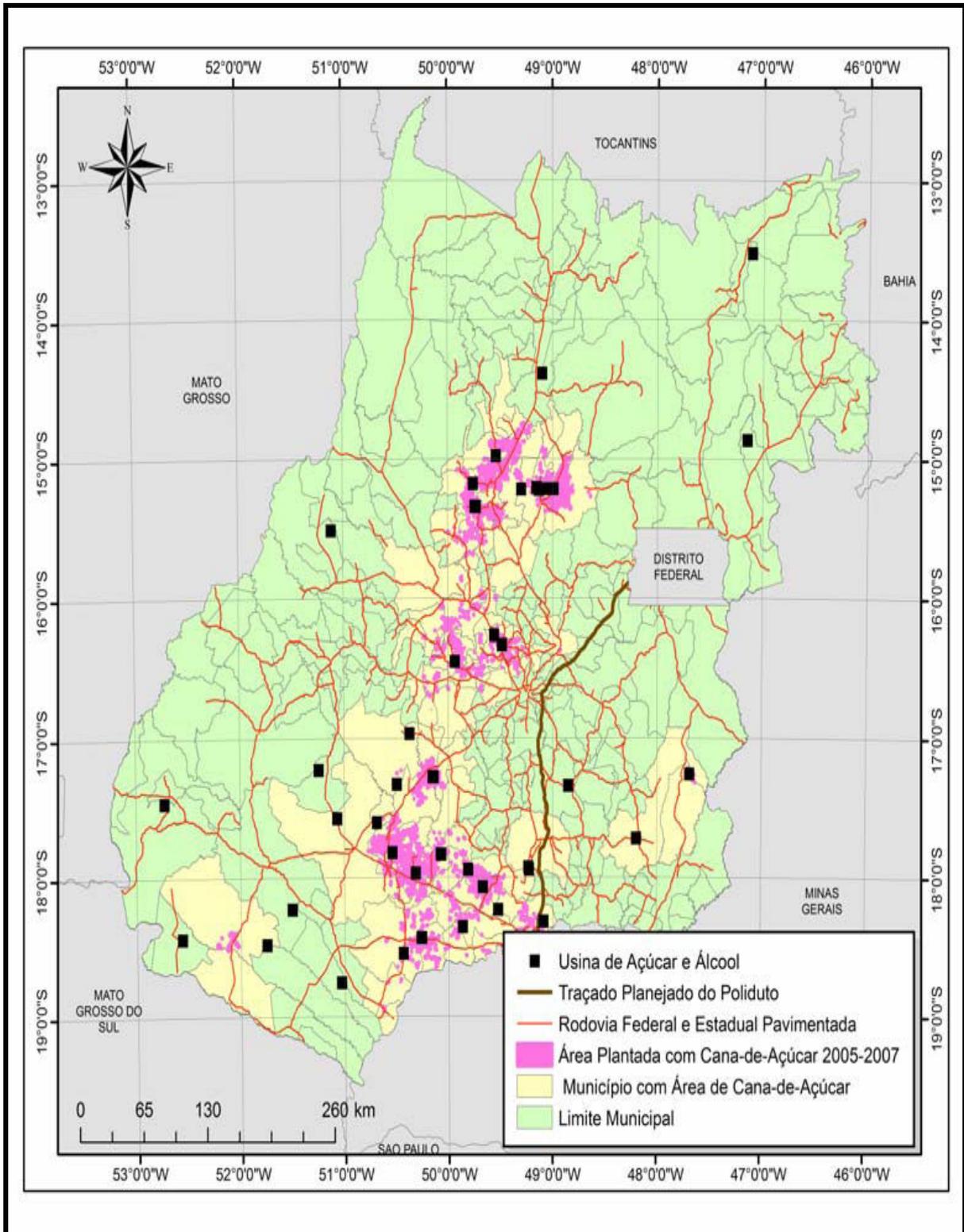


Figura 13 - Localização das Usinas e Modais de Transporte (Rodoviário e Dutoviário) em Goiás 2007
 Fonte: RUDORFF *et al.*, 2004; INPE/CANASAT, 2007; Ribeiro, 2008.

Portanto, a expansão das usinas do setor canavieiro pelo o Cerrado Goiano, em busca de novas áreas para o cultivo das lavouras de cana-de-açúcar atingiu um total de 77 municípios, impulsionada principalmente pela crescente demanda de seus derivados, estimulando assim o seu crescimento (RIBEIRO, 2008). Ao adotar uma avaliação sistêmica do setor canavieiro, substanciada pela análise da Commodity System Approach, a área do transporte é parte integrante do agronegócio canavieiro, considerada na visão logística, um importante serviço de apoio. Logo, o modal rodoviário se torna vital para a implantação de novas usinas pelo corredor centro-sul e centro-norte brasileiro, entretanto, tais decisões permeiam a esfera governamental e influenciam todo setor canavieiro. De acordo com Neves e Spers apud Alencar (2001, p.42), é através de uma análise sistêmica do agronegócio que se tem um melhor entendimento do funcionamento de suas atividades, sendo de fundamental importância o conhecimento de todo processo produtivo, de transporte e de comercialização, o que permitirá a tomada de decisões mais adequada por parte dos entes públicos e agentes econômicos privados.

Neste contexto, a expansão das lavouras de cana-de-açúcar sobre o Cerrado, em especial o goiano, possui características específicas por oferecerem as condições agronômicas essenciais para o desenvolvimento do setor canavieiro, o qual pode percorrer dois caminhos. O primeiro é estabelecido sobre áreas de pastagens degradadas. Segundo Ribeiro (2009), as lavouras de cana-de-açúcar podem se expandir e atingir uma área total de aproximadamente 8,9 milhões de hectares, um incremento de três vezes a área plantada quando analisadas as áreas ocupadas por pastagens degradadas e de lavouras de cana-de-açúcar em 2008.

Já o segundo caminho pode ocorrer sobre novas áreas, ainda nativas, causando impactos ambientais negativos ao ecossistema do Cerrado. Entretanto, nesta análise em 2008, aproximadamente 66% da expansão das lavouras de cana-de-açúcar ocorreram sobre áreas de pastagens degradadas enquanto o seu complemento pode ter ocorrido sobre outras áreas agrícolas, até mesmo sobre o Cerrado, evidenciando a importância do monitoramento desta expansão (RIBEIRO, 2009, p. 4292).

Por sua vez, quando considerado apenas o Estado de Goiás, foco deste trabalho, obtém-se uma área de aproximadamente 2,6 milhões de hectares de pastagens degradadas, o que permite uma expansão de até sete vezes a área de 2008 (RIBEIRO, 2008).

É importante ressaltar que o avanço das lavouras de cana-de-açúcar no sentido Centro-Sul e Centro-Oeste são resultados da expansão da agroindústria canavieira do sudeste como ilustra a Figura 12. Esta acontece com maior ênfase após a desregulamentação do setor canavieiro, e com adoção da política neoliberal na década de 90, proporcionada pelo governo

Collor, imputando ao setor canavieiro um novo paradigma para seu desenvolvimento, paralelamente por duas vertentes. A primeira, já enfatizada por Shikida (1997), chamada de paradigma tecnológico é analisada com base na teoria neo-schumpeteriana propondo uma avaliação dinâmica da vertente microeconômica.

Para Kupfer (2002, p. 422), esta análise microdinâmica se baseia na busca e seleção das inovações tecnológicas e estratégias empresariais desenvolvidas no mercado, trazendo uma interação temporal em virtude da busca incessante de competitividade, ou seja, esta vertente estimula internamente o auto-aprendizado nos setores que passam estas ações. Portanto, o paradigma tecnológico do setor canavieiro adotado por Shikida (1997) explica o incremento da produtividade nas lavouras de cana-de-açúcar como um esforço maciço por parte do setor canavieiro nos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento.

Segundo Shikida (1997), os ganhos de produtividade na lavoura podem ser explicados como consequência dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), dentre os quais se destacam as inovações biológicas, físico-químicas, mecânicas, de organização do trabalho e a reutilização de subprodutos que antes eram inutilizados ou subutilizados no processo produtivo.

Os ganhos de produtividade agrícola e agroindustrial no segmento canavieiro foram obtidos principalmente a partir do uso dos seguintes fatores: inovações biológicas, com novas variedades de cana oriundas de vários institutos de pesquisa; inovações físico-químicas, como a utilização da fertirrigação com o vinhoto e as novas técnicas de fermentação alcoólica; inovações mecânicas, uso de tratores e implementos agrícolas mais desenvolvidos; e inovações associadas às formas de organização do trabalho e métodos de produção, novas formas de gerenciamento global da produção agrícola e industrial, o reaproveitamento mais intensivo do bagaço da cana para a geração de energia, o corte da cana de sete ruas, dentre outros (SHIKIDA, 1997, p. 107).

Esta análise identifica o resultado ocorrido no rendimento por hectare que cresceu 53% de 1981 a 2008 no Estado de Goiás, ou seja, uma taxa exponencial de crescimento anual médio de aproximadamente 1,53 %. Já a evolução nominal da produtividade da lavoura de cana-de-açúcar, que em 1981 começou com aproximadamente 53,88 toneladas por hectare, passa a atingir 82,55 toneladas por hectare em 2008, sua maior produtividade, como demonstra a Figura 14 e a Tabela 6. Entretanto vale salientar que os dados a seguir, além do aumento da produtividade mostram também a expansão da área e da produção de cana-de-açúcar, dados estes a serem utilizados para uma análise posterior.

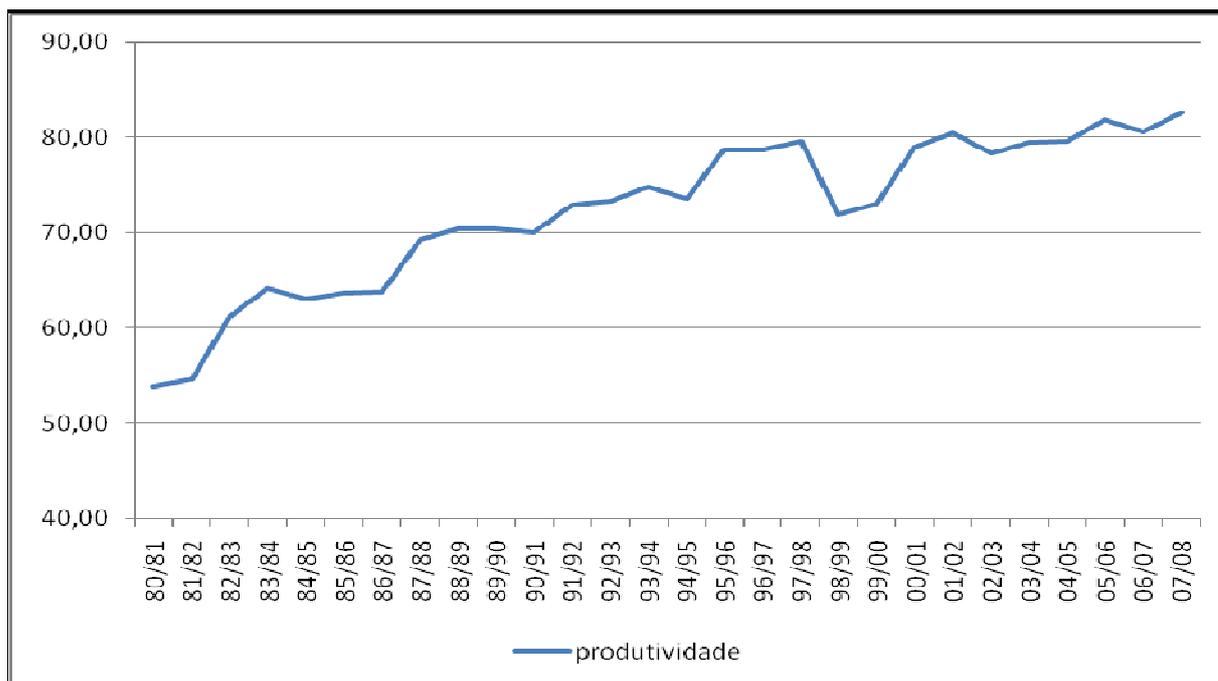


Figura 14 - Evolução do Rendimento das lavouras de Cana-de-açúcar em t/ha de 1980 a 2007 em Goiás
Fonte: elaboração Própria a partir de dados do IPEA e IBGE

Tabela 6 - Evolução da Produtividade em Goiás

Período	Produtividade	Período	Produtividade
80/81	53,88	94/95	73,59
81/82	54,61	95/96	78,75
82/83	61,24	96/97	78,66
83/84	64,17	97/98	79,53
84/85	63,04	98/99	71,88
85/86	63,60	99/00	73,02
86/87	63,80	00/01	78,92
87/88	69,22	01/02	80,47
88/89	70,45	02/03	78,29
89/90	70,41	03/04	79,40
90/91	70,02	04/05	79,56
91/92	72,87	05/06	81,91
92/93	73,27	06/07	80,53
93/94	74,76	07/08	82,55

Fonte: Elaboração Própria com dados do IBGE e IPEA

A segunda vertente é dada por uma aplicação intensiva de capital na aquisição de novas terras, como ocorreu no Cerrado goiano que se mostrou apto por questões econômicas e agrônomicas adequadas a esta expansão, apesar de certa resistência dos setores ligados a área ambiental para seu desenvolvimento.

É no período compreendido entre 1981 a 2008 que o setor canavieiro de Goiás mostra sua expansão, a qual recebeu estímulo direto da substancial ampliação da produção de açúcar e álcool, o que elevou a demanda por cana-de-açúcar para moagem no estado, consequentemente a aquisição de novas áreas.

Entretanto, vale enfatizar que as produções do álcool e do açúcar são concorrentes, e após a moagem da cana há um ponto nó na produção onde o empreendedor direciona a produção da firma, desta forma, os ajustes na produção, quando ocorrem, dependem da demanda de mercado, situação esta que pode elevar o estímulo do setor quando os dois produtos estiverem com seus preços elevados.

A Figura 15 mostra os dados acerca do comportamento comparativo da produção de álcool, com a produção de açúcar e com a moagem total de cana-de-açúcar destinada às usinas.

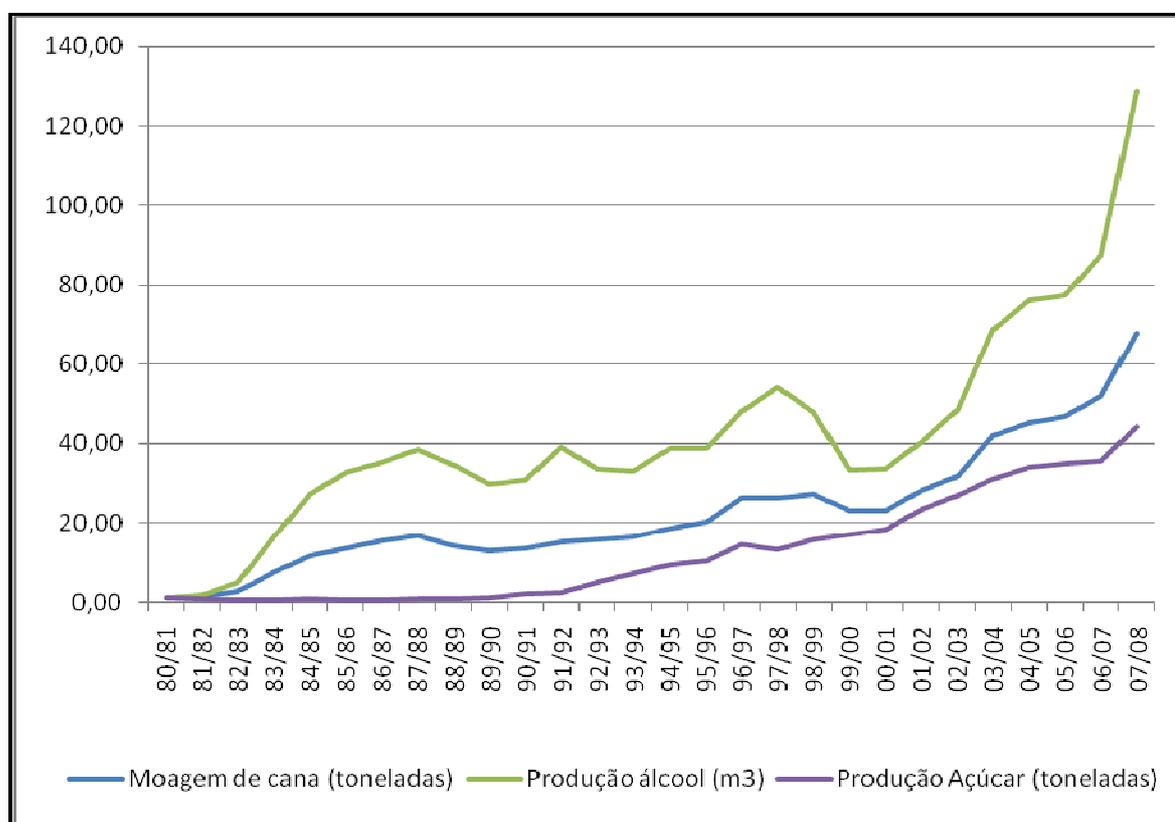


Figura 15 - Evolução da produção de álcool, açúcar e moagem de cana-de-açúcar em Goiás de 1981 a 2008
Fonte: elaboração própria com dados do DATAGRO

Segundo Scandiffio (2008), dentre as características da produção do álcool, esta é realizada durante sete meses no ano, sendo estocando entre 60% e 70% da capacidade de produção a qual será comercializada durante doze meses subsequente. Deste modo, como o estado de Goiás começa a contar com modais de transporte competitivos como os polidutos, hidrovias e ferrovias, e sabendo que o modal rodoviário é responsável por mais de 60% do transporte de carga no Brasil, e no caso do etanol chega a 90%, principalmente para a revenda regional, estes investimentos mostram a importância dos avanços necessários para a logística do setor.

Para Scandiffio (2008, p.6), “a construção de um duto dedicado partindo de Senador Canedo (GO) a Uberaba (MG) e mais um duto de 90 km de Guararema ao Porto de São Sebastião (SP)”. Desta forma, os investimentos em transporte de etanol geram um estímulo adicional ao setor canavieiro, pois os baixos custos no transporte tornam o produto mais competitivo no mercado consumidor.

Além da infraestrutura logística em implantação no estado de Goiás, há outro fator que vem proporcionando a expansão das lavouras de cana-de-açúcar neste Estado, ligado diretamente à demanda do setor. Sendo este estímulo consequência direta do aumento nas vendas de carros flex, o que eleva a demanda por álcool carburante, estimulando assim a produção industrial e agrícola. Segundo o sindicato dos postos de Goiás, as vendas de combustíveis entre o primeiro trimestre de 2007 a 2008 cresceram aproximadamente 52% (SINDIPOSTO, 2008).

Logo, a expansão das lavouras de cana-de-açúcar vem sendo favorecida, dentre outros motivos, principalmente pela soma da infraestrutura logística, terras disponíveis aptas à produção e o aumento no número de carros flex licenciados, tornando estes os indicadores mais importantes para determinar a expansão do setor canavieiro em Goiás, mostrando a importância que o comportamento do consumidor possui para estimular o complexo agroindustrial da cana-de-açúcar.

Corroborando com a afirmação acima, tem-se a Figura 16 que mostra parte dos modais em andamento no corredor de transporte Centro-Norte do Brasil, o que irá elevar o potencial de vendas pela exportação em modais mais baratos como o caso dos Polidutos.

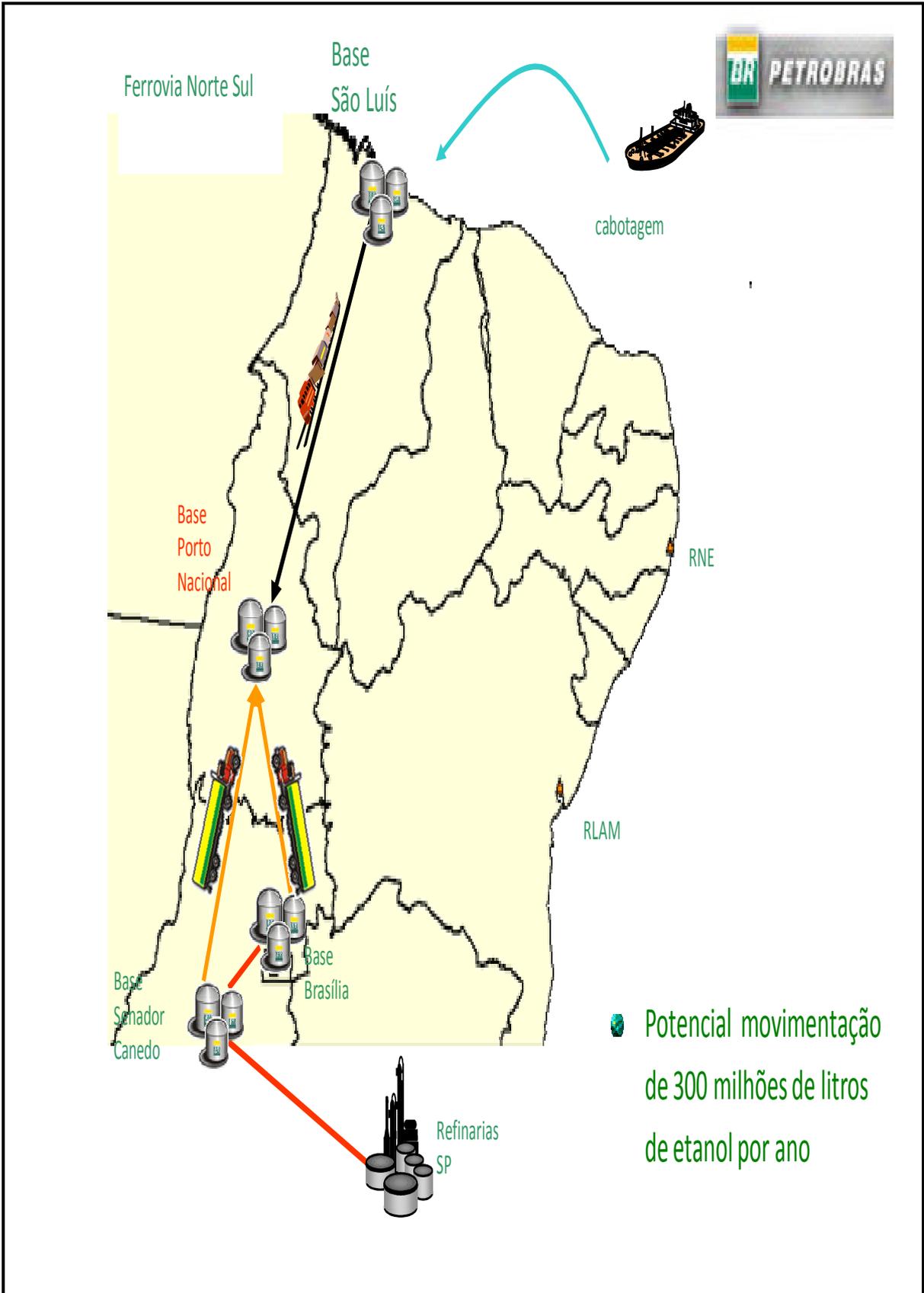


Figura 16 - Logística para transporte de combustíveis.
Fonte: Petrobras Distribuidora S.A 2010

A seguir, têm-se as considerações metodológicas sobre os dados e informações coletadas, sobre os modelos de análise fatorial e regressão múltipla utilizados para explicar a expansão do setor canavieiro em Goiás, subsidiando as considerações que serão feitas para o Tocantins.

4.2. Resultados da análise fatorial pelos componentes principais e regressão múltipla

Este capítulo faz uma discussão sobre as informações expostas nos capítulos anteriores sobre a cana-de-açúcar no Brasil, Goiás e Tocantins. Bem como as avaliações sobre o grau de expansão do setor canavieiro em Goiás, através dos resultados obtidos com o modelo de análise fatorial pelos componentes principais e regressão múltipla.

Nesta avaliação, procura-se mostrar que os fatores aqui escolhidos, ao estarem em conformidade com as teorias anteriormente mencionadas, ao serem tratados primeiramente no modelo de análise fatorial pelos componentes principais, derivam escores que serão utilizados numa segunda abordagem, à análise regressão temporal, de forma que os resultados finais obtidos possam indicar qual o grau de importância destes no estímulo da expansão do setor canavieiro em Goiás.

Assim sendo, os dados neste trabalho encontram-se divididos em duas categorias, uma relacionada diretamente com as atividades do campo, o que pressiona diretamente a expansão da área colhida de cana-de-açúcar ao longo de quase três décadas. E a segunda, que reflete diretamente as atividades na indústria, sendo caracterizado, não só pela capacidade da mesma em absorver a oferta de cana-de-açúcar produzida no campo, mas possui como função também, a capacidade de pressionar o setor industrial para que este aumente sua capacidade de produção e produtividade.

4.2.1. Análise fatorial

Um dos primeiros passos a serem utilizados na análise fatorial pelos componentes principais é o teste de normalidade das variáveis, apresentado na Tabela 7. Nesta, todas as variáveis adotadas possuem distribuição normal, a qual pode ser comprovada pelo teste de Shapiro-Wilk(W), o mais indicado para amostras onde as variáveis possuem menos de 30 observações, na qual os valores calculados W_{cal} devem ser maiores que W_c para aceitar a H_0 ,

indicando normalidade e rejeitar H_1 , indicando uma não normalidade dos dados. Consequentemente, como todas as variáveis apresentaram valores de $W_{cal} > W_c$, e o nível de significância o p-valor (sig.) em todas as variáveis são menores que 5 % (0,05), indicando desta forma, que as seis variáveis selecionadas, além possuírem distribuição normal, também encontram-se dentro do nível de confiança de 95% (0,95).

Tabela 7 - Teste de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	DF	Sig.	Statistic	df	Sig.
Indicador_de_Comercialização	,204	28	,004	,885	28	,005
PC_de_cana_destinada_ao_Açúcar	,174	28	,030	,908	28	,018
PI_Produtividade_do_Alcool	,350	28	,000	,800	28	,000
PI_Produtividade_do_Açúcar	,191	28	,010	,876	28	,003
VA_Dummy__ext_IAA	,429	28	,000	,591	28	,000
Veiculos_Alcool & flex	,228	28	,001	,725	28	,000

Lilliefors Significance Correction

Fonte: Teste de normalidade efetuado no SPSS 15.

Após o teste de normalidade, deve-se realizar uma análise na matriz de correlação para identificar a real possibilidade de aplicação do método de análise fatorial pelos componentes principais. Nesta matriz, para justificar a aplicação de uma análise fatorial pelos componentes principais, deve-se proceder a três observações iniciais:

- A primeira é a matriz das correlações entre as variáveis, enquanto os valores mais próximos de 1 indicam fortes correlações, os próximos de zero indicam correlações fracas.

- A segunda é o teste de significância de Pearson, muitos destes valores devem estar abaixo de 5% para justificar o método dos componentes principais;
- E por fim analisar do determinante da matriz que dever ser diferente de zero, pois assim ela pode ser invertida ser possível aplicar a extração dos componentes principais.

Na Tabela 8 a seguir, estão os resultados destes testes para análise, é importante destacar primeiramente o resultado do determinante diferente de zero, o qual, se acontecesse, invalidaria a aplicabilidade do modelo.

Tabela 8 - Matriz de Correlação das Variáveis

	1 Indicador de Comercialização	2 PC de cana destinada ao Açúcar	3 PI_ Produtividade do Álcool	4 PI_ Produtividade do Açúcar	5 VA_Dummy_ext_IAA	6 Veículos_Álcool & flex	
Correlação	Indicador de Comercialização	1	0,118	0,646	0,985	0,613	-0,024
	PC de cana destinada ao Açúcar	0,118	1	0,266	0,205	0,461	0,001
	PI Produtividade do Álcool	0,646	0,266	1	0,727	0,658	0,196
	PI Produtividade do Açúcar	0,985	0,205	0,727	1	0,696	-0,003
	VA_Dummy_ext_IAA	0,613	0,461	0,658	0,696	1	-0,042
	Veículos_Álcool & flex	-0,024	0,001	0,196	-0,003	-0,042	1
Sig. (1-tailed)	Indicador de Comercialização		0,274	0	0	0	0,452
	PC de cana destinada ao Açúcar	0,274		0,085	0,148	0,007	0,498
	PI Produtividade do Álcool	0	0,085		0	0	0,158
	PI Produtividade do Açúcar	0	0,148	0		0	0,494
	VA_Dummy_ext_IAA	0	0,007	0	0		0,416
	Veículos_Álcool & flex	0,452	0,498	0,158	0,494	0,416	

Determinant = ,002

Fonte: Teste de normalidade efetuado no SPSS 15

Segundo Hair, Anderson, Tatham e Black (2005) apud Fávero *et al.* (2009, p. 251) quando a inspeção visual da matriz mostra uma quantidade pequena de valores abaixo de 0,3 há fortes indícios que a análise fatorial pode ser aplicada.

Como a matriz de correlação na Tabela 8 mostra 15 valores no total, dos quais 8 estão abaixo de 0,3, principalmente na variável 6, há a possibilidade de aplicação do modelo, entretanto, a decisão de retirada do modelo será tomada após o teste de esfericidade, realizado mais à frente. Antes, deve-se observar o teste de significância de Pearson e o valor do determinante da matriz, os quais mostram uma quantidade considerável de valores menores que 5% para o p-valor, e um determinante diferente de zero nos resultados, o que indica inicialmente a possibilidade de aplicação da análise fatorial pelos componentes principais.

Entretanto, para consolidar a possibilidade de aplicação ou não destes dados, na AF utiliza-se o teste de esfericidade de Bartlett, pelo teste KMO, que mede relação entre o coeficiente de correlação simples e as variáveis parciais observadas entre as variáveis, Fávero *et al.* (2009, p.254), explicita que neste teste, a análise fatorial só não é recomendada se o valor do teste KMO for abaixo de 0,6. Na Tabela 9, abaixo, mostram que dados analisados da Tabela 8, quando realizado o teste de esfericidade KMO, mostram como resultado o valor é de 0,614, o que reflete uma medida razoável para justificar aplicação da AF.

Tabela 9 - Teste de esfericidade de KMO e Bartlett's

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		,614
Bartlett's Lcool Sphericity	Approx. Chi-Square	149,873
	DF	15
	Sig.	,000

Fonte: Teste efetuado no SPSS 15.

E com a convalidação da aplicação da análise fatorial pelos componentes principais nas variáveis selecionadas, o próximo passo é verificar o poder de explicação das mesmas e a extração dos componentes. Dentre os testes que ajudam a definir o quão importante é a explicação das variáveis, está o teste da comunalidades, que determina a variância total explicada pelos fatores em cada variável. Inicialmente, as comunalidades são iguais a 1, e logo após a extração, estes valores variam entre 0 e 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, representa a explicação total da variância da variável e quando se aproxima de zero indica que a explicação é baixa ou quase nenhuma. Assim sendo, o teste de comunalidade da Tabela 10,

mostra em sua análise, que todas as variáveis adotadas no modelo, após a extração, são representativas para a explicação das variâncias das variáveis pelos fatores. Sendo o menor coeficiente de explicação causado pelo indicador de Produtividade industrial, a produtividade do álcool com 0,771 de explicação, é o maior coeficiente de explicação dado pela quantidade de veículos a álcool e flex licenciados no Brasil, com 0,977 de explicação. É bom lembrar que a produção de álcool carburante de Goiás não é vendida só para o estado e sim para região Centro-Sul.

Tabela 10 - Comunalidade

	Inicial	Extração
Indicador_de_Comercialização	1,000	,923
PC_de_cana_destinada_ao_Açúcar	1,000	,937
PI_Produtividade_do_Alcool	1,000	,771
PI_Produtividade_do_Açúcar	1,000	,960
VA_Dummy_ext_IAA	1,000	,792
Veículos_Álcool & flex	1,000	,977

Método de extração: Análise de Componentes Principais
Fonte: Teste efetuado no SPSS 15.

Já na Tabela 11, encontram-se os autovalores para cada fator e suas respectivas variâncias explicadas de acordo com a retenção dos fatores e com valores superiores a 1. Nesta, os três primeiros componentes mostram que as variáveis selecionadas para o modelo permitem a extração de três componentes que, em conjunto, explicam aproximadamente 89,3% das variâncias dos dados originais, sendo o primeiro valor responsável por explicar 50,7 % da variância dos dados originais.

Tabela 11 - Total da variância explicada

Componentes	Autovalores iniciais			Extração de Cargas			Somadas de rotação das Cargas		
	Total	% of Variância	Cumulativo %	Total	% of Variância	Cumulativo %	Total	% of Variância	Cumulativo %
1	3,291	54,842	54,842	3,291	54,842	54,842	3,046	50,759	50,759
2	1,054	17,564	72,406	1,054	17,564	72,406	1,260	20,992	71,751
3	1,016	16,940	89,346	1,016	16,940	89,346	1,056	17,594	89,346
4	,362	6,026	95,372						
5	,272	4,531	99,903						
6	,006	,097	100,000						

Método de extração: Análise de Componentes Principais
Fonte: Teste efetuado no SPSS 15.

O próximo passo é identificar quais são responsáveis pela formação destes três fatores. Esta análise pode ser realizada pela observação das matrizes dos componentes principais, e a sua rotação ortogonal pelo processo varimaxi que, segundo Reis (apud FÁVERO, 2009), tem como objetivo maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal.

Tabela 12 - Matriz dos componentes

	Componentes		
	1	2	3
Indicador_de_Comercialização	,893	-,030	-,353
PC_de_cana_destinada_ao_Açúcar	,400	-,190	,861
PI_Produtividade_do_Alcool	,846	,233	,014
PI_Produtividade_do_Açúcar	,946	-,020	-,255
VA_Dummy_ext_IAA	,849	-,142	,227
Veículos Álcool & flex	,047	,971	,182

Método de extração: Análise de Componentes Principais.

Três componentes extraídos.

Fonte: Teste efetuado no SPSS 15.

Tabela 13 - Rotação da matriz dos componentes

	Componentes		
	1	2	3
Indicador_de_Comercialização	,958	-,029	-,066
PC_de_cana_destinada_ao_Açúcar	,091	,964	,003
PI_Produtividade_do_Alcool	,802	,242	,263
PI_Produtividade_do_Açúcar	,976	,077	-,034
VA_Dummy_ext_IAA	,724	,515	-,061
Veículos Álcool & flex	,014	-,013	,988

Método de extração: Análise de Componentes Principais.

Método de Rotação: Varimax with Kaiser Normalization.

Rotação convergiu em 4 iterações

Fonte: Teste efetuado no SPSS 15.

Na observação entre as matrizes dos componentes principais, rotacionada e não rotacionada, nas Tabelas 12 e 13, nota-se que o componente 1 é explicado por quatro variáveis: o indicador de comercialização, a Produtividade industrial na produção de álcool e

a Produtividade industrial na produção do açúcar e a variável dummy representando a liberalização do mercado, ou seja a não intervenção institucional direta neste mercado. Já a componente 2, após a rotação da matriz, é explicada pelo percentual de cana destinada à produção de açúcar. O componente 3, por sua vez, é explicado pela oferta de carros movidos a álcool e de bicombustíveis. A partir disso, pode-se dizer que a componente 1 congrega as variáveis de especializações do setor canavieiro, e as componentes 2 e 3 congregam as variáveis de mercado referentes às demandas por açúcar e por álcool. Essas variáveis são utilizadas na análise de regressão múltipla, a seguir.

Portanto, os resultados obtidos na análise fatorial permitem indicar que o 1º fator se relaciona com duas variáveis que absorvem a sensibilidade tecnológica (PI_álcool, PI_açúcar), uma que relaciona a demanda de cana-de-açúcar pelas usinas, indicado como índice de comercialização, e a variável dummy que foi adotada para introduzir a extinção do órgão governamental IAA (Instituto do Açúcar e do Álcool). Os escores deste fator mostram a importância existente nas tomadas de decisões pelo setor canavieiro, indicando a necessidade que um mercado desregulamentado, associado à investimentos em ganhos de escala industrial, com uma especialização cada vez maior da cultura canvieira permite a expansão do setor, lembrando que o índice de comercialização reflete também a condição agrônômica, logo que esta reflete também a capacidade agrônômica do estado em fornecer cana-de-açúcar para o setor. E, como os resultados obtidos na rotação oblíqua da matriz de correlação, para os fatores 2 e 3, sorvem o indicador percentual de cana-de-açúcar destinado à produção de açúcar –complementar do percentual do álcool – e a quantidades de carros flex e a álcool produzidos no país de 1981 a 2008, estes dois indicadores indubitavelmente refletem as demandas de mercado, tanto pelo açúcar como pelo álcool carburante, sendo este último um fator externo ao setor canavieiro, a existência do mercado de bicombustíveis.

4.2.2. Resultados das séries temporais

Para rodar a análise de regressão múltipla, *a posteriori*, da análise fatorial pelos componentes principais, foram utilizados os escores dos fatores comuns como variáveis independentes e a área colhida de cana-de-açúcar em hectares como variável dependente. É importante lembrar que estes três escores, apresentados na Tabela 14, são constituídos pela

conjunção das seis variáveis rodadas no modelo anterior, desta forma, os três escores refletem o comportamento conjunto destas dentro do setor canavieiro.

Tabela 14 - Matriz para regressão múltipla. Safras de 1981 a 2008

Período	Área_colhida_de_Cana_ha	FAC1_2	FAC2_2	FAC3_2
1981	28.488,00	-2,45889	2,08215	-0,25587
1982	37.335,00	-2,53334	0,80505	-0,42589
1983	62.136,00	-2,30210	-0,52699	0,13277
1984	77.011,00	-1,04791	-1,20159	0,25243
1985	96.015,00	-0,54261	-1,45815	0,27749
1986	110.43000	-0,21372	-1,42786	0,68055
1987	119.793,00	-0,48975	-1,52716	-0,02866
1988	88.980,00	0,25855	-1,86036	-0,01062
1989	94.250,00	0,03904	-1,49546	0,15578
1990	97.950,00	-0,23235	-0,64974	-0,77279
1991	101.91900	-0,24583	-0,50919	-0,66767
1992	98.614,00	0,77102	-0,51858	-0,02621
1993	95.981,00	0,43294	-0,18759	-0,25628
1994	104.582,00	0,15994	0,22789	-0,40932
1995	104.498,00	0,58477	0,16461	-0,65959
1996	108.352,00	0,52850	0,29103	-0,70356
1997	106.733,00	1,20260	0,02500	-0,86057
1998	128.093,00	0,79395	0,02158	-0,76025
1999	130.446,00	1,05193	0,20746	-0,81421
2000	139.186,00	0,19030	1,10201	-0,66271
2001	129.921,00	0,18004	1,15309	-0,65000
2002	145.069,00	0,37550	1,15038	-0,63261
2003	164.861,00	0,43191	1,02408	-0,59575
2004	176.328,00	1,01807	0,48215	-0,23726
2005	196.596,00	0,94825	0,50357	0,51630
2006	232.577,00	0,42293	0,74159	1,55404
2007	278.000,00	0,22810	0,71617	2,48820
2008	401.100,00	0,44818	0,66485	3,37227

Fonte: variável dependente – IBGE; variáveis independentes fator 1 = FAC1_2, fator 2 = FAC2_2 e fator 3 = FAC3_2 elaboradas pelo autor.

A tabela acima apresenta os escores adotados na análise de regressão múltipla, já convalidados na análise fatorial pelos componentes principais, estes dados proporcionam uma análise de como a área colhida de cana-de-açúcar vêm sendo influenciada por estes fatores. Na convalidação deste modelo, foram utilizados dois softwares para rodá-lo e realizar os testes de heterocedasticidade, autocorrelação e de multicolinearidade.

Como mostra a Figura 17, as variáveis em questão foram tratadas pelo método dos mínimos quadrados ordinários, numa análise de regressão múltipla, onde as variáveis referentes ao setor canavieiro de Goiás, retratam a expansão que avança de 28.488 para 401.100 hectares entre 1981 a 2008, o que reflete a influência das variáveis adotadas. Logo, a demanda industrial, tecnologias aplicadas, questões institucionais e a demanda de mercado, estimularam a expansão das lavouras de cana-de-açúcar, logo a explicação de 89,3% da variância explicada dos fatores identificados na análise fatorial pelos componentes principais. E na análise de regressão, o nível de explicação dos fatores atinge aproximadamente 88% da expansão canavieira da área colhida em Goiás. É importante observar que este avanço tecnológico está ocorrendo dentro das usinas, à jusante e à montante desta, em conjunto com o avanço do livre mercado, permitindo sem dúvida, avanço no setor canavieiro no corredor centro-norte do Brasil. A Figura 17 indica a capacidade de crescimento do setor em questão, este gráfico mostra a evolução da área colhida em Goiás no período de 1981 a 2008, o qual mostra que a produção de cana-de-açúcar não é feita por puro diletantismo, mas por necessidade de mercado.

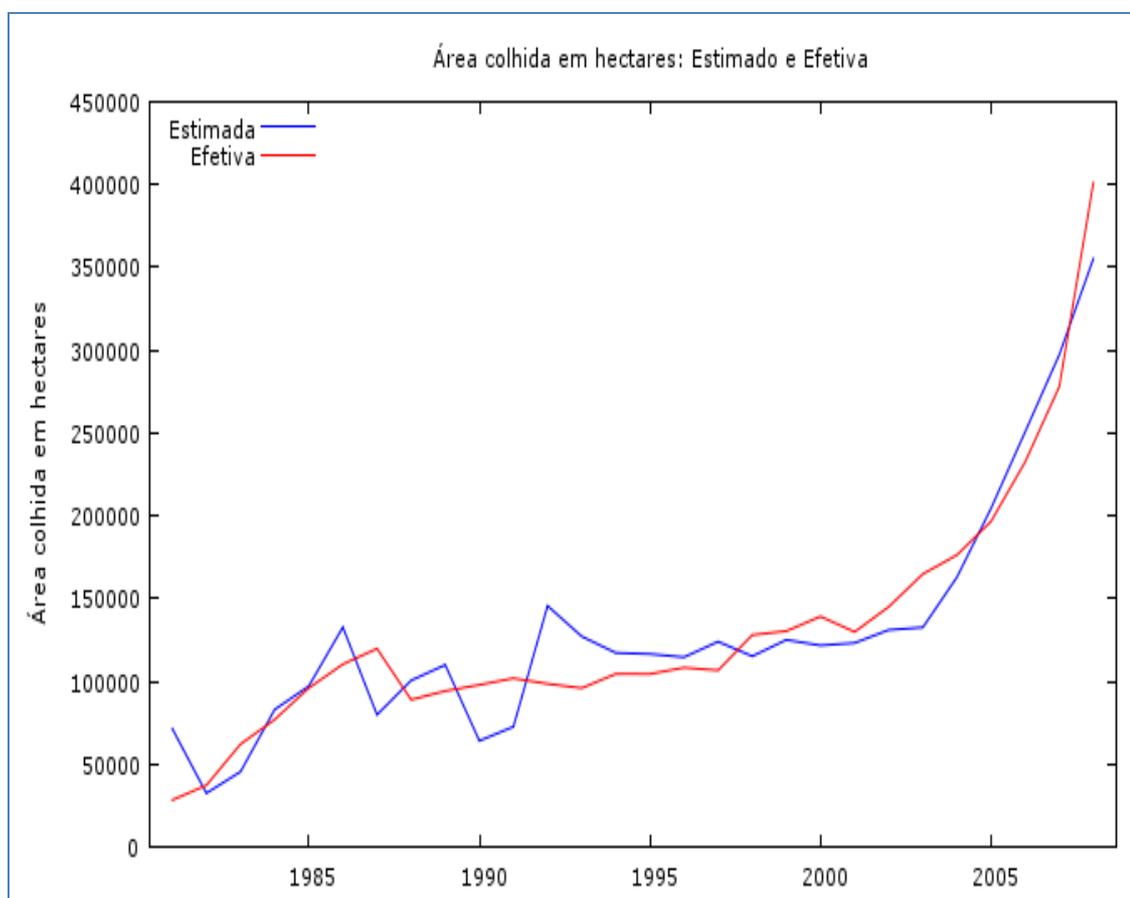


Figura 17 - Relação da área colhida e os escores dos fatores comuns.
Fonte: teste realizado no software gretl 1.8.7.

A Tabela 15 mostra os coeficientes das variáveis independentes e da constante, nesta pode-se observar que todos os coeficientes mostram níveis de significância p-valor abaixo de 5%, mostrando inicialmente que estas variáveis individualmente possuem 95% de confiabilidade para o modelo, de acordo com a equação abaixo.

$$\text{Área Colhida} = 130544 + 35523 \cdot \text{FAC1_2} + 20686,5 \cdot \text{FAC2_2} + 57815,7 \cdot \text{FAC3_2}$$

Tabela 15 - OLS, Observações Usadas 1981-2008 (T = 28) Variável Dependente: Área_I_colhida

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
Const	130544	4774,76	27,3405	<0,00001	***
FAC1_2	35523	4862,38	7,3057	<0,00001	***
FAC2_2	20686,5	4862,38	4,2544	0,00028	***
FAC3_2	57815,7	4862,38	11,8904	<0,00001	***

Fonte: Elaborado pelo autor. Uso do software Gretl 1.8.7

Na sequência, as Tabelas 16 e 17 mostram dois indicadores importantes, o R^2 e R^2 -ajustado, indicando que 89% e 88% do modelo são explicados pelas variáveis adotadas e o teste Durbin-Watson que indica a presença ou não de autocorrelação serial, o que neste caso, com o valor crítico superior Tabelado, tanto a 5% ou a 1%, e respectivamente de 1,65 e 1,41 para 28 observações e três variáveis independentes, mostra que não há presença de autocorrelação na regressão.

Tabela 16 - Resumo do Modelo

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,948(a)	,899	,886	25265,64701	1,683

Predictors: (Constant), REGR fator score 3 para análise, REGR fator score 2 para análise, REGR fator score 1 para análise

Variável Dependente: Área_I_colhida_de_Cana ha

Fonte: Elaborado pelo autor. Uso do software spss 15

Tabela 17 - Nível de Explicação do Modelo

R-squared	0,898672	Ajustado R-squared	0,886006
F(3, 24)	70,95167	P-value(F)	4,49e-12
Durbin-Watson	1,682828		

Fonte: Elaborado pelo autor. Uso do software Gretl 1.8.7

O próximo teste está representado na Tabela 18 ANOVA. Nesta, o nível de significância de F está abaixo de 5% localizado na última coluna, indicando que se pode rejeitar a hipótese nula de não significância conjunta dos parâmetros da equação, desta forma, pode-se afirmar que o modelo é significativo.

Tabela 18 - ANOVA

Model		Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	135876611094,285	3	45292203698,095	70,952	,000(a)
	Residual	15320470048,572	24	638352918,690		
	Total	151197081142,857	27			

Predictors: (Constant), REGR fator score 3 para análise, REGR fator score 2 para análise, REGR factor score 1 para análise

Variável Dependente: Área_I_colhida_de_Cana ha

Fonte: Elaborado pelo autor. Uso do software Gretl 1.8.7

Para a convalidação dos resultados da análise de regressão devem ser realizados testes que indique ou não a presença de colinearidade, ou quando se tem varias variáveis no modelo a presença de multicolinearidade, e em dados econômicos onde as variáveis observadas não fazem parte de um experimento controlado, estas podem caminhar juntas de forma sistemática, gerando o problema de colinearidade/multicolinearidade onde os dados apresentam informações inconsistentes inviabilizando a regressão (HILL, 2003). Para tanto o resultados dos testes encontram-se no anexo B.

Os resultados obtidos no segundo modelo permitem dizer que as variáveis usadas para extração dos fatores comuns e utilizadas na análise de regressão, mostram a importância destes na expansão das lavouras do setor canavieiro em Goiás.

Conseqüentemente pode-se afirmar que as variáveis de mercado, institucionais e de especialização industrial, que geraram os fatores comuns, ao influenciarem o aumento das lavouras de cana-de-açúcar, também denotam a expansão do próprio setor canavieiro, uma vez que o setor industrial é responsável pela maior parte demanda por cana-de-açúcar no estado de Goiás.

4.3. Atividade canavieira em Tocantins: condições agronômicas, econômicas e institucionais

Esta seção apresenta o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, e a expansão das lavouras entre 1981 a 2008 no Tocantins. Também serão expostas a produção e produtividade, em dois cortes temporais nas microrregiões para onde ocorreu a expansão das lavouras, trazendo neste contexto observações sobre o potencial logístico para o estado.

O estado do Tocantins, por se localizar na Região Norte, e por pertencer ao corredor de transporte centro-norte, torna-se naturalmente uma região de expansão agrícola, por possuir portos nesta região, em Belém (PA) ao norte e São Luís (MA) no nordeste, facilitando o escoamento de produtos oriundos da atividade canavieira. Para Barat apud Martins e Lemos (2006, p.8), os corredores de transporte podem ser definidos também como “parte dos sistemas de transporte, ligando áreas ou localidades, viabilizando o fluxo de mercadoria entre as mais diversas localidades nacionais”. A Figura 18 mostra como está definido o Corredor Centro Norte (CCN), o qual envolve os Estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Pará e Maranhão, sendo este último caracterizado por fazer a ligação dos outros Estados com o porto de Itaqui. Segundo Almeida (2004) o corredor Centro-Norte de transporte envolve as regiões que possuem o cerrado brasileiro, e são caracterizadas como área de expansão de atividades agroindustriais, por terem condições edafoclimáticas, grandes extensões de terras com topografias adequadas ao desenvolvimento de uma agricultura extensiva e de alta produtividade.

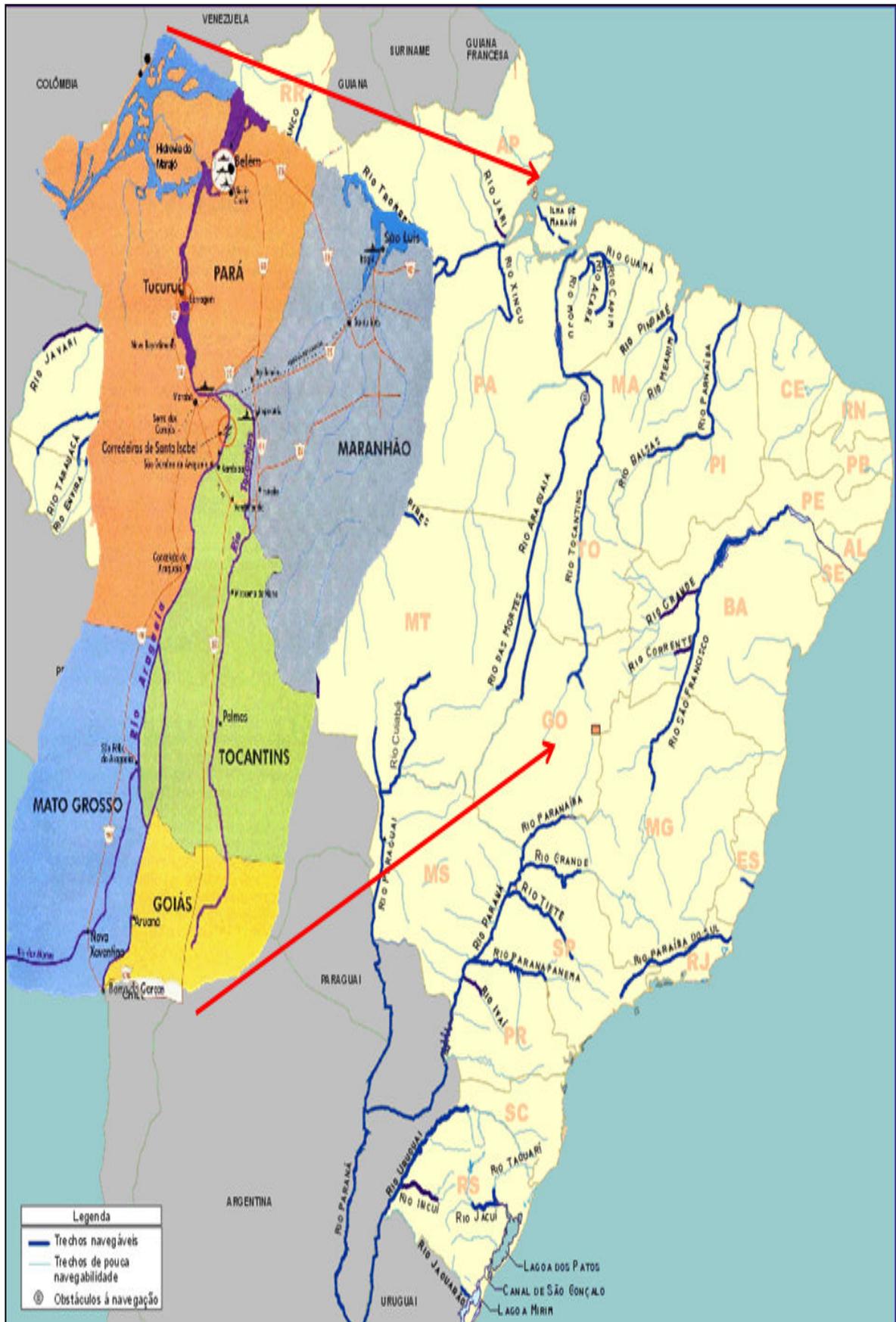


Figura 18 - Corredor Centro Norte – CCN. (Hidrovia Tocantins Araguaia)
 Fonte: Elaboração própria com informações do Ministério dos Transportes/DNIT.

Neste contexto, como os estados pertencentes ao corredor Centro-Norte trazem características naturais favoráveis para seu desenvolvimento, há necessidade de implantação de rodovias, hidrovias, ferrovias e dutos, com intuito de desenvolver a região e ajudar no delineamento de um corredor de transporte ampliado e competitivo no Centro-Norte brasileiro, mais especificamente Tocantins. Contudo, no que se refere às lavouras de cana-de-açúcar o estado não possui tradição, como indicam os dados de área colhida de cana-de-açúcar entre 1981 a 2008. Este possui uma taxa média de crescimento anual próxima de 2,4% ao ano, com oscilação de área colhida de cana-de-açúcar que chega a atingir um aumento de 319% quando comparados os dados da safra de 1985 a 1981, atingindo seu nível mais baixo na safra de 1985/86 com 86% da área de 1981, como mostra o gráfico da Figura 19.

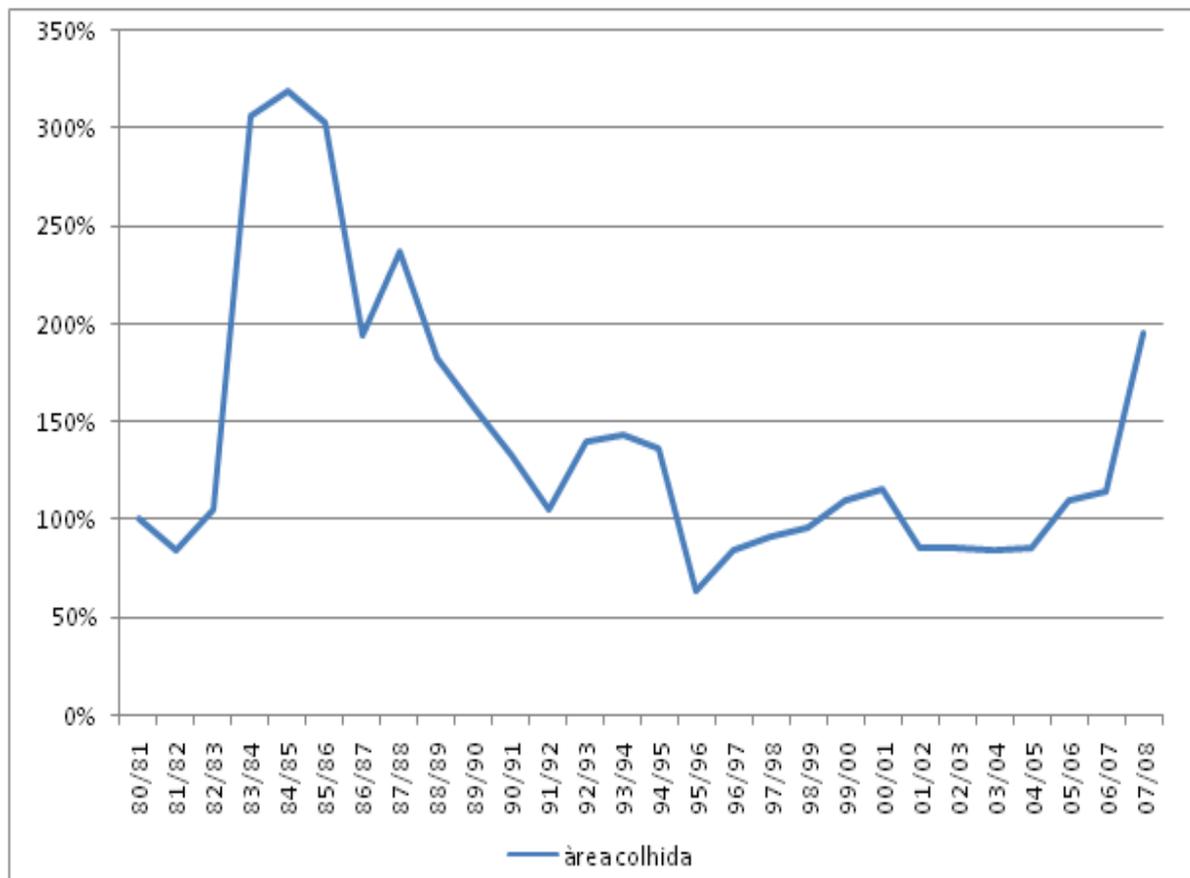


Figura 19 - Gráfico da evolução percentual da área colhida de cana-de-açúcar de 1981 a 2008.

Fonte: elaboração própria com base nos dados do IBGE

A instabilidade na evolução da área colhida das lavouras de cana-de-açúcar no Tocantins possui uma melhor interpretação ao se analisar o cálculo do coeficiente de variação, este atinge o índice de 50% , mostrando uma grande dispersão dos dados em torno da média.

Outro dado importante é o fator produtividade na Figura 20, que mostra o estado do Tocantins muito aquém da produtividade nacional, e o quanto tem que evoluir para consolidar o setor canavieiro internamente.

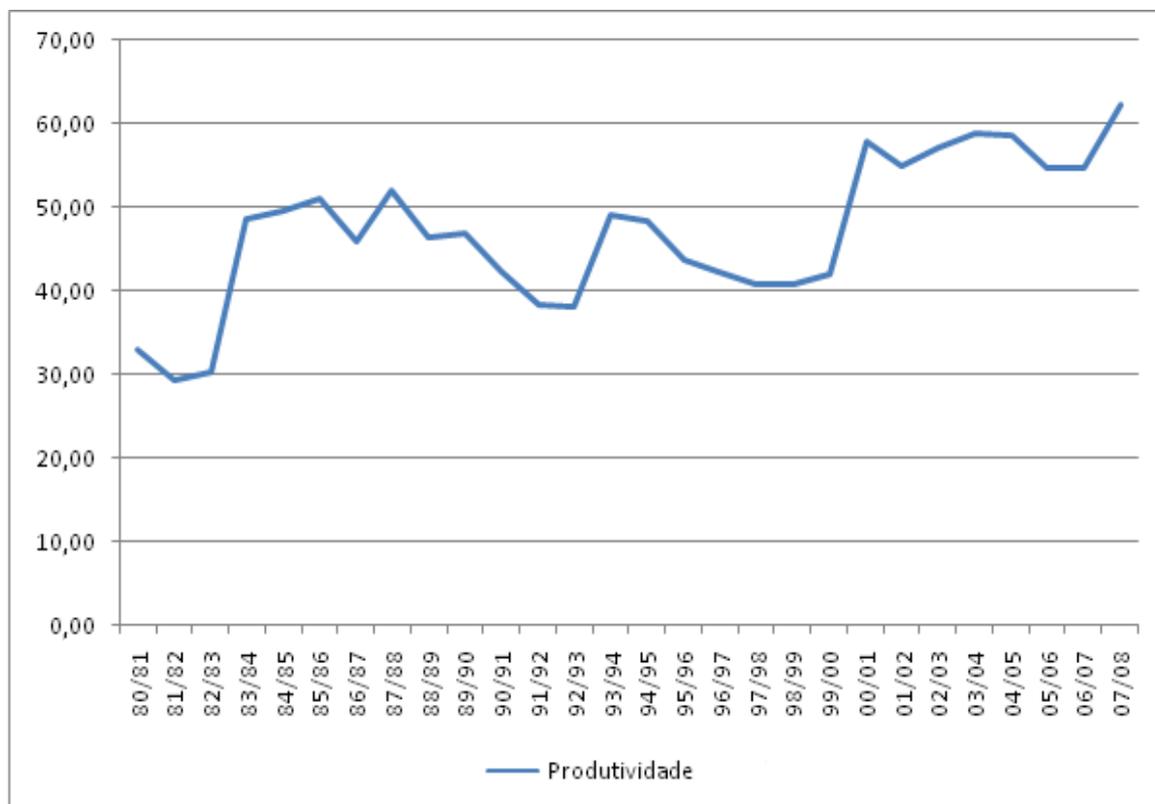


Figura 20 - Gráfico da Produtividade t/ha de cana-de-açúcar em Tocantins

Entretanto, uma das barreiras ao desenvolvimento da cultura no estado diz respeito ao clima, uma vez que a temperatura e a distribuição de chuvas durante a fase de desenvolvimento e maturação da planta devem ter características específicas. Sendo este um dos maiores entraves à implantação das lavouras no estado, sendo necessário identificar os municípios que possuem as condições de temperaturas e distribuição de chuvas que atendam às fases de desenvolvimento e maturação da cana. Relembrando MARIN (2009), a cana-de-açúcar é uma planta que precisa para seu desenvolvimento de climas tropicais com temperaturas quentes e úmidos. A temperatura predominante deve estar entre 19° C - 32° C, com chuvas bem distribuídas, onde a precipitação acumulada seja acima de 1000 milímetros por ano. Desta forma, a planta consegue desenvolver-se adequadamente, passando pelos estágios de crescimento vegetativo e maturação. No crescimento vegetativo a cana-de-açúcar precisa de temperaturas mais elevadas em torno de 30° C e necessidades hídricas em torno de 1.500 a 2.500 milímetros, distribuídos de maneira uniforme nesta fase. Já no período de

maturação, há necessidade de corte hídrico e uma temperatura mais baixa, média de 20°C para uma melhor maturação. Como mostra a comparação dos mapas do Tocantins, nas Figuras 21 e 22, tem-se a evolução da área colhida nas microrregiões de Porto Nacional, Araguaína e Bico do Papagaio, que tiveram aumento da área colhida, enquanto que as microrregiões de Gurupi e Dianópolis se mantiveram estáveis.

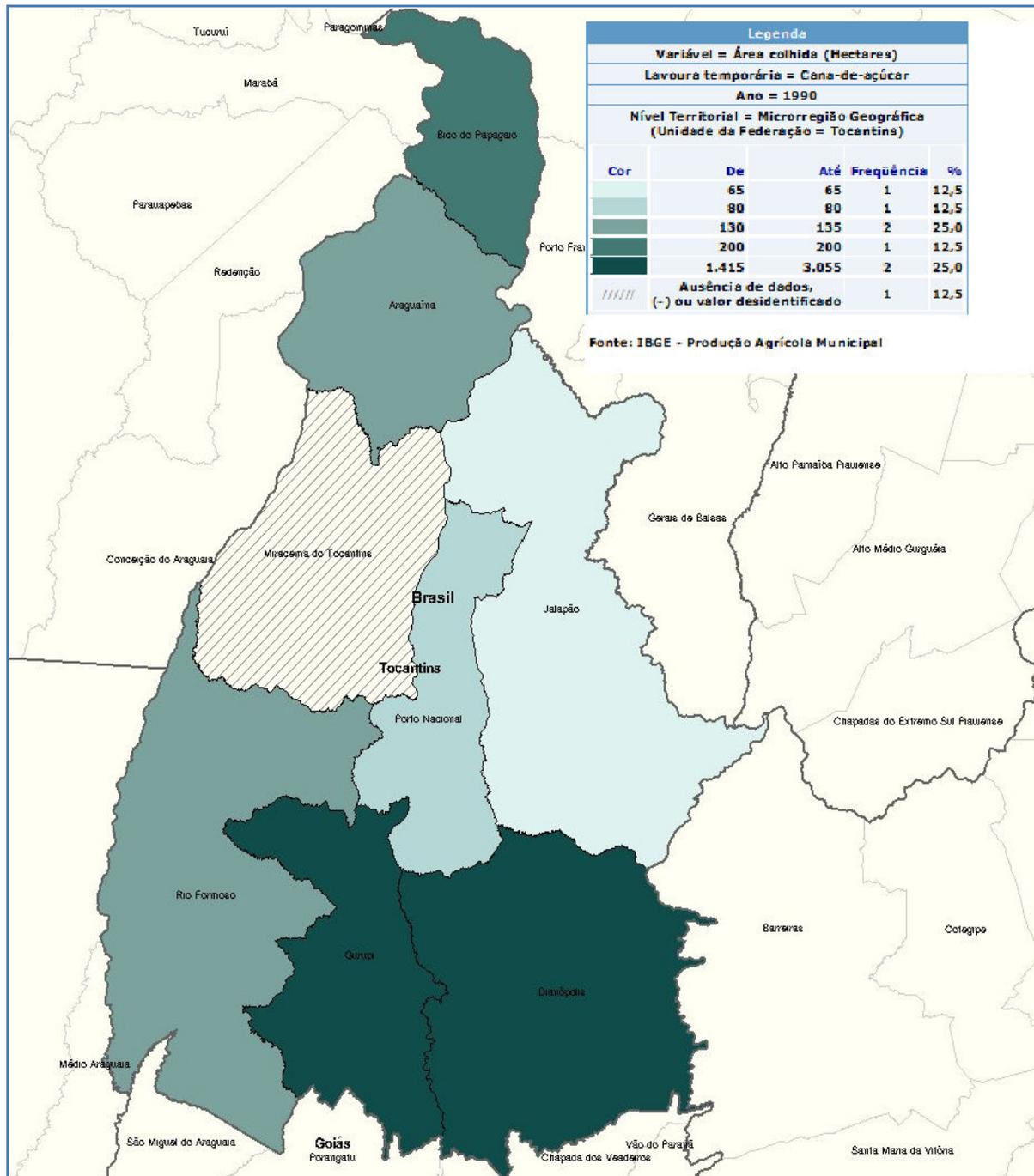


Figura 21 - Mapa de expansão da cana no Tocantins 1990
Fonte: IBGE, 2010

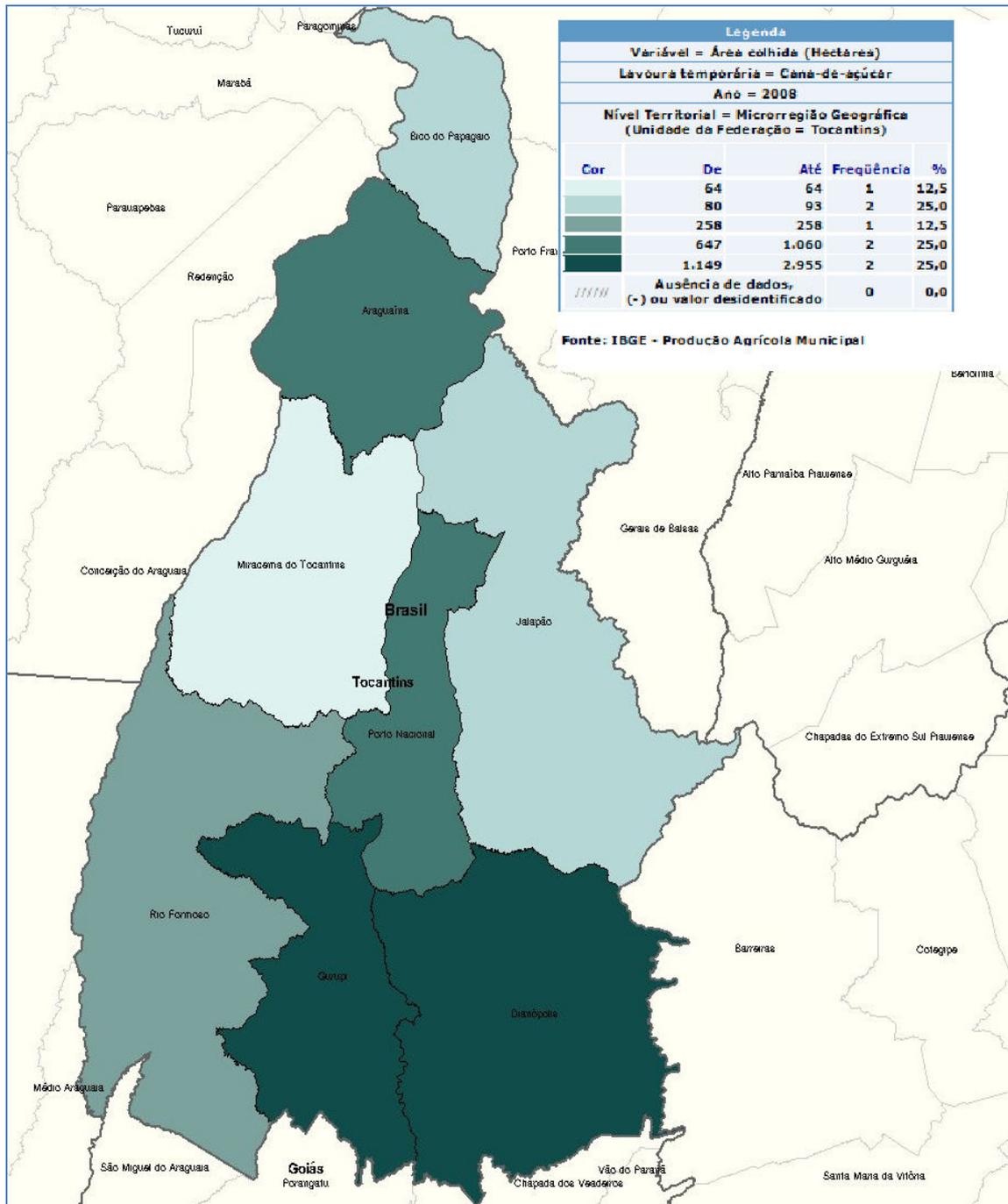


Figura 22 - Mapa de expansão da cana no Tocantins 2008
Fonte IBGE, 2010

Já o zoneamento agroecológico mostra a capacidade do Estado na expansão para as lavouras da cana-de-açúcar, com uma área total de 1.140 mil hectares distribuídos em oito microrregiões do Tocantins. Com ênfase para as microrregiões de Gurupi, Porto Nacional, Araguaína e Bico do Papagaio, as quais margeiam tanto a BR 153 como a instalação da ferrovia Norte-sul.

A Figura 23 anterior, ilustra o zoneamento agroecológico do estado, observa-se que as microrregiões de Porto Nacional, Araguaína, Gurupi, e Bico do Papagaio estão diretamente inseridos nas áreas mais propícias para o plantio, com maior capacidade para a expansão do setor canavieiro.

Entretanto, frente às informações divulgadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que trazem o Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia, é importante salientar que os dados da cana-de-açúcar para demanda industrial são incipientes, e o estado só apresenta produção de álcool partir de 1991, sendo que a quantidade de cana destinada para este fim somente aparece nos registros a partir de 1995, de forma inconsistente, o que traz dificuldades para maiores análises.

Tabela 19 - Áreas de aptidão para o Cultivo da Cana-de-açúcar Tocantins

Classes de aptidão (ha) aptidão	Áreas aptas por tipo de uso da terra por classe de aptidão (há)				
	Pastagem	Agropecuária	Agricultura	Pastagem + Agropecuária	Pastagem + Agropecuária + Agricultura
Alta	0	0	0	0	0
Média	1067243,64	0	73353,85	1067243,64	1140597,49
Baixa	0	0	0	0	0
Alta+Média	1067243,64	0	73353,85	1067243,64	1140597,49
Alta+Média+Baixa	1067243,64	0	73353,85	1067243,64	1140597,49

Fonte: EMBRAPA / Manzatto *et al.*, 2009

Mesmo com a inconsistência dos dados, a Tabela 19 mostra a aptidão do Estado do Tocantins segundo o zoneamento agroecológico da cana, o qual mostra a inexistência de áreas com alta e média aptidão para o cultivo da cana-de-açúcar, possuindo apenas áreas com aptidão média. No entanto, para o melhor desenvolvimento da planta, devem-se identificar os municípios que possuam o clima adequado para as fases de crescimento vegetativo da planta e maturação.

Concernente ao mercado consumidor, na comparação com a região Centro-Oeste, onde há quase dois milhões de unidades de carro flex vendidas até 2008 (SILVIA *et al.* 2009), este veio a se tornar um dos maiores mercados consumidores de álcool carburante do país, favorecendo o estado de Goiás. Todavia, o estado do Tocantins, onde a frota total de automóveis licenciados até dezembro de 2009 atinge um total de 104.217 entre flex e gasolina

(IBGE, 2010), mostra um número muito inferior à frota nacional, indicando que apesar do possível potencial de produção, a demanda ainda é incipiente dentro do estado, necessitando exportar o produto para outros estados da região Centro-Oeste.



Figura 24 - Mapa ferroviário parcial
Fonte IBGE, 2010

Por conseguinte, o potencial de exploração, além de depender da existência das condições edafoclimáticas favoráveis, depende do aumento da capacidade logística do estado para exportar sua produção. Atualmente, o estado possui três usinas instaladas: a primeira em Arraias, a segunda em Peixe, e a terceira em Pedro Afonso, com capacidade de absorver mais usinas; entretanto o Tocantins depende da conclusão da ferrovia Norte-Sul e a Centro-Atlântica, como constam no mapa da Figura 24, o que permitirá que a produção do Estado chegue às regiões Centro-Sul e Nordeste.

Neste contexto, as lavouras de cana-de-açúcar necessitam obedecer ao Zoneamento Agroecológico, respeitando as áreas com características do bioma Amazônico, declividade superior a 12% (doze por cento), cobertura de vegetação nativa ou reflorestamento, remanescentes florestais e de proteção ambiental, dunas, mangues, escarpas, afloramento de rochas, mineração, áreas urbanas; e de terras indígenas. Ao excluir estas áreas, por não possibilitarem a exploração de cana-de-açúcar, os municípios propícios ao plantio permitem o aumento da produção de álcool, açúcar e cana-de-açúcar para outros fins, sempre observando a relação solo-temperatura-chuva para atender às necessidades edafoclimáticas da planta. Quando atendidas estas necessidades agrônômicas da planta, a logística passa ser o desafio a ser superado para o desenvolvimento do setor canavieiro no estado do Tocantins, que conta com a BR-153 e a instalação da ferrovia Norte-sul, para a distribuição dos derivados da cana-de-açúcar, principalmente o álcool carburante dentro do estado, com eventual possibilidade de exportação para abastecer outros mercados consumidores com maior potencial de demanda como o Centro-oeste e o Nordeste.

No que diz respeito às áreas próprias para plantio, no apêndice A encontra-se a lista dos municípios do Tocantins aptos à produção. Segundo essa nota técnica, o Ministério, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, mostra que o cultivo da cana-de-açúcar no Estado Tocantins exige condições específicas como temperatura média do ar, deficiência hídrica anual, índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) e o risco de geadas. Logo, com a observação das características necessárias ao cultivo da cana-de-açúcar, foram identificados os municípios considerados aptos e que atendem aos critérios adotados, que possuam baixo risco climático e dentro do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar.

5 – CONSIDERAÇÕES PARA O SETOR CANAVIEIRO NO BRASIL, GOIÁS E TOCANTINS

Este trabalho não tem a pretensão de representar uma verdade única sobre a expansão do setor canavieiro no corredor Centro-norte do Brasil, somando-se a este o sul de Goiás, assim como não se pretende achar que as variáveis aqui adotadas foram as únicas responsáveis para este desenvolvimento. Porém, o setor canavieiro, ao encontrar condições agronômicas favoráveis para expansão nas cinco regiões do país, merece atenção especial das políticas públicas que regulamentem o seu crescimento, evitando a expansão para áreas inadequadas ecologicamente ao seu desenvolvimento.

Uma vez que no Brasil pós década de setenta, a produção de carros movidos a álcool carburante aumentou, atribuindo ao setor canavieiro a responsabilidade de atender este crescimento, neste momento ainda sob a égide do estado, sendo que, com o fim do Instituto do Açúcar e do Alcool, no período da liberalização do mercado, a falta de preparo afetou o setor, o que estagnou as vendas dos carros a álcool por desconfiança do consumidor, ocasionada por eventuais desabastecimentos do combustível nos postos. Não obstante, o surgimento do carro flex possibilitou a escolha pelo consumidor do combustível a consumir em seu automóvel, dando um novo impulso à demanda por álcool carburante, quando este é mais barato que a gasolina, na relação de 70%. E para atender a crescente demanda no Brasil, em 2008, havia em funcionamento mais de 343 usinas em atividade, espalhadas nas cinco regiões do país, com a maior parte destas usinas localizadas no estado de São Paulo, seguido pelos estados de Minas Gerais e Paraná na região Centro-Sul e, nordeste nos estados de Alagoas e Pernambuco. Observou-se que na evolução do setor canavieiro, foi imperativa a implantação das políticas institucionais, uma das quais, já citada e ligada ao Proálcool, como o incentivando ao etanol usado na gasolina como aditivo e puro, proporcionaram além de ganhos ambientais, concedeu ao setor canavieiro a composição de um mix de produtos (açúcar e álcool) derivados da cana-de-açúcar. Portanto neste contexto mercadológico e institucional favorável, a expansão na região Centro-Sul passa a ser determinada principalmente pela conjunção de fatores edafológicos, logísticos institucionais e de mercado. Como exemplos, têm-se os estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais, que além de possuírem condições climáticas e edafológicas adequadas para a expansão do setor, possuem também a logística adequada para a distribuição competitiva dos produtos no mercado consumidor. É justamente a logística, desde que adequada, o fator propulsor para a expansão do setor canavieiro, uma vez que estes estados são grandes consumidores de etanol.

Conseqüentemente, estes fatores conjugados trazem as condições favoráveis à expansão do setor canavieiro, principalmente quando o mercado consumidor é favorecido por uma logística cada vez mais eficiente. Portanto a exploração de áreas de fronteira agrícolas distantes dos mercados consumidores mais populosos, como é o caso das regiões Sul, Sudeste, e parte do Centro-Oeste brasileiro só serão possíveis, se somente se, o estado promover a dinamização e regulamentação do setor canavieiro de maneira que este cresça de maneira sustentável.

Portanto em quais variáveis o governo deve ficar atento para elaborar suas políticas? E como mostrar concretamente quais variáveis são responsáveis por esta expansão?

Esta resposta deriva do tratamento das variáveis, citadas no anexo A, através da análise fatorial (AF) pelos componentes principais que possui o intuito de reduzi-las a fatores comuns, os quais são tratados numa análise de regressão múltipla. Observa-se que no primeiro modelo (AF), as variáveis relacionadas com a indústria, e também influenciadas pelo governo indicam aproximadamente 50% da variância explicada e somada a esta, as variâncias das variáveis relacionadas às decisões de mercado atingem o patamar de 89% da variância explicada. Em seguida, com a convalidação destas variáveis pelos testes já realizados, o resultado desta fase possibilita o uso dos fatores comuns extraídos por meio da análise fatorial na etapa seguinte.

Destarte, após a extração dos fatores comuns na análise fatorial, o uso destes na análise de regressão múltipla mostra em seus resultados que estas variáveis explicam 88% da expansão do setor, ou seja, os fatores comuns extraídos das variáveis aqui adotadas, com relação ao estado de Goiás, confirmam a importância destas na expansão do setor canavieiro para o referido estado.

Nota-se que o ajuste do modelo, apesar de ser esperado, e em conformidade com as teorias aqui abordadas corrobora com a necessidade de políticas regulatórias que controlem os resultados advindos desta expansão de maneira responsável. Pois, mesmo a variável ambiental não estando relacionada diretamente no modelo, esta se encontra intrinsecamente relacionada com a possibilidade de abertura de novos mercados para a indústria sucroalcooleira.

Ressalta-se a necessidade destas políticas em estados como Goiás, pertencente à região Centro-Oeste, o qual faz parte da atual fronteira agrícola brasileira, uma vez que sua região norte está inserida no corredor de transporte Centro-Norte do país, e onde sua região sul está próxima dos estados da região sudeste. Tem-se desta maneira que o estado de Goiás, faz a ligação entre duas regiões do país. Ou seja, este interliga as regiões norte e sul do país, tornando-o um estado com grande potencial de exploração logístico. Apesar disso, a

capacidade de expansão do setor canavieiro em Goiás não se deve somente à existência de fatores edafológicos favoráveis, mas de fatores de mercados ligados às decisões dos consumidores, com a compra de carros flex, o que proporciona a expansão no uso de etanol, como adotado no modelo.

Com uma área de aproximadamente doze milhões e meio de hectares propícios para as lavouras de cana-de-açúcar, em 2008 foram explorados 401.100 hectares, o equivalente aproximadamente 3,2% da área, o que mostra um grande potencial de crescimento para este setor em Goiás, que entre 2007/08 possuía, aproximadamente 38 usinas instaladas em funcionamento, além das projetadas para instalação futura. Todavia, a referida expansão ocorreu com mais ênfase na região sul do estado, por esta reunir as condições edafológicas, de localização geográfica e logística mais favorável, permitindo as usinas do setor ficar próximas dos mercados consumidor local e regional, onde há a mão-de-obra necessária para as lavouras, indústrias e setores de apoio.

Em Goiás, observa-se que dentre as variáveis escolhidas, a evolução dos carros flex no Centro-Sul e dentro do próprio estado, é um dos fatores responsáveis pelo aumento na demanda por etanol, apesar desta variável depender diretamente do setor de apoio ligado à distribuição e transporte, ou seja, a logística possui papel fundamental na competitividade do setor canavieiro. Entretanto quando esta variável posicionada para o Tocantins, só terá influência quando a ferrovia Norte-Sul estiver implantada, o que permitiria ao Estado a expansão da produção e distribuição dos derivados da cana-de-açúcar.

Contudo é necessário um maior número de observações, no que diz respeito à temperatura e precipitação pluviométrica, para análises que subsidiem políticas públicas que visem o desenvolvimento sustentável para estas lavouras. Pois mesmo que o mercado consumidor seja propício para o consumo de etanol e açúcar, sem a infraestrutura logística para a distribuição dos produtos nos mercados consumidores locais e regionais, não há como o setor se desenvolver alicerçado somente no mercado Tocantinense.

No que diz respeito a produção os estudos atuais como o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, o estado possui aproximadamente 1.140 mil hectares disponíveis para as lavouras, o que daria a possibilidade de implantação de usinas que ao utilizarem uma área de aproximadamente 50 mil hectares, ou seja, usinas de porte médio, a capacidade instalada seria de aproximadamente vinte e duas unidades, deixando o Tocantins próximo, em número de usinas, ao que o estado de Alagoas possuía em 2008, em quantidade de usinas instaladas, que guardadas as devidas proporções tecnológicas, possibilitaria ao estado do Tocantins uma produção similar de açúcar e álcool com, 2.000.000 toneladas e 550.000 m³, respectivamente.

Por fim, o setor canavieiro, que nas últimas décadas se adaptou e explorou novos mercados advindos da valorização ambiental pelo uso do etanol e a cogeração de energia elétrica, com a possibilidade da implantação de novas tecnologias, como a produção do etanol de celulose, abriu a possibilidade para novos meios de produção e mercados consumidores interessados no consumo consciente, embora necessite urgentemente de políticas de desenvolvimento industrial e de infraestrutura direcionadas para o agronegócio brasileiro nas regiões citadas, o que, inevitavelmente, beneficiaria não somente o setor em questão, mas todos os negócios ligados diretamente e indiretamente ao agronegócio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, Edgard. **Complexos Agroindustriais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.
- ALMEIDA, Alivinio de. **Hidrovia Tocantins-Araguaia: importância e impactos econômicos locais**. Tese de Doutorado da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: ESALQ-USP, 2004.
- BAYER, Werner. **A Economia Brasileira** São Paulo: Nobel, 2002.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/logística empresarial**. Tradução Raul Rubenich. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARROS, Geraldo Santana de Camargo. DE MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro**. Tese de Doutorado da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: ESALQ-USP, 2002.
- BATALHA, Mário Otávio (Org.). GRUPO DE ESTUDO E PESQUISAS AGROINDUSTRIAIS-GEPAI. **Gestão Agroindustrial**. Volume 1 e 2. São Paulo: Atlas, 1997.
- BRAICK, Patrícia Ramos; MOTA, Becho Myriam. **História: das cavernas ao terceiro milênio**. São Paulo: Moderna, 2007.
- CASCALHO, João Pedro Veiga Ribeiro. **Mineralogia dos Sedimentos Arenosos da Margem Continental Setentrional Portuguesa**. Tese de Doutorado. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2000. CONAB -Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil**. Brasília: CONAB, 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil**. Brasília,-: CONAB, 2008.
- DATAGRO - Consultoria de etanol e açúcar do Brasil. **Dados da cana-de-açúcar em Goiás**. 2010.
- FÁVERO, Luiz Paulo Lopes; BELFIORE, Patrícia Prado; CHAN, Betty Lilian; SILVA, Fabiana Lopes da.. **Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. São Paulo. Campus, 2009
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO - FAO. **Produção e Produtividade de Cana-de-açúcar por países, 2007**. Disponível em: <http://faostat.fao.org> Acesso em: dez/2009
- GEIPOP - Empresa Brasileira de Planejamento e Transporte. **Sistema de Informações do Anuário Estatístico dos Transportes**. Disponível em: www.geipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm Acesso em: set/2009.

GONTIJO, Cláudio; AGUIRRE, Antônio. Elementos para uma tipologia do uso do solo agrícola no Brasil: uma aplicação de análise fatorial. Rio de Janeiro: **Revista Brasileira de Economia**, v.42, n.1, p. 13-49, 1988.

GUJARATI, Damodar. **Econometria básica**. Tradução de Ernesto Yoshida. São Paulo: Makron Books, 2000.

HAIR JUNIOR, Joseph; ANDERSON, Rolph; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HILL, Carter; GRIFFITHS, William; JUDGE, George. **Econometria**. São Paulo: Saraiva, 2003.

HOFFMANN, Rodolfo. **Componentes principais e análise fatorial**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2002.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados da cana-de-açúcar do Brasil, Goiás e Tocantins**. Disponível em: www.ibge.gov.br Acesso em: dez/2010

IPEA- Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada. **Dados da cana-de-açúcar do Brasil, Goiás e Tocantins**. IPEADATA. Disponível em: www.ipeadata.gov.br Acesso em: dez/2010

JANK, Marcos Sawaya. **Escassez de crédito afeta o setor sucroalcooleiro**. Disponível em: www.pastoraldomigrante.com.br/index.php?view=article&id=557:escassez-de-credito-afeta-o-setor-canavieiro&option=com_content&Itemid=54 Acesso em: out/2010.

JOHNSON, Richard Arnold; WICHERN, Dean. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1992.

KUPFER, David; HASENCLEVER, Lia. **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

MALHOTRA, Naresh. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANZATTO, Celso Vainer (Org.). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agroindústria canavieira: ementário nacional – compêndio histórico de normativos e documentos legais [recursos eletrônicos]**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.

MARIN, Fábio Ricardo. **Pré-produção Cana-de-açúcar, Características edafoclimáticas**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html Acesso em: jun/2009.

MARTINS, Ricardo; LEMOS, Mauro Borges(Orgs.). **Corredor centro-leste**: sistemas de transporte de Minas Gerais na perspectivas dos eixos de desenvolvimento e integração. Texto para discussão n° 289. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2006.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

NEVES, Marcos Fava; ZYLBERSZTAJN, Décio; NEVES, Evaristo Marzabal. **Agronegócio do Brasil**. São Paulo: Saraiva 2005.

PADILHA, Ana Claudia Machado; SLUSZZ, Thaisy; SILVA, Tânia Nunes da. Tipologia dos 4C's no complexo agroindustrial da cachaça de alambique do Rio Grande do Sul. Taubaté: **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional G&DR**, v. 4, n. 1, p. 57-74, 2008.

PRADO JÚNIOR, Caio. **Formação do Brasil Contemporâneo**: colônia. São Paulo: Brasiliense, 1994.

RENCHER, Alvin. **Methods of multivariate analysis**. Nova York: John Wiley & Sons, 1995.

RIBEIRO, Noely Vicente; FERREIRA, Laerte Guimarães; FERREIRA, Nilson Clementino. Expansão do setor sucroalcooleiro no cerrado goiano: cenários possíveis e desejados. In: **Simpósio Nacional Cerrado**, Brasília: Parlamundi, 2008.

RIBEIRO, Noely Vicente; FERREIRA, Laerte Guimarães; FERREIRA, Nilson Clamentino. Expansão da Cana-de-açúcar no Bioma Cerrado: uma análise a partir da modelagem perceptiva de dados cartográficos e orbitais. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Anais. Natal: INPE, 2009.

RODRIGUES, Roberto. **Perspectivas da produção de alimentos vs. Biocombustíveis**. São Paulo, FGV, 2007.

SARTORIS, Alexandre. **Estatística e Introdução à Econometria**. São Paulo: Saraiva, 2003.

SCANDIFFIO, Mirna Ivonne Gaya. **Infra-Estrutura e Logística de Transporte de Cana e Etanol**. Campinas: NIPE-UNICAMP, 2008.

SHARMA, Subhash. **Applied multivariate techniques**. Nova York: John Wiley & Sons, 1996.

SEBRAE. **O novo ciclo da cana**: Estudo sobre a Competitividade do Sistema Agroindustrial da Cana-de-açúcar e Prospecção de Novos Empreendimentos. Brasília: IEL/NC - SEBRAE, 2005.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiros. Piracicaba: ESALQ-USP, 1997.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis. ALVES, Lucilio Rogério Aparecido. SOUZA, Elvanio Costa de. CARVALHEIRO, Elizângela Mara. Uma análise econométrica preliminar das ofertas de açúcar e álcool paranaenses. São Paulo: **Revista de Economia Agrícola**, v. 54, n. 1, p. 21-32, 2007.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis. MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de. **A agroindústria Canavieira no Brasil**. São Paulo. Atlas, 2002.

SILVA, Wagner Fernando da; AGUIAR, Daniel Alves de; RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor; SUGAWARA, Luciana Miura; AULICINO, Tânia Litsue Imoto Nakaya. Análise da expansão da área cultivada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: safras 2005/2006 a 2008/2009. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Anais. Natal: INPE, 2009.

SINDIPOSTO. Sindicato do Comércio Varejista de Derivados de Petróleo no Estado de Goiás. Goiânia: **Revista do SINDIPOSTO**, Ano XII, Edição nº. 43, 2008.

STEVENSON, William. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 2001.

USTULIN, Edson José; SEVERO, José Ricardo. **Proteger o ambiente e continuar gerando empregos**. Disponível em: <http://www.cna.org.br/site/noticia.php?n=1172> Acesso em: maio/2009.

ZYLBERSTAJN, Décio, NEVES, Marco Fava (Orgs.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição. São Paulo: Pioneira, 2000.

ANEXO A
Tabela – Matriz das Variáveis

Período	Variável dependente	1	2	3	4	5	6
	Área Colhida de Cana/ha	Indicador de Comercial	Perc. de cana destinada ao Açúcar	Produt Ind. do Álcool m ³ /t	Produt Ind. do Açúcar t/t	VA Dummy Extinção do IAA	Veículos Álcool & flex.
1981	28.488	0,20	0,58	0,07	0,12	0	136.242
1982	37.335	0,22	0,35	0,06	0,10	0	232.575
1983	62.136	0,21	0,09	0,06	0,11	0	579.328
1984	77.011	0,47	0,03	0,07	0,11	0	565.536
1985	96.015	0,61	0,03	0,07	0,12	0	645.551
1986	110.430	0,60	0,02	0,08	0,12	0	697.049
1987	119.793	0,63	0,02	0,07	0,11	0	458.683
1988	88.980	0,84	0,03	0,07	0,12	0	566.482
1989	94.250	0,67	0,03	0,08	0,12	0	399.529
1990	97.950	0,59	0,05	0,07	0,12	1	81.996
1991	101.919	0,60	0,08	0,07	0,12	1	150.982
1992	98.614	0,65	0,08	0,09	0,14	1	195.503
1993	95.981	0,70	0,17	0,08	0,13	1	264.235
1994	104.582	0,65	0,23	0,08	0,13	1	141.834
1995	104.498	0,76	0,26	0,08	0,14	1	40.706
1996	108.352	0,74	0,28	0,08	0,13	1	7.647
1997	106.733	0,98	0,30	0,08	0,13	1	1.120
1998	128.093	0,80	0,25	0,08	0,14	1	1.224
1999	130.446	0,91	0,32	0,08	0,13	1	10.947
2000	139.186	0,70	0,42	0,08	0,12	1	10.292
2001	129.921	0,70	0,43	0,08	0,13	1	18.335
2002	145.069	0,75	0,45	0,08	0,13	1	55.961
2003	164.861	0,77	0,43	0,08	0,13	1	84.558
2004	176.328	0,93	0,38	0,08	0,13	1	379.329
2005	196.596	0,9	0,38	0,08	0,14	1	844.461
2006	232.577	0,76	0,38	0,08	0,13	1	1.432.197
2007	278.000	0,72	0,36	0,08	0,13	1	1.995.197
2008	401.100	0,64	0,32	0,09	0,14	1	2.329.331

Fonte: A variável dependente esta disponível no IBGE e IPEA; a variável 1 foi elaborada pelo autor com dados do DATAGRO e IBGE; a variável 2 fornecida pelo DATAGRO; as variáveis 3 e 4 elaboradas pelo autor com dados do DATAGRO; as variáveis 5 estão disponível no site da ÚNICA, a variável 6 foi elaborados pelo autor com base em informações pertinente na literatura com a inclusão da variável Dummy representando a extinção do IAA.

ANEXO B

A Tabela I mostra o teste estatístico de colinearidade indicado pelos testes de tolerância e VIF (Fator Inflacionário da Variância), nos quais os parâmetros de significância dados na última coluna estão iguais a 1. Segundo Fávero, os modelos de regressão múltipla para não apresentar multicolinearidade das variáveis, não só o teste de significância t deve ter valor menor que 5%, mas os testes de tolerância e VIF devem ter valores próximos de 1(2009. p.373-375).

I Coeficientes(a)

Coefficients a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF
1 (Constant)	130544.4	4774.758		27.341	.000	120689.811	140399.046		
REGR factor score 1 for analysis 2	35523.024	4862.376	.475	7.306	.000	25487.573	45558.475	1.000	1.000
REGR factor score 2 for analysis 2	20686.510	4862.376	.276	4.254	.000	10651.059	30721.961	1.000	1.000
REGR factor score 3 for analysis 2	57815.657	4862.376	.773	11.890	.000	47780.206	67851.107	1.000	1.000

^a. Dependent Variable: Área_I_colhida_de_Cana ha

Fonte: Elaborado pelo autor. Saída do Software spss 15.

O penúltimo passo realizado nesta regressão foi o teste de heterocedasticidade. Sendo esta uma análise de regressão, a presença de não homocedasticidade implica que as variâncias não são as mesmas para todas as observações, provocando como consequência estimadores não confiáveis para a regressão.

Certamente a presença de heterocedasticidade tem como resultado praticamente as mesmas da autocorrelação. Portanto, para a confirmação ou não da presença de

heterocedasticidade no modelo, foram utilizados os testes White's e White's (squares only). Nas Tabelas II e III estão os resultados, e em ambos não foi detectada a presença de heterocedasticidade.

Tabela II teste de heterocedasticidade White's.

Teste White's para heterocedasticidade-
 Hipótese nula: não ha presença de heterocedasticidade
 Teste estatístico: $LM = 9,36185$
 with p-value = $P(\text{Chi-Square}(9) > 9,36185) = 0,404565$

Fonte: teste realizado no software gretl 1.8.7.

Tabela III teste de heterocedasticidade White's (squares only)

Teste White's para heterocedasticidade (squares only) –
 Hipótese nula: não há presença de heterocedasticidade
 Teste estatístico: $LM = 5,66387$
 with p-value = $P(\text{Chi-Square}(6) > 5,66387) = 0,461876$

Fonte: teste realizado no software gretl 1.8.7.

Por fim, o último teste para verificar a consistência do modelo foi o teste de autocorrelação com duas defasagens, uma de 1ª ordem e a segunda de 4ª ordem. Nas duas Tabelas geradas não houve a presença de autocorrelação, indicando por fim que o modelo de regressão atende a todas as condições impostas para a análise de regressão múltipla.

Tabela IV teste de autocorrelação de 1ª ordem

Teste LM para autocorrelação 1ª ordem

Hipótese nula: não ha presença de autocorrelação

Teste estatístico: LMF = 0,0251498

with p-value = $P(F(1,23) > 0,0251498) = 0,875379$

Fonte: teste realizado no software gretl 1.8.7.

Tabela V teste de autocorrelação de 4ª ordem

Teste LM para autocorrelação 4ª ordem

Hipótese nula: não ha presença de autocorrelação

Teste estatístico: LMF = 0,435823

with p-value = $P(F(4,20) > 0,435823) = 0,781167$

Fonte: teste realizado no software gretl 1.8.7.

APÊNDICE A

Abaixo esta reproduzida a nota técnica, onde o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento especifica os municípios para cultivo da cana-de-açúcar no o Estado Tocantins.

1. NOTA TÉCNICA

O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Brasil é destinado, em sua maior parte, à produção de açúcar e de etanol e, em menor escala, para outras finalidades, como a alimentação animal e fabricação de aguardente. Em termos gerais, o sistema de produção de cana-de-açúcar é constituído de uma safra decorrente do plantio, seguido de cinco ou mais safras oriundas da rebrota das soqueiras. O corte da cana-de-açúcar possibilita a renovação da cultura, não só da parte aérea como também do seu sistema radicular. A cana-de-açúcar apresenta alta eficiência de conversão de energia radiante em energia química, quando cultivada em condições de elevada temperatura do ar e radiação solar intensa, associada à disponibilidade de água no solo. A temperatura é um dos elementos climáticos mais importantes na produção.

Temperatura média do ar entre 30°C e 34°C proporciona uma taxa máxima de crescimento da cultura, ocorrendo redução do crescimento em temperaturas maiores que 35°C, bem como inferiores a 25°C. Temperatura acima de 38°C implica em crescimento praticamente nulo da cultura.

A cultura é suscetível a baixas temperaturas, sendo que em áreas com ocorrências de geadas frequentes o cultivo da espécie torna-se economicamente inviável. O consumo hídrico da cultura varia conforme os estádios fenológicos, sendo de fundamental importância para o rendimento final um suprimento hídrico adequado, especialmente nas fases críticas de desenvolvimento. No período de maturação, a presença de uma estação seca favorece o acúmulo de sacarose no colmo e facilita o manejo e a colheita.

A cana-de-açúcar é muito dependente das condições físicas e químicas dos solos, em profundidades de até 80 a 100 cm. Nos primeiros dois anos de cultivo, sua produtividade está mais relacionada às características físicas e químicas dos horizontes superficiais do solo e do manejo agrícola (calagem e adubações). Após o terceiro corte, as características dos horizontes sub-superficiais influenciam mais na estabilidade da produção e na produtividade da cultura. Objetivou-se, com o zoneamento agrícola de risco climático, identificar os municípios aptos e os períodos de plantio, para o cultivo da cana-de-açúcar destinada à produção de etanol, açúcar e outros fins no Estado de Tocantins.

Para essa identificação foram avaliados, entre outros aspectos, as exigências hídricas e térmicas da cultura, a aptidão climática, as ofertas climáticas, a produtividade, o nível de tecnologia, os solos e o relevo. Para delimitação das áreas aptas ao cultivo da cana-de-açúcar em condições de baixo risco, foram consideradas as seguintes variáveis: temperatura média do ar, deficiência hídrica anual, índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) e o risco de geadas, sendo adotados os seguintes critérios:

- Temperatura média anual maior que 20°C;
- Deficiência hídrica anual inferior a 400 mm; e
- ISNA igual ou maior que 0,50.

Foram considerados aptos ao cultivo os municípios que atenderam aos critérios adotados para o cultivo da cana-de-açúcar em condições de baixo risco climático. Adicionalmente, a indicação dos municípios aptos ao cultivo destinados à produção de etanol e açúcar (item 5.1) teve como referência o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar.

Nota:

Para plantio de novas áreas, destinadas à produção de etanol e açúcar, deve-se observar o disposto no zoneamento agroecológico aprovado pelo Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009, publicado no Diário Oficial da União de 18 de setembro de 2009, cuja listagem não contempla as seguintes áreas:

- a) do bioma Amazônia;

- b) com declividade superior a 12% (doze por cento);
- c) com cobertura de vegetação nativa ou reflorestamento;
- d) de remanescentes florestais, ou áreas de proteção ambiental;
- e) de dunas;
- f) de mangues;
- g) de escarpas;
- h) de afloramento de rochas;
- i) de mineração;
- j) de áreas urbanas; e
- k) de terras indígenas.

2. TIPOS DE SOLOS APTOS AO CULTIVO

São aptos ao cultivo de cana-de-açúcar os solos dos tipos 1, 2 e 3, observadas as especificações e recomendações contidas na Instrução Normativa nº 2, de 9 de outubro de 2008.

Não são indicadas para o cultivo:

- áreas de preservação obrigatória, de acordo com a Lei 4.771/65 (Código Florestal) e alterações;

- áreas com solos que apresentam profundidade inferior a 50 cm ou com solos muito pedregosos, isto é, solos nos quais calhaus e matacões ocupem mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno.

3. PERÍODOS DE PLANTIO

11 de outubro a 31 de dezembro.

4. CULTIVARES INDICADAS

Ficam indicadas no Zoneamento Agrícola de Risco Climático, para a cultura de cana-de-açúcar no Estado do Tocantins, as cultivares de cana de açúcar registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, atendidas as indicações das regiões de adaptação, em conformidade com as recomendações dos respectivos obtentores/detentores (mantenedores).

Nota: Devem ser utilizadas, no plantio, mudas produzidas em conformidade com a legislação brasileira sobre sementes e mudas (Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, e Decreto nº 5.153, de 23 de agosto de 2004).

5. RELAÇÃO DOS MUNICÍPIOS APTOS AO CULTIVO

A relação de municípios do Estado do Tocantins aptos ao cultivo de cana-de-açúcar foi calculada em dados disponíveis por ocasião da sua elaboração. Se algum município mudou de nome ou foi criado um novo, em razão de emancipação de um daqueles da listagem abaixo, todas as indicações são idênticas às do município de origem, até que nova relação o inclua formalmente.

5.1 MUNICÍPIOS INDICADOS PARA O PLANTIO DE NOVAS ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR, DESTINADAS À PRODUÇÃO DE ETANOL E AÇÚCAR (EXCETO AÇÚCAR MASCADO).

Aguiarnópolis, Aliança do Tocantins, Almas, Alvorada, Ananás, Angico, Aparecida do Rio Negro, Aragominas, Araguaçu, Araguaína, Araguanã, Araguatins, Augustinópolis, Aurora do Tocantins, Axixá do Tocantins, Babaçulândia, Bandeirantes do Tocantins, Barra do Ouro, Barrolândia, Bom Jesus do Tocantins, Brasilândia do Tocantins, Brejinho de Nazaré, Buriti do Tocantins, Cachoeirinha, Campos Lindos, Cariri do Tocantins, Carmolândia, Carrasco Bonito, Centenário, Chapada da Natividade, Colinas do Tocantins, Colméia, Couto de Magalhães, Crixás do Tocantins, Darcinópolis, Dianópolis, Divinópolis do Tocantins, Dueré, Fátima, Figueirópolis, Filadélfia, Goiatins, Guaraí, Gurupi, Ipueiras, Itacajá,

Itaguatins, Itapiratins, Jaú do Tocantins, Lagoa do Tocantins, Lajeado, Lizarda, Luzinópolis, Mateiros, Maurilândia do Tocantins, Miracema do Tocantins, Monte do Carmo, Monte Santo do Tocantins, Muricilândia, Natividade, Nazaré, Nova Olinda, Novo Acordo, Novo Jardim, Palmas, Palmeirante, Palmeiras do Tocantins, Paraíso do Tocantins, Pau D'Arco, Pedro Afonso, Peixe, Pindorama do Tocantins, Piraquê, Ponte Alta do Bom Jesus, Ponte Alta do Tocantins, Porto Alegre do Tocantins, Porto Nacional, Praia Norte, Presidente Kennedy, Riachinho, Rio da Conceição, Rio dos Bois, Rio Sono, Sampaio, Sandolândia, Santa Maria do Tocantins, Santa Rita do Tocantins, Santa Rosa do Tocantins, Santa Tereza do Tocantins, Santa Terezinha do Tocantins, São Bento do Tocantins, São Félix do Tocantins, São Miguel do Tocantins, São Salvador do Tocantins, São Valério da Natividade, Silvanópolis, Sítio Novo do Tocantins, Sucupira, Taguatinga, Talismã, Tocantínia, Tocantinópolis, Tupirama e Wanderlândia.

5.2 MUNICÍPIOS INDICADOS PARA O PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR DESTINADA A PRODUÇÃO DE ETANOL(*), AÇÚCAR (*) E OUTROS FINS.

(*) áreas ocupadas com cana-de-açúcar até 28 de outubro de 2009, ou cujo pedido de licenciamento ambiental para tal ocupação já tenha sido protocolado até aquela data.

Abreulândia, Aguiarnópolis, Aliança do Tocantins, Almas, Alvorada, Ananás, Angico, Aparecida do Rio Negro, Aragoquinas, Araguacema, Araguaçu, Araguaína, Araguanã, Araguatins, Arapoema, Arraias, Augustinópolis, Aurora do Tocantins, Axixá do Tocantins, Babaçulândia, Bandeirantes do Tocantins, Barra do Ouro, Barrolândia, Bernardo Sayão, Bom Jesus do Tocantins, Brasilândia do Tocantins, Brejinho de Nazaré, Buriti do Tocantins, Cachoeirinha, Campos Lindos, Cariri do Tocantins, Carmolândia, Carrasco Bonito, Caseara, Centenário, Chapada de Areia, Chapada da Natividade, Colinas do Tocantins, Colméia, Combinado, Conceição do Tocantins, Couto de Magalhães, Cristalândia, Crixás do Tocantins, Darcinópolis, Dianópolis, Divinópolis do Tocantins, Dois Irmãos do Tocantins, Dueré, Esperantina, Fátima, Figueirópolis, Filadélfia, Formoso do Araguaia, Fortaleza do Tabocão, Goianorte, Goiatins, Guaraí, Gurupi, Ipueiras, Itacajá, Itaguatins, Itapiratins, Itaporã do Tocantins, Jaú do Tocantins, Juarina, Lagoa da Confusão, Lagoa do Tocantins, Lajeado,

Lavandeira, Lizarda, Luzinópolis, Marianópolis do Tocantins, Mateiros, Maurilândia do Tocantins, Miracema do Tocantins, Miranorte, Monte do Carmo, Monte Santo do Tocantins, Muricilândia, Natividade, Nazaré, Nova Olinda, Oliveira de Fátima Nova Rosalândia, Novo Acordo, Novo Alegre, Novo Jardim, Palmas, Palmeirante, Palmeiras do Tocantins, Palmeirópolis, Paraíso do Tocantins, Paranã, Pau D'Arco, Pedro Afonso, Peixe, Pequizeiro, Pindorama do Tocantins, Piraquê, Pium, Ponte Alta do Bom Jesus, Ponte Alta do Tocantins, Porto Alegre do Tocantins, Porto Nacional, Praia Norte, Presidente Kennedy, Pugmil, Recursolândia, Riachinho, Rio da Conceição, Rio dos Bois, Rio Sono, Sampaio, Sandolândia, Santa Fé do Araguaia, Santa Maria do Tocantins, Santa Rita do Tocantins, Santa Rosa do Tocantins, Santa Tereza do Tocantins, Santa Terezinha do Tocantins, São Bento do Tocantins, São Félix do Tocantins, São Miguel do Tocantins, São Salvador do Tocantins, São Sebastião do Tocantins, São Valério da Natividade, Silvanópolis, Sítio Novo do Tocantins, Sucupira, Taguatinga, Taipas do Tocantins, Talismã, Tocantínia, Tocantinópolis, Tupirama, Tupiratins, Wanderlândia e Xambioá.