

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO COPPEAD DE ADMINISTRAÇÃO**

RAFAEL MACHADO SAAVEDRA

**UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE FATORES DETERMINANTES DA
ADOÇÃO DA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR ENTRE USINAS
PRODUTORAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO BRASIL**

Mestrado em Administração
Orientador: Professor Cesar Gonçalves Neto, Ph. D.

Rio de Janeiro
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Rafael Machado Saavedra

UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE FATORES DETERMINANTES DA ADOÇÃO DA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR ENTRE USINAS PRODUTORAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO BRASIL.

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Administração, Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: César Gonçalves Neto, Ph. D.

Rio de Janeiro
2008

Saavedra, Rafael Machado.

Um Estudo Exploratório Sobre Fatores Determinantes da Adoção da Colheita Mecanizada da Cana-de-açúcar entre Usinas Produtoras de Açúcar e Álcool no Brasil / Rafael Machado Saavedra. – Rio de Janeiro, 2008.

xiii; 159 f.: il

Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto COPPEAD de Administração, 2008.

Orientador: Cesar Gonçalves Neto.

1. Adoção de Tecnologia. 2. Mecanização da colheita. 3. Cana-de-açúcar. – Teses. I. Cesar Gonçalves Neto (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto COPPEAD de Administração. III. Título.

Rafael Machado Saavedra

UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE FATORES DETERMINANTES DA ADOÇÃO DA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇÚCAR ENTRE USINAS PRODUTORAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO BRASIL.

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Administração, Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Administração.

Aprovada em: ____/____/____

Prof. César Gonçalves Neto, Ph.D. (COPPEAD/UFRJ) - Orientador

Prof. Celso Funcia Lemme, D.Sc. (COPPEAD/UFRJ)

Prof^a. Cristiane Machado Quental, Ph.D. (FIOCRUZ)

Rio de Janeiro, RJ
2008

À Vó Angelina
(*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelos valores, estrutura e apoio. Em especial às minhas irmãs, pela paciência e pela constante troca, e aos meus pais pelo exemplo que são e por sempre colocarem a nossa educação à frente de tudo.

Aos professores do COPPEAD pela dedicação em manter esse ambiente tão desafiador e propício ao nosso desenvolvimento educacional e profissional e ao meu orientador pelo apoio em todo o processo.

Aos alunos do COPPEAD, pelo estímulo e aprendizado mútuo, que tornam pequenos os maiores obstáculos. Em especial à Turma 2006, pelos grandes amigos que se revelaram.

Aos meus amigos e amigas que, cada um com seu jeito, sempre me compreenderam, apoiaram e estimularam, tornando possível cumprir mais essa etapa.

A toda a equipe da FBDS, motivadora e viabilizadora deste trabalho e de uma nova forma de olhar o mundo.

Às equipes do CTC e do SINDAÇÚCAR-AL que apoiaram a realização do estudo, mostrando-se sempre dispostos e interessados em buscar a promoção das melhores práticas entre as empresas do setor.

Ao SYNDARMA pelo incentivo na forma da bolsa de estudos que me foi concedida durante parte importante do curso.

A todos os funcionários do COPPEAD, especialmente às meninas da secretaria acadêmica, ao pessoal da biblioteca e da reprografia, que todos os dias estão lá para nos ajudar, sempre atenciosos e prestativos.

Agradeço especialmente ao Prof. Otavio Figueiredo que, dentro do seu escasso tempo, não mediu esforços para contribuir imensamente para o desenvolvimento do trabalho, e ao Prof. Celso Lemme, pelas palavras certas nas horas certas.

A todos vocês, meu muito obrigado pela presença nas dificuldades e nas vitórias.

RESUMO

A crescente preocupação mundial com as mudanças climáticas está intimamente ligada ao consumo excessivo de combustíveis fósseis. Nesse cenário, o etanol brasileiro, produzido a partir da cana-de-açúcar, se destaca pela eficiência energética e de custos atingida pelas empresas do setor. A capacidade produtiva nacional, passível ainda de grandes expansões, depende do desenvolvimento do mercado consumidor internacional para sua evolução, o qual cada vez mais exige o atendimento de padrões produtivos sustentáveis. A colheita manual da cana, que envolve ainda a queima prévia do canavial e é adotada em aproximadamente 75% da produção nacional, é uma das práticas mais criticadas do setor pelo seu impacto social e ambiental.

Esse estudo de natureza exploratória tem o objetivo de identificar as características das empresas adotantes da tecnologia de mecanização da colheita de cana-de-açúcar no Brasil. Para esse fim, foi conduzido levantamento de dados com gerentes de usinas produtoras de açúcar e álcool através de questionário (*survey*) de preenchimento individual. Os dados foram analisados de forma quantitativa, utilizando-se métodos não-paramétricos como o teste qui-quadrado e a regressão logística (LOGIT). Foi possível verificar a relação positiva de quatro fatores principais, com a adoção da mecanização da colheita: (i) o tamanho da unidade; (ii) a percepção de domínio do conhecimento técnico; (iii) a percepção de adequação das ferramentas de controle gerencial; e (iv) a nota atribuída a acidentes ambientais ocorridos na região, atenuados pela percepção de gravidade do acidente e do impacto para a unidade. Os resultados conduziram à conclusão de que tais fatores podem afetar diretamente a percepção de risco associado à nova tecnologia, sendo relevantes para iniciativas de estímulo à difusão da colheita mecanizada. Por fim, o estudo permitiu ainda a identificação de novas direções para futuras pesquisas na área.

ABSTRACT

The growing global concern with climate change is strongly related to the intense consumption of fossil fuels. In that background, Brazilian ethanol producers outstand from international competitors for its remarkable energy efficiency and low production costs obtained due to sugarcane use. Brazilian production capacity can still be widely expanded being, however, constrained by the expansion of international consumers, as this promising global market demands the compliance with sustainable production standards. The manual harvest of sugarcane, which involves the previous burning of the plantation and is still adopted in approximately 75% of national production, is a target of great criticism due to its social and environmental impact.

With an exploratory approach, the present study aims at identifying the main characteristics of the companies that have adopted sugarcane mechanized harvest technology in Brazil. In that sense, a survey was conducted among managers of sugar-ethanol producing units. Data gathered from the questionnaires were analyzed in a quantitative way, with non-parametric methods such as the chi-square test and the logistic regression (LOGIT). It was possible then to observe the positive relation of four main factors with the adoption of mechanized harvest: (i) the size of the harvested area; (ii) manager's perception of their team's control over technical knowledge; (iii) manager's perception of the adequacy of management tools; and (iv) the grade associated by managers with local environmental accidents, weighted by their perception of the accident's intensity and impact for the producing unit. Results lead to the conclusion that those factors can directly affect the perceived risk in the new technology, being therefore relevant for initiatives that aim at stimulating the diffusion of sugarcane mechanized harvest. Finally the study allowed the identification of new directions for future research in this area.

SUMÁRIO

1.	Introdução	14
1.1	Motivação	14
1.1.1	Relevância do estudo.....	17
1.2	Objetivos	20
1.3	Contexto do estudo: o setor sucroalcooleiro brasileiro.....	21
1.3.1	Formação do setor.....	24
1.3.2	Organização do setor.....	28
1.3.3	O processo de colheita da cana-de-açúcar.....	33
1.3.4	O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)	41
2.	Revisão Bibliográfica	43
2.1	O Conceito de Tecnologia.....	43
2.2	O Conceito de Inovação.....	45
2.2.1	Adoção de inovações.....	47
2.2.2	Adoção e difusão	49
2.3	Determinantes da adoção de inovações	53
2.3.1	Quadro Resumo.....	60
2.4	Modelo proposto.....	62
2.4.1	Dimensão do gerente agrícola.....	63
2.4.2	Dimensão da organização	64
2.4.3	Dimensão do ambiente externo	68
3.	Metodologia.....	72
3.1	Caracterização do estudo	73
3.2	Universo e amostra	77
3.3	Coleta de dados	77
3.3.1	Material utilizado	81
3.3.2	Etapas para o levantamento de dados.....	83
3.4	Tratamento e análise dos dados	85
3.4.1	Análise descritiva	86
3.4.2	Correlações.....	88
3.4.3	Qui-quadrado	88
3.4.4	Regressão logística (LOGIT)	91
3.4.5	Resumo das Análises	97
3.5	Limitações do método	98
4.	Resultados	100
4.1	Etapa I – Verificação dos dados.....	100
4.2	Etapa II – Relações entre variáveis.....	106
4.2.1	Correlações.....	106
4.2.2	Qui-quadrado	108
4.3	Etapa III – Influência do conjunto de variáveis – LOGIT	110
4.3.1	Modelo proposto	110
4.3.2	Modelos complementares	118
4.4	Discussão dos resultados.....	126
5.	Conclusões.....	130
5.1	Verificação do modelo e análise gerencial dos resultados.....	130
5.2	Sugestões para estímulo à difusão da colheita mecanizada.....	137
5.3	Limitações e sugestões para estudos futuros	138
6.	Referências Bibliográficas	142

Apêndice A – Compilação de estudos da revisão de literatura.....	148
Apêndice B – Lista completa de variáveis	151
Apêndice C – Resultados completos das análises	152
Apêndice D – Carta de apresentação e questionário	158

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Produtividade brasileira para açúcar e álcool (safra 2006/2007).....	21
Tabela 2 – Comparação entre alternativas na produção do etanol.....	23
Tabela 3 – Dados do setor sucroalcooleiro brasileiro (safra 2006/2007)	27
Tabela 4 – Exemplo do controle familiar no setor (safra 2006/07)	29
Tabela 5 – Usinas por região e capacidade de processamento (safra 2006/2007)...	31
Tabela 6 – Principais tecnologias de colheita adotadas no Brasil.....	40
Tabela 7 – Classificação da tecnologia segundo seu escopo e papel	44
Tabela 8 – Moderadores da relação inovação-determinantes.....	53
Tabela 9 – Determinantes da adoção de tecnologia	56
Tabela 10 – Quadro-resumo de fatores explicativos da adoção inovações	61
Tabela 11 – Estrutura do modelo teórico proposto.....	71
Tabela 12 – Operacionalização das variáveis	79
Tabela 13 – Modelo da medição da mecanização da colheita.....	81
Tabela 14 – Andamento do levantamento de dados	85
Tabela 15 – Estatísticas descritivas utilizadas	87
Tabela 16 – Exemplos de variáveis padronizadas	88
Tabela 17 – Variáveis niveladas utilizadas nos testes qui-quadrado	90
Tabela 18 – Resumo das análises e tratamentos realizados	97
Tabela 19 – Modelos utilizados com regressão LOGIT.....	98
Tabela 20 – Estatísticas descritivas das variáveis contínuas.....	102
Tabela 21 – Freqüências das respostas nas variáveis discretas	103
Tabela 22 – Teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (Modelo Proposto)	105
Tabela 23 – Coeficientes de correlação estatisticamente significativos.....	107
Tabela 24 – Testes qui-quadrado estatisticamente significativos para MEC	109
Tabela 25 – Resultados LOGIT (Modelo Inicial / Método ENTER) (N = 35).....	111
Tabela 26 – Resultados LOGIT (Modelo Inicial / Método FSTEP) (N = 35)	111
Tabela 27 – Resultados LOGIT (Modelo Ajustado / Método ENTER).....	113
Tabela 28 – Resultados LOGIT (Modelo Ajustado / Método FSTEP)	114
Tabela 29 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Proposto Ajustado).....	114
Tabela 30 – Principais resíduos LOGIT (Modelo Ajustado / Método FSTEP)	116
Tabela 31 – Resultados LOGIT (Modelo Ajustado Detalhado / Método FSTEP)	117
Tabela 32 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Ajustado Detalhado).....	118
Tabela 33 – Resultados LOGIT (Modelo Qui-quadrado / Método ENTER).....	119
Tabela 34 – Resultados LOGIT (Modelo Qui-quadrado / Método FSTEP)	120
Tabela 35 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Qui-quadrado)	120
Tabela 36 – Resultados LOGIT (Modelo Correlações / Método ENTER)	121
Tabela 37 – Resultados LOGIT (Modelo Correlações / Método FSTEP)	122
Tabela 38 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Correlações).....	123
Tabela 39 – Resultados LOGIT (Modelo de Variáveis Extras / Método FSTEP).....	124
Tabela 40 – Estatísticas de colinearidade (Mod. de Variáveis Extras Detalhado)...	124
Tabela 41 – Estatísticas de colinearidade (Mod. de Variáveis Extras Reduzido)....	125
Tabela 42 – Quadro-resumo das relações significativas	127
Tabela 43 – Compilação de estudos da revisão de literatura.....	149
Tabela 44 – Lista completa das variáveis utilizadas.....	151
Tabela 45 – Resultado completo das correlações.....	152
Tabela 46 – Tabulações qui-quadrado (MEC x TAM_NIV)	153
Tabela 47 – Tabulações qui-quadrado (MEC x ACONH).....	154

Tabela 48 – Tabulações qui-quadrado (MEC x AGER).....	154
Tabela 49 – Tabulações qui-quadrado (MEC x ADEQ_NIV).....	155
Tabela 50 – Tabulações qui-quadrado (MEC x ACID_DIC)	155
Tabela 51 – Resíduos da regressão LOGIT (Modelo Ajustado / Método FSTEP) ..	156

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Principais países produtores de etanol	21
Ilustração 2 – Principais países produtores de açúcar (2005).....	22
Ilustração 3 – Produção de automóveis no Brasil a partir do início do Pró-álcool	25
Ilustração 4 – Consumo de álcool brasileiro a partir de 1990.....	26
Ilustração 5 – Desembolsos do BNDES para o setor sucroalcooleiro.....	28
Ilustração 6 – Cadeia produtiva básica do setor sucroalcooleiro.....	28
Ilustração 7 – Estrutura societária do Grupo COSAN	30
Ilustração 8 – Mapa do potencial de produção da cana pelas características ambientais	35
Ilustração 9 – Metas para a eliminação das queimadas em São Paulo	37
Ilustração 10 – Matriz energética brasileira (2006).....	39
Ilustração 11 – <i>Framework</i> da adoção organizacional de inovações	51
Ilustração 12 – Percentuais da adoção da mecanização da colheita na amostra ...	101

1. Introdução

1.1 Motivação

Recentemente pôde ser cientificamente comprovada a influência da ação humana sobre as mudanças climáticas que vêm ocorrendo no mundo, notadamente pela emissão excessiva de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Grande parte dessas emissões se dá pela queima de combustíveis de origem fóssil, como a gasolina, o óleo diesel e o carvão mineral, os quais são utilizados principalmente na propulsão de veículos, mas também na geração direta de energia elétrica.

Há um crescente interesse mundial na substituição dessas fontes de energia por fontes renováveis, como os biocombustíveis, produzidos a partir de insumos agrícolas. O setor sucroalcooleiro brasileiro torna-se então um importante campo de estudo, uma vez que o etanol brasileiro é tido como uma referência internacional nessa área.

O Brasil possui um grande diferencial competitivo com relação a outras nações produtoras do álcool combustível (o etanol) pelo fato de (i) utilizar a cana-de-açúcar como matéria-prima; (ii) apresentar uma grande área propícia, do ponto de vista climático e político, ao cultivo desse vegetal; (iii) possuir uma história de mais de 30 anos de pesquisa e desenvolvimento nas técnicas agrícolas e industriais desse processo produtivo; e (iv) ter, no seu mercado interno, um dos grandes consumidores de etanol veicular no mundo (Macedo, 2005).

As atenções do mundo se voltam, portanto, para o setor sucroalcooleiro brasileiro que, logo após iniciar uma fase de crescimento intenso pela multiplicação dos veículos *flex-fuel* (movidos a álcool e a gasolina) na frota brasileira a partir de

2002 (ANFAVEA, 2008), recebe novos elementos impulsionadores do mercado como a perspectiva de exportação do etanol e da tecnologia de produção para outros países. Neste novo cenário, as usinas produtoras de açúcar e álcool estão cada vez mais expostas ao escrutínio da sociedade mundial que vem exercendo o seu papel de consumidor e de investidor, estudando o setor de forma cuidadosa. Em todas essas esferas, uma preocupação comum se mantém: o desenvolvimento do setor deve ocorrer de forma sustentável.

O conceito de desenvolvimento sustentável, que tem interpretação bastante ampla, foi formalizado pela primeira vez pelo *Brundtland Report* (WCED, 1987) como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem prejudicar a capacidade de gerações futuras em atender às suas próprias necessidades”. Da aplicação específica do conceito a uma área, surgem outros termos como a sustentabilidade corporativa ou a sustentabilidade agrícola. Em qualquer âmbito em que seja aplicada, a idéia de sustentabilidade envolve o comprometimento de indivíduos, sociedades, organizações e países com a valorização de todas as formas de capital que afetam o seu desenvolvimento, nos aspectos ambiental, social e econômico-financeiro (Elkington, 1997).

Dessa forma, recai sobre o setor sucroalcooleiro brasileiro uma questão postulada e ratificada globalmente pelo seu recém ampliado leque de *stakeholders*: o etanol brasileiro pode ser um caminho para a resolução do problema das mudanças climáticas globais, mas será ele também a origem de outros desafios futuros?

Em resposta a essa questão, temos uma série de publicações que apresentam os números do setor, os baixos custos de produção, sua alta eficiência

energética e, mais recentemente, a eficácia das iniciativas das empresas e associações de classe nos âmbitos social e ambiental.

Nessa linha, Macedo (2005) organiza uma série de estudos sobre o setor sucroalcooleiro e sua sustentabilidade, onde se pode verificar o estágio das empresas com relação a alguns importantes desafios como a gestão de resíduos e efluentes, o consumo e tratamento da água, a preservação ambiental e a co-geração de energia a partir da biomassa. Dentre as práticas comuns no setor, o corte manual da cana se destaca pelo alto impacto socioambiental e pelas críticas da sociedade como um todo. Não obstante, ela se mostra ainda presente em aproximadamente 75% da capacidade produtiva do setor (Bressan Filho e Teixeira, 2008).

O corte manual da cana-de-açúcar é uma prática centenária que envolve, necessariamente, a queima prévia do canavial para a eliminação da palha e de animais nocivos. Além disso, ele demanda, durante um período curto de tempo, uma quantidade grande de trabalhadores rurais, tipicamente de baixa qualificação, em uma atividade fisicamente muito desgastante. Em alguns casos, esta atividade está também associada a práticas de subemprego, ocasionalmente denunciadas às autoridades.

Observa-se, portanto, que o setor sucroalcooleiro brasileiro utiliza intensamente recursos naturais e de mão-de-obra e vive hoje um grande desafio de se expandir rapidamente, impulsionado por um potencial crescimento da demanda internacional, mas de forma sustentável: sem que as suas atividades se tornem degradantes aos seus ativos mais importantes: solo, água e pessoas.

Diante de tal conjuntura, torna-se muito importante compreender as características das empresas adotantes das melhoras práticas, como a colheita mecanizada, pelo seu potencial de apoio ao desenvolvimento sustentável do setor.

1.1.1 Relevância do estudo

O presente estudo se mostra relevante pela sua potencial contribuição para o mercado e para a academia através do desenvolvimento de conhecimento sobre o setor sucroalcooleiro e sobre o processo de adoção de inovações.

Ligado aos aspectos de mercado observa-se que:

“A demanda energética, ao contrário da demanda por alimentos, não possui hoje uma previsão de estagnação ou redução nas suas taxas de crescimento. A partir do momento em que a agricultura vira fonte de insumos energéticos, há uma preocupação crescente com a sustentabilidade do seu avanço” (Salati, 2007).

A demanda internacional por fontes de energia limpas ou renováveis vem crescendo com a maior disseminação dos problemas decorrentes da intensa emissão dos gases de efeito estufa pelo homem. Nesse cenário, o etanol se apresenta como o principal substituto à gasolina, sendo imediatamente viável técnica e economicamente.

O Brasil é responsável por aproximadamente 30% da produção mundial do etanol e possui as melhores taxas de produtividade do mercado, apresentando ainda um grande potencial para expansão dessa capacidade (CGEE, 2005). No entanto, a história de formação do setor (apresentada na seção 1.3.1 - Formação do setor) mostra grandes diferenças desenvolvidas entre as empresas em termos das práticas adotadas. Essas disparidades vêm dificultando a entrada das companhias brasileiras no mercado internacional, o qual exige cada vez mais a adequação a padrões de

produção, tanto no aspecto da qualidade, como no que tange a questões trabalhistas e ambientais.

Dentre as práticas comuns entre empresas do setor, a colheita manual da cana é uma das mais questionadas pelo fato de envolver questões ambientais e sociais direta e intimamente relacionadas. Essa forma de colheita é antecedida pela queima do canavial o que resulta em poluição do ar e degradação do solo, apresentando ainda o risco de desencadear incêndios florestais. O corte manual da cana é uma atividade de grande desgaste físico para o trabalhador devido às altas temperaturas e à intensidade das jornadas, estimulado por programas de remuneração por produtividade (WWF, 2005). Não raro são registrados acidentes na atividade e ocasionalmente até a morte de trabalhadores associadas à exaustão (Por exemplo: Camargo, 2006).

Além disso, essa é uma prática que demanda uma grande quantidade de trabalhadores temporários durante o período de colheita, o que estimula a movimentação geográfica de grandes contingentes de trabalhadores que acompanham as safras intercaladas das regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste. Essa movimentação é algumas vezes associada à ocorrência de condições precárias de trabalho no setor: os chamados bóias-frias (Alessi e Navarro, 1997).

Ao longo dos 30 anos de desenvolvimento da agroindústria sucroalcooleira brasileira, foram criadas diversas estruturas e mecanismos entre as empresas para o avanço contínuo da inovação no setor, entre elas, o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). Este núcleo centraliza as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de cerca de 200 empresas do setor, sendo um dos grandes pólos geradores e divulgadores de inovações tecnológicas.

Em função disso, ganha destaque a necessidade de estímulo à adoção das melhores práticas e inovações tecnológicas geradas, o que pressupõe o conhecimento das reais características das empresas do setor para que se possa compreender suas necessidades e expectativas. Esse tipo de estudo pode ser uma importante ferramenta para que órgãos como o CTC avancem com mais sucesso na sua missão de apoiar o desenvolvimento do setor (Tilman *et al.*, 2002).

Sob o ponto de vista do conhecimento acadêmico sobre adoção de inovações, Neill e Lee (2001) destacam que a maioria dos estudos sobre tecnologias para a sustentabilidade agrícola tem focado em pequenos produtores, em sistemas de baixa utilização de recursos, abordando principalmente o uso de culturas de rotação, de curvas de nível e de minimização da lavragem¹. O presente estudo se diferencia dessa linha de trabalho por estar direcionado à análise dos grupos produtivos corporativos, com maior acesso aos recursos produtivos e providos de equipe gerencial, a saber, as usinas brasileiras produtoras de açúcar e álcool.

Apesar de ser um setor em pleno crescimento e com uma atividade econômica extremamente aquecida, Ormond *et al.* (2002) afirmam que, no setor sucroalcooleiro, “informação é um problema”, o que fica claramente expresso no trecho abaixo:

“Não existem informações estatísticas públicas ou privadas do universo da produção (o IBGE não pesquisa o processo de produção), os institutos de pesquisa de consumo ainda não apuraram o mercado, a difusão tecnológica ainda é pobre em termos de abrangência e a assistência técnica ainda é deficiente”.

Nesse sentido, a pesquisa tem a intenção de explorar e verificar a possível influência de fatores internos e externos à empresa sobre a adoção da tecnologia de

¹ Tradução livre do termo *zero tillage*, significando a minimização do uso de técnicas de lavragem, que envolvem manipulação do solo.

mecanização da colheita. Espera-se que os resultados desse trabalho possam estimular o desenvolvimento de novas pesquisas no setor em linhas ainda pouco exploradas.

1.2 Objetivos

Objetivo geral

- Explorar as características das empresas adotantes da tecnologia de mecanização da colheita no setor sucroalcooleiro brasileiro, visando apoiar o desenvolvimento de ações que estimulem a difusão dessa tecnologia.

Objetivo Específico

- Identificar fatores determinantes da adoção da tecnologia de mecanização da colheita de cana-de-açúcar, entre usinas produtoras de açúcar e álcool no Brasil.

Objetivos Secundários

- Discriminar fatores que estão associados à maior ou menor propensão à adoção da colheita mecanizada, para que se possam identificar oportunidades para desenvolvimento de ações de divulgação de inovações entre empresas do setor.
- Indicar aspectos a serem explorados futuramente, de forma mais aprofundada, para o estímulo à difusão das inovações produtivas no setor.

1.3 Contexto do estudo: o setor sucroalcooleiro brasileiro

A atividade sucroalcooleira brasileira está baseada no uso intensivo da cana-de-açúcar como seu insumo principal. As empresas do setor se distribuem em três atividades principais: o cultivo da cana de açúcar, o processamento da cana-de-açúcar para a produção de açúcar ou álcool, e a comercialização dos produtos finais. Sua cadeia produtiva utiliza intensamente recursos naturais como pode ser verificado a partir dos dados abaixo:

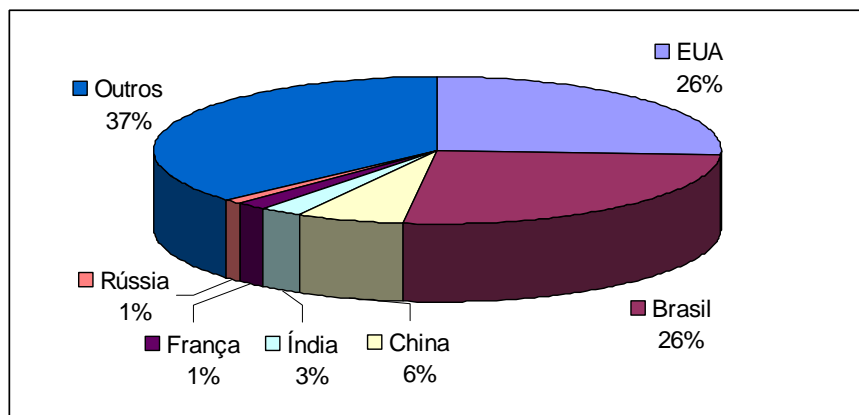
Tabela 1 – Produtividade brasileira para açúcar e álcool (safra 2006/2007)

Produtividade no cultivo ⁽¹⁾	Produtividade no processamento ⁽¹⁾	Valores de mercado ⁽²⁾
85 tc/ha	138 Kg de açúcar/tc	R\$ 0,235 / Kg de açúcar
	82 litros de álcool/tc	R\$ 0,720 / litro de álcool

Fontes: (1) MAPA/SPAIE (2007) e (2) CMA (2007) – www.cma.com.br – Setembro/2007

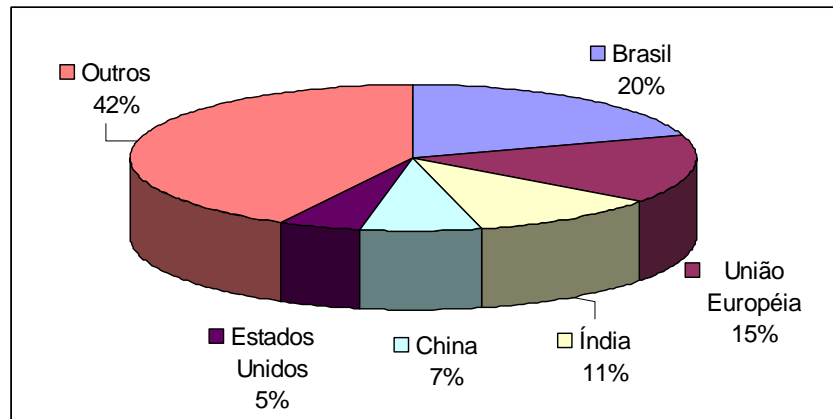
A produção do setor na safra 2006/2007 foi de 457.980.000 toneladas de cana processada, representando 30.629.827 toneladas de açúcar e 17.909.822 m³ de álcool. Segundo o Ministério da Agricultura, esses números confirmam o Brasil como maior produtor de açúcar e segundo maior produtor de álcool no mundo. O Anuário da Cana-de-Açúcar 2006 (BELING *et al.*, 2006) destaca a geração de aproximadamente 1 milhão de empregos diretos pelo setor.

Ilustração 1 – Principais países produtores de etanol



Fonte: Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia (MAPA/SPAIE, 2007)

Ilustração 2 – Principais países produtores de açúcar (2005)



Fonte: Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia (MAPA/SPAIE, 2007)

Segundo o Perfil do Setor do Açúcar e do Álcool no Brasil (Bressan Filho e Teixeira, 2008), cerca de 66% das usinas trabalham com os dois produtos, açúcar e álcool, variando a proporção de cana dedicada a cada linha de produção de acordo com as oscilações e tendências do mercado. Das 343 unidades em operação no Brasil durante a safra 2006/2007, apenas 14 produziam exclusivamente açúcar.

O açúcar pode ser classificado em diferentes tipos – 1, 2A, 2B, 2G, etc – de acordo com a sua coloração e o grau de pureza do produto. O álcool possui duas variantes básicas, em função da proporção de água presente na mistura final: o álcool anidro, que é utilizado como aditivo à gasolina; e o álcool hidratado, que pode ser utilizado como combustível diretamente nos motores a álcool ou *flexfuel*. O álcool com diferentes proporções de água pode ser destinado a diferentes finalidades, como a indústria farmacêutica ou química, mas a sua aplicação no setor de transportes vem sendo o grande impulsionador do crescimento do negócio sucroalcooleiro e, por isso, essa classificação (álcool anidro e hidratado) se popularizou no mercado.

O Brasil possui um forte diferencial competitivo, em relação a outros países, na produção do etanol e do açúcar, que se apresenta como uma vantagem de

custos (Porter, 1986). Essa vantagem se deve, primeiramente, à utilização intensa da cana-de-açúcar como elemento base para a produção do açúcar e do álcool, o que, aliado à condição climática favorável e à capacidade tecnológica desenvolvida pelas empresas do setor, confere alta produtividade em comparação com alternativas estrangeiras, as quais se utilizam de outros insumos, como o milho ou a beterraba.

Tabela 2 – Comparação entre alternativas na produção do etanol

Região	Cultura	Custo de Produção (USD/litro) ²	Eficiência Energética ³	Produtividade (litros/hectare)
Brasil	Cana-de-açúcar	0,21	8,3	6.000
EUA	Milho	0,27	1,4	3.100
Europa	Beterraba	0,76	1,9	5.000

Fonte: Macedo (2005)

Impulsionado pelo desenvolvimento do mercado consumidor interno, o setor foi capaz, ao longo dos anos, de se organizar em associações e cooperativas que, desde o seu início, privilegiaram a pesquisa tecnológica como meio de mitigar riscos, elevar a produtividade e a qualidade dos produtos. Destaca-se, dentre essas organizações, o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), que se tornou um dos mais importantes pólos de inovação tecnológica, agrícola e industrial, para esse setor.

No intuito de atender ao mercado internacional, novos desafios se apresentam. O relatório da CGEE (2005) demonstra que, expandindo sua capacidade produtiva ao longo dos próximos 20 anos, o Brasil teria condições de atender a uma demanda equivalente a 5% do consumo mundial de gasolina, por exemplo, com álcool anidro a ser misturado naquele combustível. Para isso, seria

² Valor considerando a cotação de dezembro de 2004: R\$ 2,80

³ Energia renovável produzida / insumo fóssil consumido

necessário construir 615 novas destilarias, com capacidade média de processamento de 2 milhões de toneladas de cana por ano. Isto representaria um investimento nas fases agrícola e industrial estimado em R\$ 172,2 bilhões, além de R\$ 21,3 bilhões em dutos e terminais marítimos, alcançando-se um total de R\$ 193,5 bilhões. Considerando que este investimento poderia ocorrer em ciclos anuais de aproximadamente R\$ 9,7 bilhões, os autores destacam que esse valor representa apenas 2,7% do investimento realizado no ano de 2004, e menos da metade do investimento realizado somente pela Petrobras nesse mesmo ano.

Conclui-se que o crescimento do mercado consumidor internacional pode estimular uma grande expansão do setor produtivo brasileiro. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento desse mercado depende do atendimento aos critérios e padrões demandados por ele, trazendo à tona a discussão sobre a mecanização da colheita.

Nas seções seguintes serão apresentados alguns elementos referentes à história de formação, à estrutura competitiva do setor, ao processo de colheita da cana-de-açúcar e ao próprio CTC.

1.3.1 Formação do setor

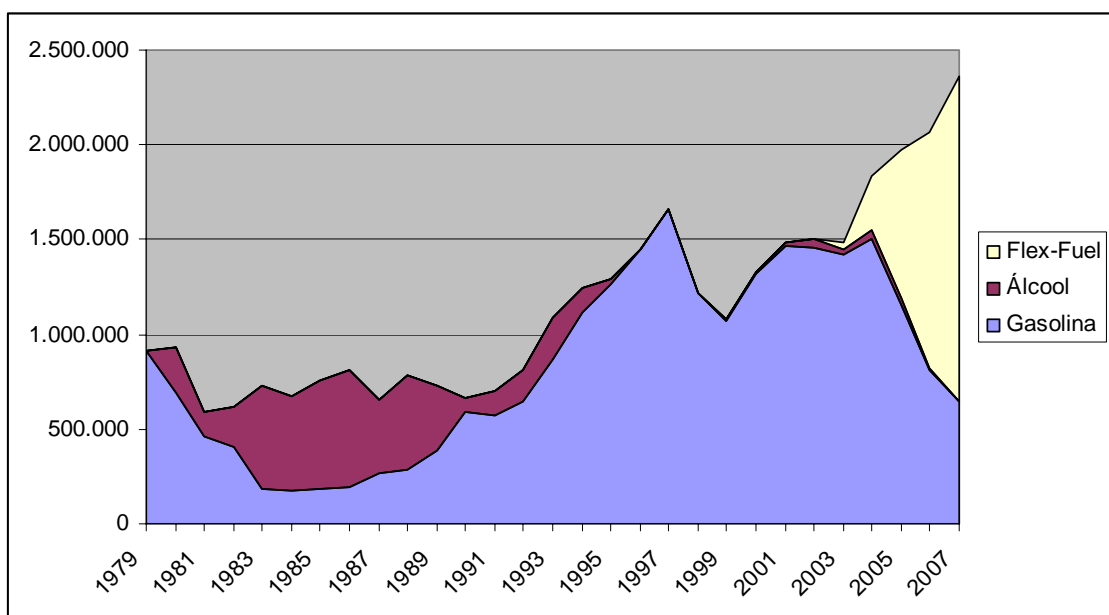
A cultura da cana-de-açúcar no Brasil vem desde o descobrimento do país. As primeiras mudas plantadas datam de 1532 e a história da formação do setor se mistura com a própria história do país: as capitânicas, os grandes latifúndios, os engenhos, assim como outras culturas (em especial o café) foram elementos importantes de nossa história e da cultura da cana no Brasil. Notadamente, a crise de 1929, marcada pela decadência do setor de café no interior paulista e pela chegada em larga escala de imigrantes italianos, determinou o início da produção

mais intensiva da cana-de-açúcar e a sua instalação em definitivo em grandes regiões do estado de São Paulo.

A estrutura atual do setor teve seu início em 1975, com o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que tinha o objetivo de reduzir a dependência energética do país a partir de grandes investimentos na produção e de subsídios ao desenvolvimento de um mercado consumidor do álcool. Com a segunda crise do petróleo, em 1979, e o desenvolvimento da engenharia nacional, surgiram os motores preparados para trabalhar exclusivamente com o álcool hidratado.

No entanto, após um crescimento inicial, o consumo de álcool combustível se manteve estagnado durante quase toda a década de 90, em função das flutuações na produção de veículos. Segundo publicação da ANFAVEA (2006), enquanto em 1984, 94,4% dos veículos produzidos utilizavam o motor a álcool, no ano de 2001 estes eram apenas 1,05% da produção nacional.

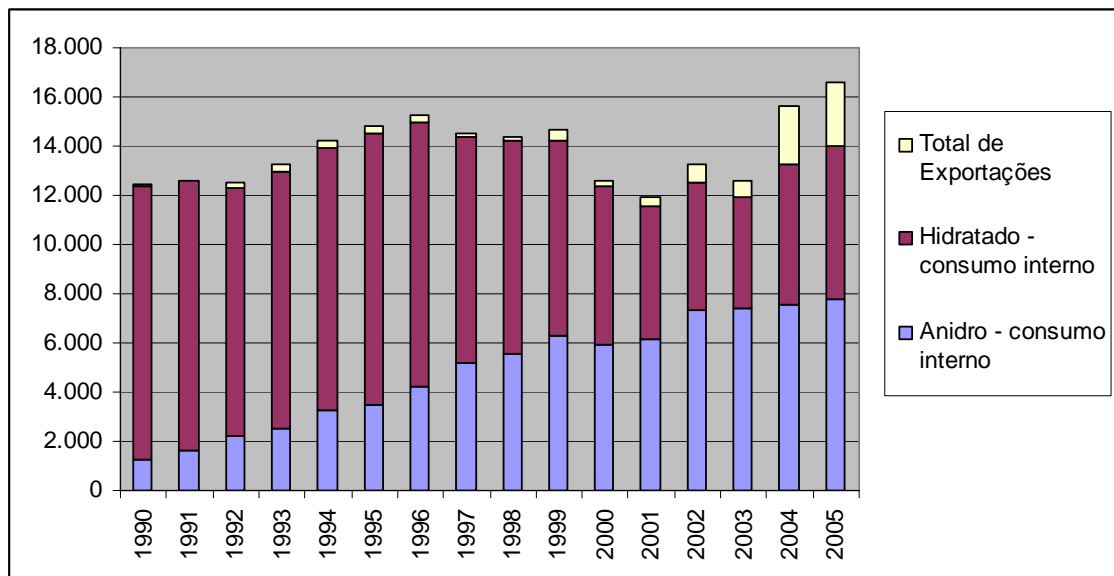
Ilustração 3 – Produção de automóveis no Brasil a partir do início do Pró-álcool



Fonte: ANFAVEA (2008)

A flutuação explosiva desse mercado levou o governo – também visto como um dos responsáveis por tais variações – a apoiar as empresas e unidades produtoras de álcool de modo a evitar um colapso do setor. Tal ação se deu, principalmente, através de subsídios ao preço, refinanciamento de dívidas e regulamentações que aumentavam a participação do álcool anidro na gasolina, esta última medida sendo responsável por amenizar o efeito das variações no consumo do álcool hidratado.

Ilustração 4 – Consumo de álcool brasileiro a partir de 1990



Fonte: Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia (MAPA/SPAIE, 2007)

Nesses 30 anos, o setor sucroalcooleiro brasileiro estabeleceu estrutura industrial e logística robusta para a produção e distribuição interna do etanol. Hoje, ocupa posição de grande relevância nacional e internacional nos dois mercados, o que pode ser verificado a partir dos números apresentados na tabela a seguir:

Tabela 3 – Dados do setor sucroalcooleiro brasileiro (safra 2006/2007)

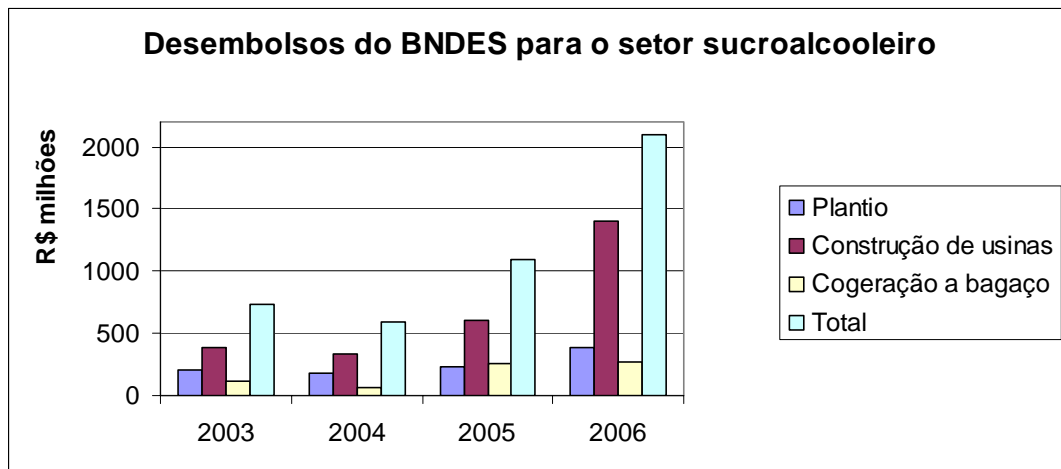
Usinas em operação:	343
Área total cultivada:	7 milhões de hectares
Total de Cana moída:	426 milhões de toneladas
Produção total de açúcar:	30 milhões de toneladas
Exportações de açúcar:	19 milhões de toneladas / US\$ 7 bilhões
Produção total de álcool:	17 bilhões de litros
Exportações de álcool:	3 bilhões de litros / US\$ 1,6 bilhão
Movimentação financeira:	R\$ 41 bilhões
Investimentos:	R\$ 5 bilhões

Fontes: *Jornal Pró-cana* (www.procana.com.br); *Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia* (MAPA/SPAÉ, 2007)

Desde 1999, o setor sucroalcooleiro se desvinculou da intervenção governamental nas atividades de planejamento e gestão da operação, sendo hoje regido pelas forças de mercado, sem a presença de subsídios ao preço do combustível. A maturidade do setor se reflete na movimentação dos principais *players* pelo estabelecimento de mecanismos de mitigação de riscos, como os contratos futuros, em especial pela transformação do etanol em uma *commodity* negociável em bolsa.

Nesse ambiente de livre mercado e competição o acesso a linhas de crédito marcou o desenvolvimento do setor. Até o ano de 2005 nenhuma empresa do setor possuía ações negociadas em bolsa, o que fez com que a contração de dívidas fosse a única forma de financiamento para as empresas em operação. Segundo Bandeira de Mello *et al.* (2007), “no início de 2007, o BNDES contava com 62 projetos em carteira, entre contratados e em fase de consulta, no valor total de R\$12,2 bilhões, dos quais R\$7,2 bilhões solicitados ao Banco.”

Ilustração 5 – Desembolsos do BNDES para o setor sucroalcooleiro



Fonte: Bandeira de Mello et al. (2007)

1.3.2 Organização do setor

O setor está organizado basicamente em três estágios: plantação e cultivo da cana-de-açúcar (Fazenda); produção do açúcar ou álcool (Usina); comercialização do produto final (Comercialização). Algumas empresas produtoras de açúcar e álcool (etapa da Usina) atuam em todos os estágios, mas muitas se utilizam de parcerias, cooperativas e contratos de longo prazo, principalmente para as atividades de fornecimento de cana-de-açúcar e comercialização, mantendo o seu foco na produção do açúcar ou do álcool.

Ilustração 6 – Cadeia produtiva básica do setor sucroalcooleiro



A rápida deterioração do açúcar contido na cana após a sua colheita determina uma distância máxima entre a Fazenda e a Usina de aproximadamente 30 km (Macedo, 2005), o que estimula o estabelecimento de extensas áreas com monocultura da cana nas regiões próximas à usina. As características históricas da formação do setor reforçam a concentração das duas primeiras etapas – Fazenda e

Usina – em torno dos grupos familiares de longa tradição. Assim, ainda hoje, vemos grandes produtores individuais de cana-de-açúcar, muito embora essa etapa do processo produtivo também esteja disseminada entre pequenos produtores e fazendas de propriedade das próprias usinas.

Tabela 4 – Exemplo do controle familiar no setor (safra 2006/07)

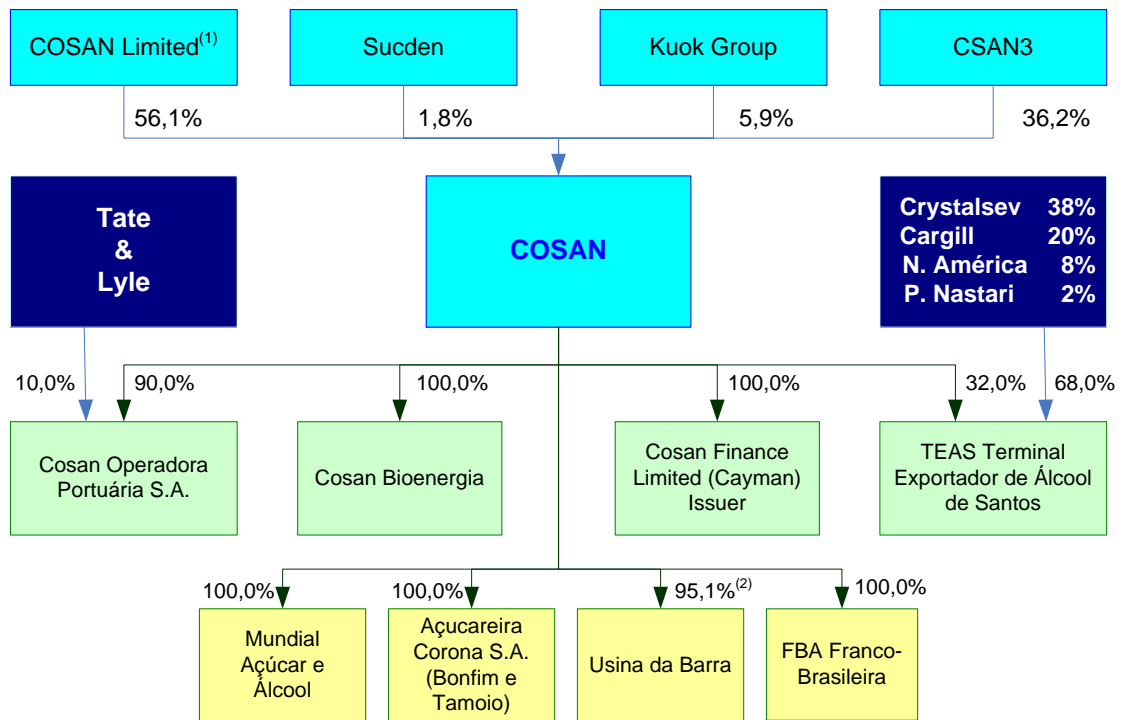
Família	Usinas Controladas	Toneladas de cana processada	% da produção nacional
Ometto	19	43.653.672	11,4%
Biagi	14	31.041.588	8,1%
Lyra	10	14.553.192	3,8%
Wanderley	4	7.113.895	1,9%
TOTAL	47	96.362.347	25,2%

Fontes: Ministério da Agricultura, relatórios das empresas e websites da UNICA e das usinas relacionadas.

Pode-se citar como exemplo notório da centralização do controle pelas estruturas familiares, o caso do Grupo Cosan, que é o maior grupo produtivo brasileiro, responsável por aproximadamente 10% da produção nacional, com ações negociadas nas bolsas de São Paulo e Nova York, e que possui todo o seu controle centralizado na pessoa do seu Diretor Presidente, o Sr. Rubens Ometto.

Longe de ser um caso isolado, a estrutura de controle da Cosan retrata de certa forma a característica do intenso envolvimento dos sócios familiares, geralmente descendentes dos fundadores, na operação das empresas. Alia-se a isto a baixa hierarquização das organizações, também bastante comum no setor, o que faz com que o envolvimento desses sócios-gestores abranja vários níveis do processo decisório.

Ilustração 7 – Estrutura societária do Grupo COSAN



(1) Controlada por Aguassanta Participações S.A. e Usina Costa Pinto S.A. Açúcar e Alcool, ambas controladas indiretamente por Rubens Ometto. Silveira Mello

(2) Participação direta ou indireta

Fontes: Site www.cosan.com.br/ri e Prospecto da Oferta Pública de Aquisição de Ações de Emissão da COSAN S.A. Indústria e Comércio por Conta e Ordem da COSAN Limited (COSAN, 2008)

O setor sucroalcooleiro é extremamente pulverizado entre grandes grupos, como o COSAN, e pequenos produtores independentes, tanto no cultivo da cana como nas usinas de processamento. As usinas estão espalhadas entre as regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste como apresentado na tabela a seguir:

Tabela 5 – Usinas por região e capacidade de processamento (safra 2006/2007)

Região	UF	até 1 mi t	de 1 a 1,5 mi t	de 1,5 a 2 mi t	de 2 a 3 mi t	de 3 a 4 mi t	de 4 a 5 mi t	mais de 5 mi t	TOTAL
Centro-Sul	SP	46	31	23	28	11	6	8	153
	PR	8	10	4	5	2	-	-	29
	MG	18	4	4	1	2	2	-	31
	MS	4	2	4	1	-	-	-	11
	GO	6	6	5	-	1	-	-	18
	MT	5	2	1	1	-	-	1	10
	RJ	4	1	-	-	-	-	-	5
	ES	6	1	-	-	-	-	-	7
	Total da região	97	57	41	36	16	8	9	264
Cana processada*	52.850	68.941	71.966	87.283	55.487	34.939	54.222	425.688	
Norte-Nordeste	AL	13	6	4	1	-	-	-	24
	PE	17	7	-	-	-	-	-	24
	PB	7	-	1	-	-	-	-	8
	RN	1	1	1	-	-	-	-	3
	BA	3	1	-	-	-	-	-	4
	MA	5	1	-	-	-	-	-	6
	PI	1	-	-	-	-	-	-	1
	SE	4	-	-	-	-	-	-	4
	CE	3	-	-	-	-	-	-	3
	AM	1	-	-	-	-	-	-	1
	TO	1	-	-	-	-	-	-	1
Total da região	56	16	6	1	0	0	0	79	
Cana processada*	29.543	20.336	9.846	2.750	0	0	0	62.475	
Brasil	Total de usinas	153	73	47	37	16	8	9	343
	Cana processada*	82.393	89.277	81.812	90.033	55.487	34.939	54.222	488.163

Fonte: Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool do Brasil (Bressan Filho e Teixeira, 2008)

(*) Quantidade de cana processada medida em milhares de toneladas

As duas pontas da cadeia produtiva típica do setor – as atividades de cultivo de cana e de comercialização dos produtos finais (açúcar e álcool) – são dominadas pela atuação de cooperativas, que garantem ganhos de escala para seus

cooperados. É o caso, por exemplo, da Copersucar, que atua na comercialização de açúcar e reúne 85 associados, sendo 31 unidades produtoras de açúcar e álcool, sob seu guarda-chuva. Essa estrutura confere alta competitividade ao setor, principalmente com relação ao mercado internacional: segundo a revista Anuário Exame 2007/2008, de Junho/2007, 39,9% do total de R\$ 5,643 bilhões em vendas de açúcar do Copersucar foram obtidos em exportações.

No âmbito da competitividade no mercado interno, assistimos ao dilema das usinas de menor porte que, diante de ganhos de escala limitados, demandam apoio do governo para competir, como linhas de crédito facilitado, disponibilização de infraestrutura física, ou mesmo renegociação de dívidas passadas. A demanda por esse tipo de suporte é maior na região Norte-Nordeste, onde o nível de produtividade é menor e existe maior dificuldade de escoamento dos produtos: segundo o Ministério da Agricultura, na safra 2006/2007 a região processou 53,6 milhões de toneladas de cana, o que correspondeu a 12,54% da produção nacional. A diferença de alíquotas de impostos entre estados brasileiros pode ser também fator de desequilíbrio na competição entre usinas. Durante a safra 2006/2007, o ICMS cobrado em Minas Gerais, por exemplo, foi de 25%, contra 12% de São Paulo, estado este que já era o maior produtor nacional, sendo responsável por mais de 60% da produção brasileira.

As condições comerciais das transações entre produtores de cana e unidades de processamento são regidas por manuais públicos, desenvolvidos e monitorados por conselhos regionais de produtores: o CONSECANA⁴ de cada região. Esta é uma das principais iniciativas do setor com relação à transparência econômica. O valor das transações comerciais é determinado com base na quantidade de Açúcar Total

⁴ Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, açúcar e álcool.

Recuperado (ATR) que é uma representação da quantidade de açúcares contidos na cana e que varia dependendo da qualidade da planta, admitindo-se ainda uma perda média de 11,0% no processo industrial. O CONSECANA de cada região é responsável ainda pelas relações comerciais entre empresas da cadeia produtiva, produzindo e publicando estudos sobre aspectos técnicos e da qualidade da cana produzida, entre outros.

Outro aspecto ligado à competitividade internacional refere-se à tendência de abertura total dos mercados. Uma parte dos analistas considera que, se por um lado ela criaria mecanismos de escoamento do potencial produtivo brasileiro, por outro, pressionaria o setor a trabalhar com margens menores e possivelmente a reduzir os investimentos em políticas de inclusão social e proteção ambiental. Esta linha de raciocínio assume que este é o comportamento natural dos mercados de *commodities*, que geralmente são guiados apenas por baixos custos. A outra linha vê com bons olhos a maior exposição aos mercados internacionais, considerando que tais públicos são mais exigentes com relação à sustentabilidade do produto, podendo chegar a demandar a adoção de selos de responsabilidade socioambiental para os produtos que consomem.

1.3.3 O processo de colheita da cana-de-açúcar

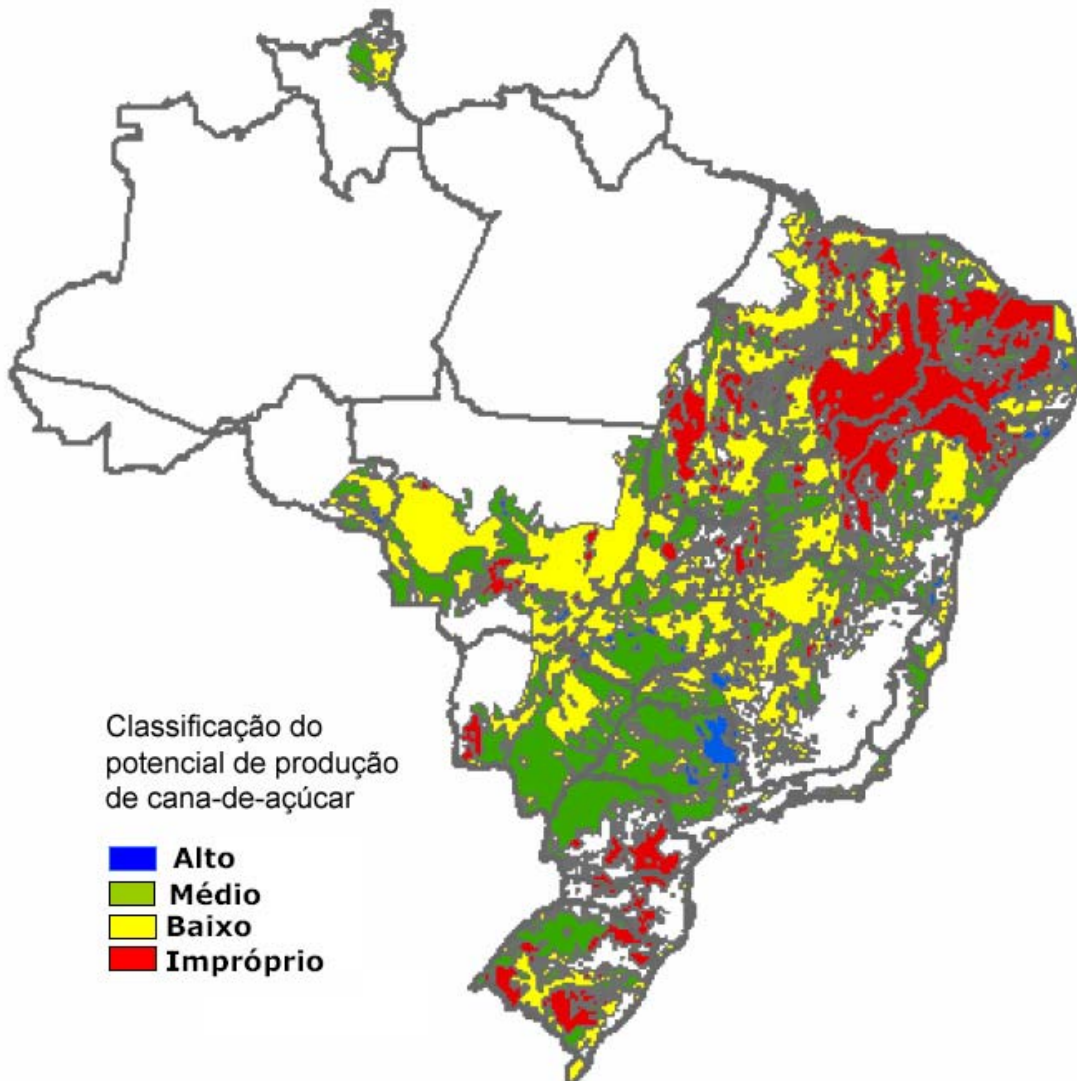
A cana-de-açúcar é composta basicamente pelo caule e a palha. Dentro do caule encontra-se a sacarose, que é a matéria-prima principal para a produção do álcool e do açúcar. No processo de colheita a palha é separada do caule, o qual será moído na usina a fim de se extrair o máximo possível de sacarose, restando o chamado bagaço da cana.

Para que ocorra o acúmulo de sacarose no caule, é necessária a ocorrência de um ciclo climático favorável, com (i) temperaturas acima de 18° C em média; (ii) grande disponibilidade de água no início do desenvolvimento da planta e posterior período de seca para o seu amadurecimento; (iii) ausência de eventos extremos como geada e grandes ondas de calor seco. No Brasil, pode-se encontrar clima tropical ou subtropical quente, com umidade no verão e seca no inverno, na faixa do litoral que vai do norte da Bahia até o Rio Grande do Norte, no centro-norte paulista, centro-sul de Minas Gerais, no sul de Goiás e na divisa entre Mato Grosso e Rondônia. O clima dessas localidades garante condições extremamente favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar sem, por exemplo, a necessidade de intervenção para a irrigação (CGEE, 2005).

Além do clima, mais duas características ambientais básicas são demandadas para o cultivo da cana-de-açúcar: (i) qualidade do solo, principalmente no que se refere à sua taxa de compactação e capacidade de retenção de água; e (ii) a declividade da região que, sendo muito acentuada, pode dificultar a utilização de máquinas (acima de 12%) ou mesmo inviabilizar a cultura da cana-de-açúcar em casos mais extremos.

O mapa a seguir apresenta uma categorização das regiões brasileiras com maior potencial para a produção de cana-de-açúcar levando-se em consideração as suas características ambientais: clima, solo e declividade (foram excluídas as regiões com restrições ambientais como a bacia amazônica, o pantanal e as áreas com mata atlântica).

Ilustração 8 – Mapa do potencial de produção da cana pelas características ambientais



Fonte: CGEE (2005), Cap. 4 – Expansão da produção

A cana pode ser colhida utilizando-se o corte manual ou mecânico. No caso do corte manual, ela normalmente é queimada antes da sua colheita, como uma forma de eliminar a palha, a qual dificulta as atividades de corte, e de afugentar ou eliminar animais que residem nos canaviais, como cobras, insetos e lagartos (Macedo, 2005).

A colheita manual é apontada como uma atividade extremamente desgastante do ponto de vista físico (Scopinho *et al.* 1999). No caso da colheita de cana queimada, ela envolve a permanência dos trabalhadores em meio ao canavial

quente, numa condição de risco à saúde, o que já acarretou a ocorrência de casos de morte por exaustão. A cana crua, por outro lado, oferece maior resistência ao trabalho manual, devido à presença da palha que também proporciona o risco de acidentes devido às suas extremidades cortantes, fazendo com que a atividade seja pouco produtiva.

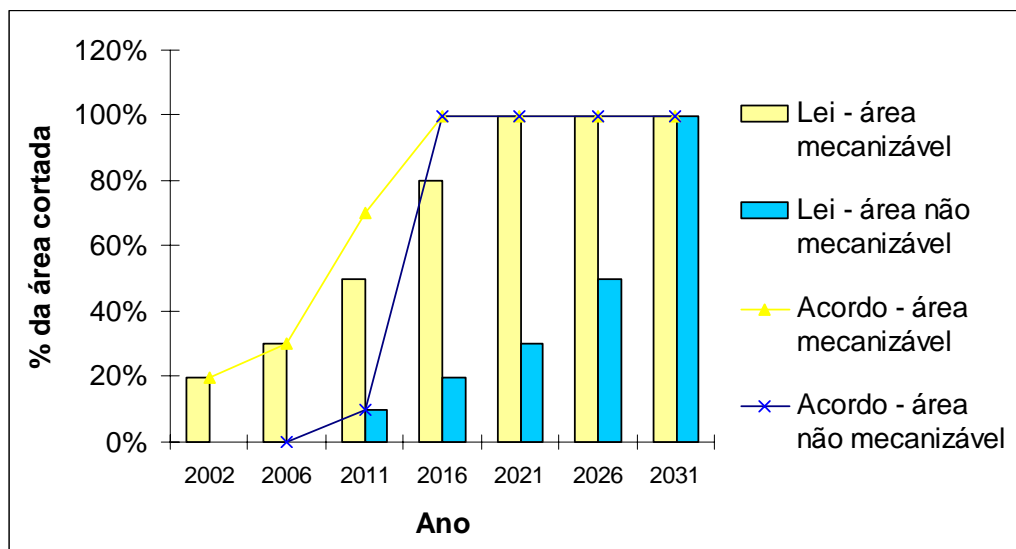
Segundo Braunbeck *et al.* (1999) a produtividade média de cada colhedor de cana varia entre 4 e 7 toneladas diárias. Sem a queima prévia da cana esse número cai ainda mais. Geralmente, as unidades produtivas estabelecem uma dinâmica de plantio entre diferentes lotes dentro da mesma fazenda para que o trabalho de queima-colheita possa ocorrer de forma seqüencial entre esses lotes. O período de colheita ocorre entre os meses de Maio e Novembro na região Centro-Sul e nos meses de Setembro a Fevereiro na região Norte-Nordeste. Segundo a avaliação dos impactos socioeconômicos publicada pelo CGEE (2005): “produzir R\$ 100.000 de cana-de-açúcar requer seis trabalhadores no modo manual ou apenas um, se a colheita for mecanizada”.

Os colhedores de cana são, em sua maioria, pessoas contratadas de forma temporária, que em alguns casos atravessam o país para trabalhar na colheita em outras regiões. Esse movimento migratório é alvo de críticas pela sociedade e um foco de problemas para as empresas que, além de incorrerem nos custos de contratação, alojamento e mesmo transporte da mão-de-obra, são responsabilizadas pelas conseqüências do deslocamento dessa força de trabalho, de baixa qualificação, que ocasionalmente se instala em definitivo nas regiões de maior demanda (Campbell, 2005; Rodrigues e Abi Saab, 2007).

A queima da cana possui ainda outros pontos negativos como o risco de incêndio por descontrole das queimadas, a degradação das propriedades do solo, perda da qualidade da sacarose e a poluição do ar nas comunidades vizinhas (Macedo, 2005). A redução dessa atividade vem sendo demandada por diversas organizações, governamentais e não-governamentais, e pela sociedade civil como um todo.

Essa pressão culminou na promulgação de leis que estabelecem limites para a redução e futura eliminação da prática das queimadas. No estado de São Paulo a Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, que considera as evoluções tecnológicas, a situação de emprego e as áreas de risco, propõe a eliminação total da queimada na colheita da cana até 2031, estabelecendo metas para o setor. O governo desse estado também assinou no dia 04 de Junho de 2007 um acordo em que propõe a atribuição de um selo especial às usinas que anteciparem o cumprimento dessas metas, seguindo o plano apresentado no gráfico a seguir:

Ilustração 9 – Metas para a eliminação das queimadas em São Paulo



Fontes: CGEE (2005); Schlindwein (2008)

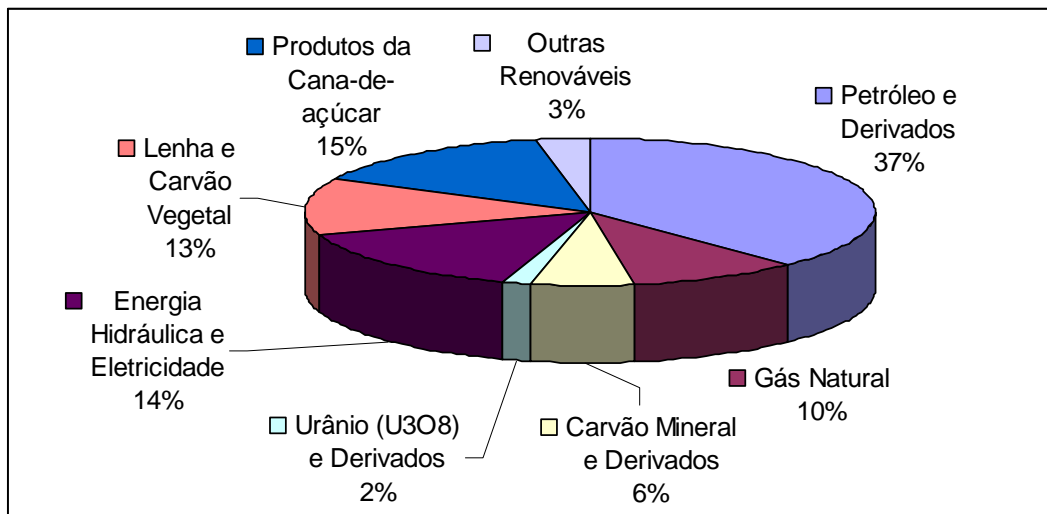
A mecanização se apresenta como uma maneira de viabilizar a colheita da cana crua. Ela oferece maior produtividade e melhor qualidade da matéria-prima do que a colheita manual, além de reduzir os custos (Scopinho *et al.*, 1999). Essa técnica depende, porém, de certas condições para que se torne viável, como a baixa declividade do solo (abaixo de 12%) e a adoção de práticas agrícolas mínimas como, por exemplo: (i) o cultivo em curvas de nível ou com o terraceamento, com o objetivo de reduzir a ação da erosão, a lixiviação e aumentar a quantidade de água incorporada no solo; (ii) a adoção de linhas mais retas no plantio e estabelecimento de espaço adequado entre as linhas de plantio para possibilitar a circulação dos equipamentos; e (iii) a organização da plantação em glebas de formato alongado, de pelo menos 500 hectares (Ramão *et al.*, 2007; Salati, 2007).

A colheita da cana crua traz ainda o benefício da possibilidade de aproveitamento da palha em três aplicações principais: (i) proteção ao solo, pela simples disposição da palha no local de plantação; (ii) geração de energia elétrica pela queima dessa biomassa; (iii) produção de etanol através da hidrólise do material lignocelulósico (Macedo, 2005).

A proteção ao solo ajuda na manutenção da umidade, na redução da exposição à erosão eólica e pluvial, e na reposição de nutrientes ao solo pela absorção dos componentes da própria palha.

A geração de energia pela queima da biomassa constitui uma oportunidade de diversificação para as empresas que, além de atenderem suas próprias necessidades energéticas, podem comercializar o excedente gerado. A participação da biomassa vem se expandindo na matriz energética brasileira, onde os produtos da cana-de-açúcar já ocupam posição de extrema importância.

Ilustração 10 – Matriz energética brasileira (2006)



Fonte: Balanço Energético Nacional 2007 (MME/EPE, 2007)

A produção de etanol a partir de material lignocelulósico é uma das grandes apostas globais para o aumento da produção mundial do álcool combustível, uma vez que não demanda um aumento na área cultivada. Essa tecnologia visa o aproveitamento de resíduos fibrosos da produção atual, como a espiga do milho ou, no caso da cana-de-açúcar, a palha e o bagaço, realizando um processamento químico de hidrólise desse material lignocelulósico. A sua viabilidade técnico-econômica vem sendo testada nas primeiras plantas-piloto em escala industrial que estão em desenvolvimento, enquanto estudos projetam um aumento de 20% a 30% na produtividade de etanol por tonelada de cana processada (CGEE, 2005).

A principal técnica de mecanização da colheita adotada no Brasil deriva da técnica australiana, que colhe e pica a cana para o seu transporte. Abaixo estão presentes as principais características dos três tipos de mecanização da colheita adotados no país:

Tabela 6 – Principais tecnologias de colheita adotadas no Brasil

	Tipo de Corte		
	Manual	Mecanizado (cana picada)	Mecanizado (cana inteira)
Características	Corte manual; carregamento e transporte mecanizados	Eliminação da base e do topo, com limpeza e carregamento simultâneos	Eliminação da base e do topo com cana íntegra
Nível de adoção	Aproximadamente 80% (diminuindo)	< 20% (aumentando)	< 2%
Capacidade de colheita	Corte: 4 - 7 ton/homem/dia; Carga: 400 ton/máq/dia	400 ton/máq/dia (pode chegar a 600)	600 ton/máq/dia (pode chegar a 700)
Custo	USD 3 - 4 / ton (corte e carregamento)	USD 2 / ton	USD 1,5 / ton
Principais restrições	- Falta de mão-de-obra, demandando a contratação de outras regiões do país - Interrupção da produção em caso de greves - Treinamento constante para manutenção da produtividade e qualidade - Aumenta muito os custos da colheita de cana crua	- Perda de matéria da cana pelo corte da base, nos rolos condutores, picotador e extratores - Intenso tráfego entre linhas plantadas: duas passagens da colhedora e do transportador - Sobrecarga dos decantadores na usina	- Perda de matéria da cana pelo corte da base e pelos rolos elevadores da cana íntegra - Intenso tráfego entre linhas plantadas: duas passagens da colhedora - Danificação do talo pelo corte da base e pelos rolos transportadores
Vantagens	- Menor proporção de solo na cana colhida - Menor perda de matéria da cana - Evita a criação de infra- estrutura de operação e manutenção dos equipamentos - Evita a necessidade de equipes especializadas	- Menor demanda por mão-de-obra - Menores custos de colheita - Operação da colheita é simples - Viabiliza a colheita da cana crua	- Mínima necessidade de mão-de-obra (apenas na operação e manutenção) - Independência das operações de corte e transporte, simplificando a gestão do processo - Maior produtividade das operações de corte e transporte

Fonte: Adaptado de Braunbeck et al. (1999)

Conclui-se que, além das condições ambientais mínimas, alguns aspectos podem ser apontados como os principais requisitos à adoção da mecanização da colheita: (i) a utilização das técnicas de plantio corretas; (ii) o domínio do conhecimento técnico para operação dos equipamentos; (iii) a implantação de ferramentas de controle gerencial condizentes com a nova estrutura de custos e perdas; e (iv) o volume de produção para que o sistema se torne viável (Braunbeck et al., 1999; Scopinho et al. 1999; Veiga Filho, 1998; CGEE, 2005; Salati, 2007).

1.3.4 O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)

O CTC é uma associação civil de direito privado, mantida pelas suas associadas, tendo como objetivo principal o desenvolvimento tecnológico da produção de açúcar e álcool.

Sua missão é empreender novas tecnologias aplicadas desde a fase de cultivo da cana-de-açúcar até o processo industrial da produção do açúcar e do álcool, transferindo-as ao seu corpo de associadas. Hoje, o CTC conta com aproximadamente 200 unidades produtoras em todo o Brasil, envolvendo aproximadamente 60% da capacidade nacional de processamento de cana.

O CTC apresenta como suas principais linhas de pesquisa os seguintes programas:

- Plantio e Colheita Mecanizada
- Biotecnologia
- Controle Biológico de Pragas
- Muda Sadia
- Geoprocessamento
- Imagens de Satélites
- Programa de Melhoramento Genético

O CTC e suas linhas de pesquisa são financiados pelas associadas, de participação voluntária, as quais contribuem com um valor proporcional ao seu volume de produção. As decisões de alocação de recursos entre os projetos de

pesquisa da instituição são feitas por um colegiado composto por pesquisadores e representantes das usinas.

Contando com investimentos anuais da ordem de R\$ 20 milhões, o Programa de Melhoramento Genético foi responsável pelo lançamento de 61 variedades de cana desde que o órgão foi criado, em 1969. Entre os benefícios oferecidos pelas variedades, a equipe do CTC destaca: adaptabilidade à colheita mecanizada, teores de sacarose mais elevados, resistência a doenças da cultura e alta probabilidade de adaptação a novas regiões (em áreas de expansão da cana).

2. Revisão Bibliográfica

2.1 O Conceito de Tecnologia

Apesar de ser um termo bastante básico e comumente utilizado, a idéia de se explicar o significado de tecnologia não é simples. Vários autores propuseram definições similares que se complementam no desenho final desse conceito.

Com o objetivo de examinar fatores culturais ligados à forma como as pessoas encaram a tecnologia, Pacey (1983) define tecnologia como “a aplicação de conhecimento a atividades práticas através de sistemas ordenados que envolvem pessoas, organizações e equipamentos”. Essa definição é complementada por Tornatzky *et al.* (1983), os quais agregam à idéia de realização de atividades práticas a percepção de que a tecnologia é algo que expande a capacidade do homem.

Orlikowski (1991) cita dois aspectos importantes do conceito de tecnologia: escopo – o que compreende a tecnologia; e papel – como se define a relação da tecnologia com a organização.

A autora aponta duas linhas no que diz respeito ao escopo e três linhas no que diz respeito ao papel da tecnologia, como apresentado na tabela a seguir:

Tabela 7 – Classificação da tecnologia segundo seu escopo e papel

Aspecto	Linhas	Definição
Escopo	Tecnologia como <i>hardware</i>	Equipamentos, máquinas e instrumentos que o homem utiliza nas atividades produtivas
	Tecnologias sociais	Atividades genéricas, técnicas e conhecimento, utilizados pelo homem quando envolvido em atividades produtivas
Papel	Modelo imperativo	Base dos primeiros estudos de adoção de tecnologia, que buscam identificar as características externas e internas à organização (econômicas e não econômicas), relacionadas a esse processo
	Modelo de escolha estratégica	Tecnologia como um produto da ação e evolução contínua do homem, através das atividades de projeto (<i>learn-by-doing</i>) e apropriação dessa tecnologia (<i>learn-by-using</i>). Destaca o efeito de modificação da tecnologia pelos seus usuários.
	Modelo de gatilho para mudanças estruturais	Tecnologia como uma intervenção na relação entre homem e organização, com potencial para modificar essa estrutura. Tratada como um objeto social, a tecnologia assume diferentes significados de acordo com o contexto, mesmo mantendo sua forma e função.

Fonte: Adaptado de Orlikowski (1991)

Alinhados com o escopo da tecnologia como *hardware*, Tornatzky *et al.* (1983) associam-na fortemente com o processo produtivo e propõem a sua classificação entre:

- Tecnologia de produto: que está diretamente associada, ou é parte do bem final (o que será consumido);
- Tecnologia de processo: ferramentas, técnicas, equipamentos ou métodos relacionados à produção do bem final;
- Tecnologia gerencial: artefatos que permitem ou apóiam o planejamento, acompanhamento ou a colocação em operação de um processo;

Outros autores reforçam essa visão da tecnologia relacionada às atividades de engenharia, associando o conceito com o conjunto de equipamentos, técnicas e

artefatos utilizados no processo de fabricação, produção ou entrega de bens e serviços (Dussauge, Hart e Ramanantsoa, 1992; Amsalem, 1978).

A partir dessas definições, abrangentes e complementares do conceito, podemos caracterizar a tecnologia adotada neste trabalho: a mecanização da colheita de cana-de-açúcar.

Tal tecnologia pode ser compreendida, primeiramente, como uma tecnologia ligada ao escopo da engenharia, ao envolver a utilização de equipamentos, técnicas de plantio e conhecimento agrícola sobre impactos no solo e nas práticas complementares (como a irrigação, a contenção de pragas e o manejo da cultura).

Ela também pode ser classificada como uma tecnologia de processo, na medida em que se insere na cadeia de produção da cana-de-açúcar, com impactos sobre a produtividade, a qualidade e a estrutura de custos associada a esse processo.

2.2 O Conceito de Inovação

Diretamente ligado à idéia de tecnologia, está o conceito de inovação, o qual pode ser tratado como a aplicação de alguma tecnologia, equipamento, sistema, processo, política, produto ou serviço, novo para a empresa, com impacto comercial positivo (Damanpour, 1991). A inovação pode envolver a utilização de um novo conceito ou idéia (nova tecnologia), ou uma nova aplicação para um conceito ou idéia antigo (tecnologia já existente), necessariamente com a criação de valor para o usuário (ANTA, 2002).

O destaque dado ao valor percebido pelo usuário é importante para compreendermos o conceito de inovação. Tipicamente, ele tem duas perspectivas

simultâneas: a da geração (pelo desenvolvedor) e a da adoção (pelo usuário). Do ponto de vista do desenvolvedor, a inovação pode, por exemplo, ser considerada radical, ao envolver mudanças abruptas na tecnologia utilizada, ou incremental, quando se baseia em adaptações de tecnologias anteriores (Ashford *et al.*, 1985). Na perspectiva da sua adoção, ela também pode ser considerada mais ou menos inovadora, o que vai variar, basicamente, com o valor percebido pelo seu usuário. Sob essa ótica, uma mesma tecnologia pode ser considerada mais inovadora por uma pessoa ou organização, e menos por outras, dependendo do seu estágio de desenvolvimento prévio, do seu ponto de vista – desenvolvedor ou usuário –, de sua expectativa quanto aos benefícios a serem obtidos com aquela nova tecnologia, entre outros aspectos (Hampton, 2002).

Existem várias formas de se categorizar as inovações e Sunding e Zilberman (2000) apresentam, a partir de uma extensa revisão da literatura, várias abordagens comuns quando se fala de inovações agrícolas. Além de propor uma separação entre as inovações integradas ao produto (por exemplo: tratores, fertilizantes, etc) e as desassociadas (por exemplo: gestão de pestes e doenças, etc), os autores sugerem ainda a classificação de acordo com outros aspectos:

- I. Pela forma da inovação: mecânica (novos equipamentos), biológica (variedades de espécies), químicas (fertilizantes ou herbicidas), agronômicas (terraceamento, curva de nível), biotecnológicas, e de informação (apoiada por computadores e tecnologia da informação);
- II. Pelo tipo da inovação: de processo (referente às etapas produtivas) e de produto (mudanças nas próprias características do produto);

- III. Pelo impacto econômico e mercados: aumento da eficiência ou produtividade, redução de custo, melhoria na qualidade, redução de risco, proteção ambiental, desenvolvimento da vida nativa e da biodiversidade.

Segundo Downs e Mohr (1976), a diferenciação entre tipos de inovação explica em parte as variações nos resultados obtidos em diferentes estudos empíricos. O fato de essas classificações serem realizadas sobre o que eles chamam de “informações secundárias” – decorrentes da percepção relativa que alguém tem sobre tais elementos (como, por exemplo, caro ou barato) –, e não de características inerentes à inovação em si, permite compreender as diferenças identificadas por diferentes estudos de adoção de inovações.

Dentre os três tipos de classificação propostos por Sunding e Zilberman (2000), o primeiro – pela forma da inovação – seria aquele que, segundo os autores, tem maior utilidade para a compreensão das forças por trás da sua adoção, já que cada uma das formas propostas estaria relacionada a um conjunto diferente de fatores.

2.2.1 Adoção de inovações

Se por um lado autores como Van de Ven *et al.* (1999) analisam o processo de inovação do ponto de vista da organização que a desenvolve, outros autores (Frambach e Schillewaert, 2002; Damanpour, 1991; Rogers, 1983; entre outros) abordam a questão sob a perspectiva dos usuários da nova tecnologia, enfocando o processo de adoção das inovações.

Esse processo é comumente analisado sob uma das duas óticas: a gerencial ou a industrial. Na primeira abordagem, busca-se compreender os diversos fatores

que são considerados durante o processo de escolha de uma tecnologia (por exemplo: Vieira, 1988). Vários elementos, internos e externos, são abordados ao longo das etapas de escolha, que são sumarizadas por Rogers (1983), em seu capítulo dedicado à aquisição de tecnologia por empresas, como: (i) iniciação – constatação da necessidade, identificação de inovações relacionadas e a seleção de alternativas; (ii) decisão de adoção – avaliação das alternativas, escolha de uma opção e alocação de recursos para sua incorporação; e (iii) implementação – adaptação da inovação, preparação da companhia e uso continuado da tecnologia.

Com foco na etapa de decisão, Shehabuddeen *et al.* (2006) a definem como “escolher a tecnologia que a firma considera mais adequada, tomando por base o seu ambiente tecnológico, organizacional e de negócios”⁵. Com base na literatura existente, os autores propõem um *framework* gerencial para a escolha de tecnologia que resume os principais aspectos considerados por estudos dessa natureza. Segundo os autores, o processo compreende duas fases consecutivas de filtragem:

- O filtro de requerimentos: aplicado na fase de seleção das alternativas, em que são considerados elementos de natureza técnica (qualidade, confiabilidade, flexibilidade, capacidade de reprodução e volume de aplicação da nova tecnologia), financeira (capital disponível, desempenho de vendas, renovação e desempenho de operações) e pressões sofridas (ambientais, regulatórias ou ligadas a padrões adotados);

⁵ Tradução livre

- O filtro de adoção: aplicado na fase de escolha propriamente dita, em que são considerados aspectos ligados à capacidade de integração com tecnologias anteriores (compatibilidade e impacto), à usabilidade da nova tecnologia (utilidade e utilização), a características do fornecedor (serviços oferecidos, integridade, parceria), ao alinhamento com a estratégia (apoio e compatibilidade com a estratégia), e ao risco (operacional, tecnológico e comercial).

Damanpour e Schneider (2006) reforçam que todas as etapas do processo de escolha sofrem influências de vários elementos relativos ao contexto da empresa, os quais podem ser relacionados ao ambiente externo, à organização e aos indivíduos (líderes da organização). As influências desses três aspectos ocorrem de forma simultânea, com diferentes intensidades em cada etapa. Eles destacam aqui o efeito positivo (i) da saúde financeira da companhia, em especial sobre a etapa de decisão; (ii) dos aspectos organizacionais como um todo (por exemplo: tamanho e complexidade; comunicação externa; saúde financeira) em todas as etapas; e (iii) da atitude dos gestores frente às inovações, à competição e ao empreendedorismo.

Os estudos de origem industrial, por outro lado, buscam entender a dinâmica entre as características da empresa e do mercado que afetam o processo de adoção de uma tecnologia: os chamados determinantes da adoção da tecnologia (por exemplo, Monte e Teixeira, 2006). Esses estudos abordam tais questões sob a ótica da adoção e da difusão tecnológica, como destacado na seção seguinte.

2.2.2 Adoção e difusão

O estudo da adoção de tecnologias considera SE e QUANDO um indivíduo ou uma organização vai adotar uma determinada inovação, ao passo que a difusão

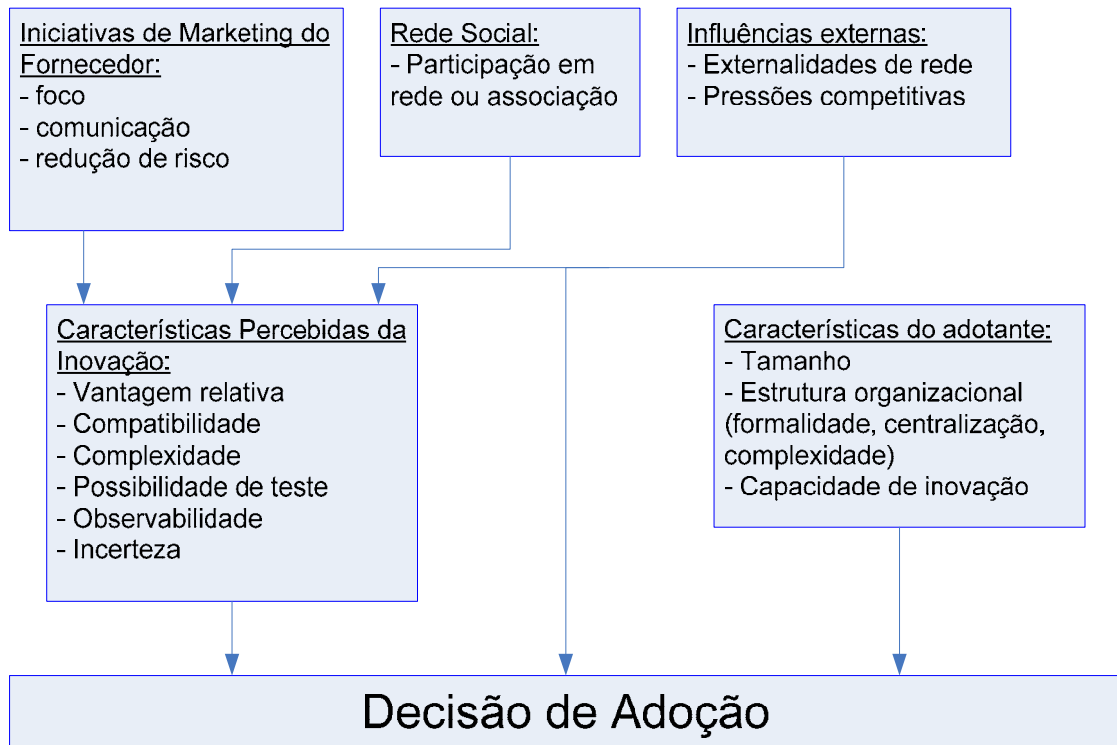
explora uma inovação penetrando no seu mercado potencial (Sunding e Zilberman, 2000). O processo de difusão pode ser então compreendido como uma seqüência de adoções por indivíduos ou organizações. Nessa abordagem procura-se compreender o efeito da acumulação das adoções e, tipicamente, analisam-se aspectos do modelo de curva S proposto por Rogers (1983) para a difusão de uma tecnologia entre seus usuários, a partir da utilização de diferentes modelos econométricos, como aqueles apresentados por Sunding e Zilberman (2000).

Na área de adoção das inovações, o *framework* elaborado por Frambach e Schillewaert (2002) considera cinco grupos de fatores que atuam como determinantes da adoção tecnológica pela corporação:

- Características percebidas da inovação: colocado no centro do modelo pelos autores, este conjunto envolve a forma como alguns atributos associados à nova tecnologia são percebidos pela organização;
- Características do adotante: segundo os autores, essas características influem diretamente na decisão de adoção, sendo as mais importantes o tamanho da firma, a estrutura organizacional (formal/informal, centralizada/descentralizada, etc) e a capacidade de inovação (ou a sua receptividade para novos produtos e idéias);
- Influências externas: esse grupo exerce influência direta e indireta ao processo decisório, já que afeta também a forma como a inovação é percebida;
- Rede social: abrange basicamente o envolvimento da organização em redes e associações, o que, segundo os autores, alteraria a percepção das características da inovação;

- Iniciativas de marketing do fornecedor: esse conjunto de fatores é apontado também como elemento de efeito indireto na adoção da inovação ao afetar a interpretação das características da inovação pela organização.

Ilustração 11 – Framework da adoção organizacional de inovações



Fonte: Adaptado de Frambach e Schillewaert (2002)

A importância das características percebidas pelo adotante é também apontada por Franco (2002), que afirma que “se o produtor rural adotar uma tecnologia, é evidente que ele observou as vantagens econômicas no seu empreendimento agrícola, em um grau de satisfação que justificou a mudança comportamental”.

Downs e Mohr (1976) chamam a atenção ainda para a grande variedade nos resultados obtidos em diferentes experimentos sobre a adoção de tecnologia, o que eles associam a: (i) diferenças significativas entre inovações analisadas; (ii) diferenças na forma como cada empresa vê e categoriza uma mesma inovação; (iii)

inferências feitas sobre a amostra ao se trabalhar com várias inovações simultaneamente, por exemplo atribuindo os mesmos determinantes do conjunto a cada uma das inovações que o compõem; (iv) diferentes abordagens sobre a variável dependente – tempo desde a primeira utilização, avaliação binária da adoção da inovação (“adotante” ou “não-adotante”) ou intensidade de adoção.

A fim de avaliar essa suposta instabilidade nos resultados, Damanpour (1991) realizou uma meta-análise em estudos de adoção de tecnologia para identificar determinantes (quais características influem positiva ou negativamente na adoção, com forte correlação) e moderadores desses determinantes (que atributos, da inovação ou do ambiente, alteram o efeito dos determinantes). Nesse estudo, em que foram tratados de forma acumulativa os resultados de outras 21 pesquisas, o autor analisou o efeito de 13 determinantes apontados na literatura, confirmando a influência significativa de 10 deles. Além disso, Damanpour avaliou também o efeito de quatro possíveis moderadores da relação das inovações e seus determinantes. De uma forma geral, esses moderadores, que apresentaram efeitos diferentes sobre as variáveis analisadas, afetaram principalmente a intensidade da relação, mas não a sua direção. Eles estão apresentados na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8 – Moderadores da relação inovação-determinantes⁶

Tipo de Moderador	Dimensão
Tipo de Organização	Manufatura x Prestação de Serviços
	Fins Lucrativos x Sem Fins Lucrativos
Tipo de Inovação	Administrativa x Técnica
	Produto x Processo
	Radical x Incremental
Estágio da Adoção	Iniciação x Implementação
Escopo da Inovação	Baixa adoção x Alta Adoção

Fonte: Damanpour (1991)

Dentre as conclusões de Damanpour (1991), deve-se destacar a importância de se considerar características dos diferentes elementos envolvidos no processo de adoção de tecnologia, além dos atributos da própria inovação, ao analisar os seus determinantes.

Por fim, as observações reunidas nessa seção tornam necessária a especificação ainda mais detalhada do foco do estudo: uma tecnologia de processo agrícola, com adoção estimulada por pressões externas à organização.

2.3 Determinantes da adoção de inovações

Diversos autores publicaram trabalhos em que identificam alguns dos determinantes da adoção de diferentes tecnologias. Apresenta-se aqui uma compilação parcial desses estudos, com o objetivo de direcionar a elaboração do instrumento de pesquisa e a condução do estudo.

Embora seus trabalhos estejam mais voltados ao processo de difusão de inovações, principalmente entre indivíduos, Rogers (1983) cita alguns fatores explicativos da taxa de adoção, que ele também associa às organizações. Dentre as

⁶ Os determinantes analisados por Damanpour (1991) serão abordados em maior profundidade na seção seguinte: 2.3 – Determinantes da adoção de inovações

características da tecnologia, ele destaca (i) a vantagem relativa, (ii) a compatibilidade da inovação, (iii) a possibilidade de experiência e (iv) a visibilidade dos resultados, como fatores de influência positiva sobre a decisão de adoção, citando ainda (v) a complexidade como um elemento de influência negativa. O autor cita o estudo de Ryan e Gross (1943 *apud* Rogers, 1983), sobre a adoção de sementes de milho híbrido, para apontar quatro itens de influência positiva para a adoção: o tamanho físico e a receita (características organizacionais); o fato de o líder ter educação formal mais avançada e ser mais cosmopolita (características do decisor). De forma complementar, dois atributos do ambiente externo são citados por Rogers (1983): a abertura de comunicação com pessoas de fora da organização, chamado de abertura do sistema, e a ênfase no atendimento às regras e procedimentos da organização, ou o seu nível de formalização/formalidade.

Referindo-se ao processo de adoção de inovações agrícolas e com uma visão voltada para os aspectos externos, Sunding e Zilberman (2000) chamam a atenção para a importância dos benefícios da tecnologia, percebidos pelos usuários, destacando a eficiência por área e a lucratividade por área, que devem ser analisadas pelo seu valor médio (que determinará aumento ou redução da variável) e pela sua variância (que determinará o risco associado à variável). Segundo eles, a adoção tende a crescer com o crescimento do ganho esperado e a diminuição do risco.

Wells Jr. (1988) por outro lado, propõe que o gestor nem sempre atua como um “homem econômico” (*Economic Man*) o que significaria tomar todas as suas decisões de investimento com base na racionalidade financeira, buscando a maximização dos lucros a partir da alocação ótima de seus recursos. O autor aponta

que o gestor comumente se comporta como um “homem engenheiro” (*Engineering Man*), levando, portanto, outras variáveis em consideração ao decidir pela adoção de uma determinada tecnologia. O autor ainda ressalta que essas características se tornam mais evidentes nos países em desenvolvimento, onde a mão-de-obra mais barata não justificaria uma decisão por tecnologias mais intensivas em capital.

Segundo ele, os principais elementos que influenciariam a decisão do gestor por uma tecnologia menos intensiva em mão-de-obra, seriam (i) a percepção de estar se protegendo contra:

- Variações no mercado: tecnologias mais capital-intensivas podem facilitar o acompanhamento de flutuações na demanda;
- Crises de liquidez na empresa: uma estrutura menos dependente de mão-de-obra reduzem o risco percebido em possíveis crises de liquidez;

e (ii) a busca de objetivos característicos do “homem engenheiro”, a saber:

- Reduzir os problemas operacionais à gestão de equipamentos ao invés de pessoas;
- Produzir produtos com a “maior qualidade” possível;
- Utilização de equipamentos sofisticados, o que se mostra atrativo à estética do engenheiro.

Wells Jr. (1988) ainda destaca alguns fatores que poderiam limitar a maior automação da produção como (i) a indisponibilidade de mão-de-obra capacitada para trabalhar com a nova tecnologia; (ii) a legislação trabalhista protecionista; e (iii) a dificuldade de acesso a crédito.

Damanpour (1991), ao reunir os resultados obtidos por 21 outros estudos em uma meta-análise, buscou compreender o processo de adoção de tecnologia e

identificar características organizacionais que estimulam ou inibem a inovatividade⁷ da companhia. A pesquisa revelou a influência significativa de 10 dos 13 determinantes analisados, como apresentado na tabela a seguir:

Tabela 9 – Determinantes da adoção de tecnologia

Determinante	Efeito	Descrição
Especialização	Positivo	Quantidade de especialistas
Diferenciação funcional	Positivo	Coalizão de profissionais em diferentes unidades
Profissionalismo	Positivo	Proporção de funcionários com formação profissional
Postura gerencial frente à mudança	Positivo	Atitude favorável dos gerentes à mudança
Recursos de conhecimento técnico	Positivo	Disponibilidade de fontes de conhecimento técnico
Intensidade administrativa	Positivo	Proporção de gerentes no quadro funcional
Folga de recursos	Positivo	Disponibilidade de recursos financeiros e produtivos
Comunicação interna	Positivo	Nível de intercomunicação entre as áreas da empresa
Comunicação externa	Positivo	Participação em atividades profissionais externas e troca de informações com o ambiente
Centralização	Negativo	Nível de centralização do processo decisório
Formalização	Não significativo	Nível de formalização dos processos corporativos
Perenidade dos gerentes no cargo	Não significativo	Tempo dos gerentes no cargo
Diferenciação vertical na hierarquia da empresa	Não significativo	Quantidade de níveis hierárquicos na empresa

Fonte: Damanpour (1991)

Com esse estudo, em que foram analisados também os atributos moderadores da relação entre a inovação e seus determinantes (vide Tabela 8 –

⁷ Tradução livre do termo *innovativeness*, que está associado à predisposição da empresa para inovar (Rogers, 1983).

Moderadores da relação inovação-determinantes), o autor reforçou a importância de se analisar outros aspectos além das características da estrutura organizacional. Nesse sentido, Damanpour e Schneider (2006) verificaram a influência de elementos ligados (i) ao ambiente externo, (ii) à organização em si e (iii) aos gerentes (líderes) da organização. Dessa forma, puderam verificar a influência de duas variáveis ambientais, riqueza e taxa de crescimento da população, sobre a adoção de inovações, além de estender a visão sobre características dos gestores, dentre as quais destacaram-se a experiência (perenidade) profissional na área de gestão e no cargo específico, além da sua atitude favorável a mudanças. Das características organizacionais, encontraram uma forte correlação com a adoção de novas tecnologias para o tamanho da firma, a complexidade operacional, a saúde financeira e a comunicação externa.

Hall e Khan (2003) propõem que, além dos determinantes que eles chamam de óbvios – os benefícios obtidos e o custo da adoção –, existem três outras categorias de fatores influenciando na decisão de adoção de uma inovação: (i) a disponibilidade de conhecimentos e habilidades (capital humano) para lidar com a nova tecnologia, o que se reflete no nível educacional, na abertura de mercado, entre outros fatores; (ii) a estabilidade da relação da empresa com seus consumidores, o que estaria ligado à redução do risco; e (iii) os efeitos de rede, que implicam num maior benefício (ou valor) associado à tecnologia, à medida que ela se torna mais difundida, seja pela rede de usuários (por exemplo, o fax e o correio eletrônico) ou pela rede de fornecedores e complementares (por exemplo, o PC e o vídeo cassete).

No escopo nacional Vicente e Vosti (1995) analisaram a adoção de duas tecnologias agrícolas – uso de fertilizantes/defensivos químicos e uso de tração mecânica – entre unidades produtoras de algodão, arroz, café e milho do estado de São Paulo. Pôde-se verificar aqui uma relação negativa do tamanho da propriedade com o uso de fertilizantes, porém positiva com a probabilidade de adoção da tração mecânica, o que destaca a variabilidade do comportamento desse fator e sugere que o tipo de inovação poderia representar um moderador da relação entre o tamanho da propriedade e a probabilidade de adoção da inovação (Damanpour, 1991). Os autores concluíram ainda que a disponibilidade de energia elétrica (que, devido à época, pode ser interpretada como a presença de infra-estrutura avançada⁸) e o acesso a crédito rural estimularam a adoção de inovações ao passo que a disponibilidade de trabalho residente inibiu a probabilidade de adoção da tração mecânica.

De forma similar, Monte e Teixeira (2006) identificaram os determinantes da adoção da tecnologia de despulpamento na cultura do café no estado do Espírito Santo, identificando o efeito positivo (i) do associativismo, (ii) do grau de escolaridade do responsável agrícola, (iii) da proporção de capital próprio reinvestido no negócio sobre o total de gastos realizados, (iv) da produtividade, (v) da rentabilidade percebida pelo produtor (alta ou baixa) e (vi) da participação em treinamentos técnicos. Em contraposição ao estudo de Vicente e Vosti (1995), não foi constatado efeito significativo do tamanho da propriedade sobre a adoção da tecnologia analisada. Nota-se aqui também, a influência de fatores oriundos das

⁸ Os dados utilizados referem-se ao período de 1970 a 1973.

várias dimensões – organização, ambiente externo e gestores – como adotado por Damanpour e Schneider (2006).

Buscando identificar os determinantes da adoção de tecnologias para a sustentabilidade agrícola mais especificamente, D'Souza *et al.* (1993) analisaram também diferentes dimensões do processo de adoção, notadamente aspectos ligados (i) ao capital humano, (ii) à estrutura organizacional e questões financeiras, (iii) características institucionais e (iv) características ambientais. Os autores verificaram um efeito positivo do nível educacional dos gestores e do conhecimento que esses gestores tinham sobre a presença de impactos ambientais locais com a adoção de tecnologias para a sustentabilidade agrícola, ao passo que a idade do responsável e o seu envolvimento em atividades externas apresentaram efeito negativo.

Esses resultados se somam aos encontrados por Arellanes e Lee (2003), que confirmaram o efeito negativo da idade do responsável, enquanto verificaram o efeito positivo do uso de irrigação, da percepção do agricultor sobre a qualidade do solo e do envolvimento do mesmo com a propriedade e a produção agrícola.

Autores brasileiros também têm contribuído para o conhecimento sobre os determinantes da adoção tecnológica para a sustentabilidade agrícola. Veiga Filho (1998) realizou um estudo qualitativo sobre os fatores ligados à adoção e difusão da mecanização do corte no cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Do ponto de vista da adoção, suas conclusões ressaltam a importância das limitações geográficas (topografia e clima), da disponibilidade de recursos naturais, da capacitação e treinamento de mão-de-obra, do suporte técnico recebido e do contexto organizacional como um todo.

Utilizando uma abordagem quantitativa sobre uma amostra de produtores do estado do Espírito Santo, Souza Filho et al. (1999) identificaram que a probabilidade de adoção de tecnologias para a sustentabilidade agrícola é maior para os produtores (i) associados a organizações de produtores, (ii) ligados a ONGs, (iii) conhecedores dos impactos negativos dos defensivos químicos na saúde e no meio ambiente, (iv) que contam com o envolvimento familiar nas atividades produtivas ou (v) que tinham sua propriedade localizada em uma região de melhores condições de solo. O tamanho da propriedade, por outro lado, proporcionou uma redução nessa probabilidade. De forma complementar, em alinhamento com outros estudos realizados (por exemplo: Damanpour e Schneider, 2006) os autores identificaram ainda a influência de variáveis relativas ao ambiente externo sobre a adoção das tecnologias, notadamente (i) a queda nos preços relativos de venda dos produtos agrícolas sobre os de compra de insumos e (ii) a redução relativa dos salários no campo sobre os preços de defensivos, ambos estimulando a adoção de tecnologias para a sustentabilidade agrícola entre os produtores.

2.3.1 Quadro Resumo

Os resultados obtidos nos vários estudos citados sobre determinantes da adoção tecnológica estão resumidos na Tabela 10 – Quadro-resumo de fatores explicativos da adoção, apresentado a seguir, organizados entre as três dimensões propostas por Damanpour e Schneider (2006): o gerente, a organização e o ambiente externo.

O Apêndice A – Compilação de estudos da revisão de literatura – apresenta uma lista completa dos artigos envolvidos, reunindo detalhes de cada estudo, assim como os principais resultados obtidos.

Tabela 10 – Quadro-resumo de fatores explicativos da adoção inovações

Dimensão	Fatores	Relação com a propensão à adoção	Autores
Gerente agrícola	Idade	Negativa	Arellanes e Lee (2003); D'Souza <i>et al.</i> (1993)
	Proprietário/ sócio	Positiva	Feder, Just e Zilberman (1985); Neil e Lee (2001); Arellanes e Lee (2003)
	Tempo de formação	Positiva	Rogers (1983); Feder, Just e Zilberman (1985); D'Souza <i>et al.</i> (1993); Monte e Teixeira (2006)
Organização	Profissionalismo gerencial	Positiva	Damanpour (1991)
	Competência operacional	Positiva	Wells Jr. (1988); Damanpour (1991); Vicente e Vosti (1995); Neil e Lee (2001)
	Proximidade a grandes centros	Positiva	Rogers (1983); Souza Filho <i>et al.</i> (1999); Monte e Teixeira (2006)
	Tamanho	Positiva	Braunbeck <i>et al.</i> (1999); Ramão <i>et al.</i> (2007)
	Acesso a crédito	Positiva	Feder, Just e Zilberman (1985); Wells Jr. (1988)
	Capital próprio	Positiva	Frambach e Schillewaert (2002); Franco (2002); Monte e Teixeira (2006)
	Percepção de simplicidade da inovação	Positiva	Frambach e Schillewaert (2002); Veiga Filho (1998); Sunding e Zilberman (2000); Ramão <i>et al.</i> (2007)
	Troca de conhecimento com fontes externas	Positiva	Frambach e Schillewaert (2002); Rogers (1983); Souza Filho <i>et al.</i> (1999); Monte e Teixeira (2006)
Ambiente externo	Disponibilidade de mão-de-obra temporária	Negativa	Feder, Just e Zilberman (1985); Wells Jr. (1988); Veiga Filho (1998)
	Condições climáticas/ ambientais favoráveis	Positiva	Veiga Filho (1998); Souza Filho <i>et al.</i> (1999); Arellanes e Lee (2003)
	Acesso a fontes de conhecimento (Associações)	Positiva	Frambach e Schillewaert (2002); Veiga Filho (1998); Souza Filho <i>et al.</i> (1999); Monte e Teixeira (2006); Damanpour e Schneider, 2006
	Ocorrência de acidentes	Positiva	D'Souza <i>et al.</i> (1993); Souza Filho <i>et al.</i> (1999); Frambach e Schillewaert (2002)

2.4 Modelo proposto

A partir dos estudos considerados na revisão da literatura, uma série de hipóteses podem ser formuladas sobre a influência das diversas características que circundam as organizações e a adoção de uma nova tecnologia. Notadamente, diversos autores (por exemplo, Sunding e Zilberman, 2000; Franco, 2002; Hall e Khan, 2003; entre outros) destacam a relação custo-benefício como uma condição básica, necessária à opção pela incorporação de uma inovação. Complementarmente, tais autores concordam com Wells Jr. (1988) quando este ressalta a importância de outros fatores, nos âmbitos interno e externo à organização, que venham a afetar a percepção de risco que o gestor tem sobre a nova tecnologia.

Rodrigues e Abi Saab (2007) identificaram uma redução de R\$ 235,68 por hectare (ou R\$ 2,32 por tonelada de cana) no custo da operação de colheita mecanizada de cana sem queima em relação à colheita manual de cana queimada. Esse valor possibilitaria, por exemplo, que uma unidade de apenas 3.500 hectares⁹, recupere um investimento de R\$ 824.880,00 em apenas 1 ano. Considerando-se que o valor médio de uma colhedeira é de R\$ 825.000,00, conclui-se que a utilização estrita de critérios financeiros, levaria à decisão pela adoção da mecanização.

Em função disso, esse estudo mantém seu enfoque sobre os aspectos do gerente, da organização e do ambiente externo que possam estar relacionados à maior probabilidade de adoção da mecanização da colheita.

⁹ 3.500 ha é o tamanho da menor unidade encontrada na amostra desse trabalho (ver Tabela 20 – Estatísticas descritivas das variáveis contínuas, na página 102).

Assim, nas próximas seções, os principais aspectos influenciadores dessa decisão, apresentados resumidamente na Tabela 10, serão trazidos ao contexto do setor sucroalcooleiro, mais especificamente às características da tecnologia de mecanização da colheita de cana-de-açúcar, para a descrição das hipóteses que guiam o presente trabalho.

2.4.1 Dimensão do gerente agrícola

Como apresentado na seção 1.3 a tecnologia de mecanização da colheita tem o potencial de melhorar o aproveitamento da cana, reduzir custos operacionais, minimizar impactos ambientais da atividade de colheita, proporcionar melhoria na qualidade de vida dos trabalhadores, entre outros benefícios (Veiga Filho, 1998; Macedo, 2005).

No entanto, para que tais benefícios sejam apreendidos pela empresa, ela precisa, não apenas realizar aporte de capital para a aquisição dos equipamentos necessários, mas também passar por uma série de adaptações nos seus processos produtivos e gerenciais. Todo esse esforço dedicado à nova tecnologia demanda o engajamento da empresa com objetivos e estratégias de longo prazo. Dessa forma, como proposto por Feder, Just e Zilberman (1985) e verificado pelos estudos de Neil e Lee (2001) e de Arellanes e Lee (2003), para outras técnicas agrícolas, espera-se que a existência de gerente agrícola com participação acionária aumente a probabilidade de adoção da mecanização da colheita pela empresa.

Diante da necessidade de tantas adequações na atuação da unidade produtora, torna-se importante que haja uma boa abertura a mudanças por parte do gerente agrícola. Como sugerido por vários autores, (por exemplo: Rogers, 1983; D'Souza *et al.*, 1993; Monte e Teixeira, 2006) essa abertura é uma postura mais

esperada em profissionais (i) mais jovens, que estariam menos sujeitos a vícios e práticas historicamente adotadas no mercado; e (ii) com educação formal mais ampla, que teriam mais acesso a diferentes fontes de conhecimento além de possuírem uma maior capacidade de avaliação e percepção dos benefícios inerentes à tecnologia.

Assim, espera-se que a idade do gerente agrícola tenha um efeito negativo sobre a probabilidade de adoção da tecnologia pela empresa, enquanto o grau de escolaridade ofereça um efeito positivo sobre ela.

2.4.2 Dimensão da organização

A mecanização da colheita envolve necessariamente o uso de equipamentos não utilizados anteriormente pela unidade agrícola que pratica a colheita manual. Esse passo pressupõe a capacitação da equipe responsável pela operação dessas máquinas, as quais possuem um nível de complexidade elevado, além de uma série de regras e procedimentos que devem ser seguidos com muita atenção sob a pena de se promover um acidente (Scopinho *et al.*, 1999). É interessante, portanto, que o corpo de funcionários em nível operacional possua um nível de formação razoável para que estejam aptos a utilizar de forma satisfatória os novos equipamentos.

Alguns autores chamam de competência operacional essa predisposição da equipe, que pode ser medida pela proporção de colaboradores com um determinado nível de formação dentro do quadro de funcionários (Damanpour, 1991; Vicente e Vosti, 1995; Neil e Lee, 2001). No caso do setor sucroalcooleiro, espera-se que uma maior proporção de funcionários com formação de nível técnico ou superior na equipe operacional pertencente ao quadro de funcionários permanentes de uma

empresa esteja associada a uma maior probabilidade de adoção da mecanização da colheita.

Um fator complementar a esse aspecto é a habilidade ou o hábito da empresa em realizar treinamentos, o que estaria ligado à abertura da equipe operacional ao processo de aprendizagem para a incorporação das novas práticas. Essa receptividade à troca de conhecimento com fontes externas pode ser medida pelo histórico de treinamentos (Monte e Teixeira, 2006) e pelo contato com profissionais externos à empresa (Souza Filho *et al.*, 1999). É esperado, portanto, que um maior número de horas de treinamento e uma maior quantidade de visitas técnicas facilitem processos de capacitação futuros e conseqüentemente favoreçam a adoção de novas tecnologias.

A compra dos equipamentos, a capacitação dos funcionários, a adaptação de processos e mecanismos de controle são atividades necessárias aos grupos que pretendam utilizar a colheita mecanizada nas suas unidades produtivas. Todas essas iniciativas envolvem o aporte de capital, seja diretamente pelo desembolso financeiro, seja indiretamente pela alocação de pessoas e recursos da organização à sua execução.

Uma característica desses projetos com grandes investimentos iniciais é a busca de ganhos de escala durante a sua operação para a viabilização do projeto e redução do período de *pay-back* do empreendimento. No caso da colheita da cana-de-açúcar, esse ganho de escala se traduz na capacidade produtiva, que está diretamente relacionada ao tamanho da unidade agrícola (Feder, Just e Zilberman, 1985; CGEE, 2005). Aquelas de maior porte devem, portanto, apresentar uma maior

propensão à adoção dessa tecnologia pelo maior potencial de retorno com a atividade, o que tornaria o investimento mais atrativo.

Para a mobilização de grandes quantias é necessário que haja disponibilidade em caixa ou que se tenha outra forma de obtê-las. Feder, Just e Zilberman (1985) propõem que o acesso a linhas de crédito seja fator determinante para a adoção de tecnologias mais intensivas em capital. Franco (2002) e Souza Filho *et al.* (1999) sugerem que esse fator seja mais influente para pequenos produtores, o que não foi verificado no estudo de Monte e Teixeira (2006). As usinas do setor sucroalcooleiro são, em geral, empresas de porte médio a grande, com processamento médio de aproximadamente 1.300.000 toneladas de cana e movimentando em média cerca de R\$ 120.000.000 ao ano (CGEE, 2005; Bressan Filho & Teixeira, 2008; Pró-Cana, 2008), o que as diferencia das pequenas unidades agrícolas familiares comuns em outras culturas. A ampla extensão de terras necessárias à viabilidade de um empreendimento como este, faz com que os investimentos em técnicas agrícolas adquiram também grandes proporções. Como essas empresas só passaram a ter ações negociadas em bolsa a partir de 2005, o uso de crédito agrícola se torna uma constante, quase uma condição necessária para o investimento em melhorias e o desenvolvimento da capacidade produtiva, como destacado por Bandeira de Mello *et al.* (2007): “O setor de etanol é um dos destaques na procura por financiamentos do BNDES.” Diante da instabilidade de resultados obtidos em outros estudos e de tais características do mercado, espera-se que o efeito, possivelmente positivo do acesso a linhas de crédito, se mostre não significativo na influência sobre a propensão à adoção da mecanização da colheita da cana-de-açúcar.

Ao mesmo tempo, alguns autores defendem que a maior utilização de capital próprio – decorrente da operação da empresa – no investimento em melhorias da infra-estrutura e processos da organização proporciona uma maior autonomia e uma redução do risco percebido nos investimentos, por exemplo, por não haver a necessidade de caixa disponível para pagamento de dívidas (D'Souza *et al.*, 1993; Frambach e Schillewaert, 2002). Monte e Teixeira (2006) encontraram correlação positiva entre a maior proporção do uso do capital próprio em investimentos na unidade agrícola e a adoção da tecnologia de despulpamento na cafeicultura familiar do estado do Espírito Santo, Brasil. O cenário diferenciado do setor sucroalcooleiro, porém, nos leva a outra expectativa. Tanto a estrutura das unidades agrícolas, mais industrializadas do que aquelas da cultura de café, como o porte dos investimentos necessários à mecanização da colheita, sugerem a existência de estruturas organizacionais mais complexas, e de comportamento possivelmente divergente no que se refere à percepção de risco em atividades com maior alavancagem financeira. A prática de acesso a crédito, comum nesse setor (Bandeira de Mello *et al.*, 2007), e a baixa participação dessas empresas no mercado de capitais podem, na verdade, minimizar a participação do capital próprio nos investimentos realizados na unidade produtiva. Assim, é esperado que o efeito da maior participação de capital próprio nesses investimentos, sobre a adoção de novas tecnologias, não seja estatisticamente significativo.

A percepção de risco está também ligada à quantidade e à complexidade das adequações necessárias à empresa para a adoção da nova tecnologia (Frambach e Schillewaert, 2002). Como citado anteriormente, no caso da mecanização da colheita, essas adaptações podem assumir grandes proporções, como é o caso das

técnicas de plantio, que chegam a demandar mais de um ano (o período de uma safra) para que se possa verificar o avanço naquele aspecto.

Alguns aspectos podem ser apontados como os principais requisitos à adoção da mecanização da colheita: (i) a utilização das técnicas de plantio corretas; (ii) o domínio do conhecimento técnico; (iii) a implantação de ferramentas de controle gerencial; e (iv) o volume de produção (Braunbeck *et al.*, 1999; Veiga Filho, 1999; CGEE, 2005; Salati, 2007). Espera-se, portanto, que uma empresa que se perceba mais adaptada, dentro desses aspectos, deve ter maior probabilidade de adoção da mecanização devido à conseqüente redução no risco percebido.

2.4.3 Dimensão do ambiente externo

Como visto anteriormente, a colheita da cana-de-açúcar, quando realizada manualmente, demanda uma quantidade grande de pessoas alocadas no processo. Alguns estudos (por exemplo, Rodrigues e Ortiz, 2006) afirmam que cada colhedeira pode chegar a substituir até 100 trabalhadores no corte da cana. Assim, é natural que as empresas com menor disponibilidade de mão-de-obra na sua região tenham maior propensão à adoção da mecanização da colheita, uma vez que a tecnologia permitirá uma menor dependência desse recurso escasso e oneroso sob os aspectos financeiro e social.

Autores como Souza Filho *et al.* (1999) e Arellanes e Lee (2003), verificaram a importância de condições climáticas e ambientais favoráveis para a adoção de novas tecnologias agrícolas. No caso da cultura da cana-de-açúcar mecanizada, três aspectos principais podem afetar a produtividade agrícola: (i) a qualidade do solo, principalmente no que tange à quantidade de nutrientes e à sua taxa de compactação; (ii) a qualidade do clima, já que o regime de chuvas e as taxas de

umidade influem diretamente no amadurecimento da cana; e (iii) a declividade do relevo, que pode demandar medidas de prevenção contra a erosão além de dificultar, ou mesmo impedir, a circulação das colhedoras (Veiga Filho, 1999; CGEE, 2005; Salati, 2007). É esperado que as unidades agrícolas que percebam suas características climáticas e ambientais como mais favoráveis tenham uma maior propensão à adoção da colheita mecanizada, pela redução do risco percebido no que tange à expectativa de retorno produtivo.

No setor sucroalcooleiro, é notável o papel das instituições setoriais – como, por exemplo, a UNICA, o CTC e o SINDAÇÚCAR – para a disseminação das melhores práticas entre as empresas, promovendo a transparência, a profissionalização e o desenvolvimento do setor. O efeito desse tipo de associação foi verificado por autores como Monte e Teixeira (2006) e Damanpour e Schneider (2006), como um elemento positivo à adoção de novas tecnologias. O relacionamento com tais organizações é uma importante fonte de conhecimento, não apenas pela troca com o seu núcleo, mas também pelo intercâmbio estimulado entre as empresas associadas. Dessa forma, entre as unidades produtoras de cana-de-açúcar, a associação a um maior número de instituições deve determinar uma maior probabilidade de adoção da mecanização da colheita.

Finalmente, destaca-se que a adoção da mecanização, além de uma possível fonte de redução de custos e ganhos de produtividade, constitui uma forma de viabilizar a eliminação da queimada na colheita da cana. As queimadas são alvo de ataque pela sociedade que, cada vez mais preocupada com as questões ambientais em âmbito global e local, pressiona as empresas do setor pelo fim dessa prática. Autores como D'Souza *et al.* (1993) e Souza Filho *et al.* (1999) apontam a influência

positiva do conhecimento, por parte do responsável pela unidade agrícola, da ocorrência de acidentes ambientais na região sobre a probabilidade de adoção de novas tecnologias, devido à percepção de risco de degradação de recursos naturais essenciais à atividade agrícola. No caso da cultura de cana-de-açúcar, a questão de impactos ambientais pode afetar essa percepção de risco pela consciência, por parte da empresa, sobre a ocorrência de acidentes ambientais ligados à queimada. Esse elemento pode ser atenuado ainda pela percepção de gravidade do acidente e pela percepção da intensidade do impacto desse acidente para a empresa. Quanto maior o efeito percebido, maior a pressão sentida pela organização, o que deve levar a uma maior propensão à adoção da mecanização da colheita como meio de resolução das questões.

Tabela 11 – Estrutura do modelo teórico proposto

Fatores	Relação esperada	Caracterização
Idade	Negativa	Quanto mais avançada a idade do gerente agrícola, menor a probabilidade de adoção pela empresa
Proprietário/sócio	Positiva	Presença de gerente agrícola com participação acionária deve estimular a adoção pela empresa
Tempo de formação	Positiva	Quanto mais tempo de educação formal do gerente agrícola, maior a probabilidade de adoção pela empresa
Competência operacional	Positiva	Quanto maior a proporção de funcionários com educação formal avançada (nível técnico ou superior) na equipe operacional, maior a probabilidade de adoção
Troca de conhecimento com fontes externas	Positiva	Quanto mais horas de treinamento ministradas e mais visitas técnicas recebidas, maior a probabilidade de adoção
Tamanho	Positiva	Quanto maior a unidade produtiva, maior a probabilidade de adoção
Acesso a crédito	Não significativa	Sendo o acesso a crédito uma constante no setor, essa atividade não deve influir a adoção
Capital próprio	Não Significativa	A proporção de capital próprio nos investimentos realizados não influi na adoção da tecnologia
Adequação à inovação	Positiva	Percepção de melhor adequação da empresa à tecnologia aumenta a probabilidade de adoção
Disponibilidade de mão-de-obra temporária	Negativa	Pouca disponibilidade de mão-de-obra nas proximidades aumenta a probabilidade de adoção
Condições climáticas/ ambientais favoráveis	Positiva	Quanto mais favorável a percepção das condições ambientais ao cultivo da cana, maior a probabilidade de adoção
Acesso a fontes de conhecimento	Positiva	Quanto maior a quantidade de instituições relacionadas, maior a probabilidade de adoção
Acidente ambiental	Positiva	Quanto maior a nota atribuída a acidentes ambientais, maior a probabilidade de adoção

3. Metodologia

A intenção deste estudo é identificar fatores que estejam relacionados com a adoção da tecnologia de mecanização da colheita entre empresas produtoras de açúcar e álcool. Para isso, foram analisados, através do levantamento de dados primários, fatores relativos a três diferentes aspectos dessas empresas: (i) características do gestor, (ii) características da organização e (iii) características do ambiente externo (Rogers, 1983; Sunding e Zilberman, 2000; Frambach e Schillewaert, 2002; Damanpour e Schneider, 2006).

O processo de identificação dos fatores iniciou-se com a revisão da literatura sobre adoção, escolha e difusão de inovações tecnológicas, especialmente aquelas ligadas à área agrícola, a qual culminou em um quadro de referência de autores e fatores (ver Apêndice A – Compilação de estudos da revisão de literatura). Essa revisão envolveu estudos quantitativos e qualitativos, de diversas origens, com enfoques complementares, que estão resumidos na Tabela 10 – Quadro-resumo de fatores explicativos da adoção .

Em seguida, foram levantadas informações específicas do setor, através de pesquisa na literatura e do contato direto com especialistas da área, em que foram abordados os fatores identificados anteriormente, utilizando-se como guia o quadro-resumo apresentado na Tabela 10. O objetivo aqui foi de confrontar as suposições teóricas com aspectos práticos, específicos do setor que pudessem influenciar na interpretação da teoria reunida. Como resultado desta etapa, foi elaborado um modelo teórico composto por um conjunto de 13 fatores para a análise da adoção da mecanização da colheita no setor sucroalcooleiro. Esses fatores, organizados na

Tabela 11 – Estrutura do modelo teórico proposto, guiaram o desenvolvimento do instrumento de pesquisa a ser respondido pelas empresas-alvo.

O questionário final foi ainda validado com especialistas do setor a fim de que se pudesse ajustar o discurso de abordagem e a forma de medição das variáveis no instrumental, aprimorando a qualidade das variáveis envolvidas.

O questionário foi então aplicado junto ao público-alvo da pesquisa e seus dados analisados de acordo com a metodologia apresentada nas seções seguintes.

3.1 Caracterização do estudo

Como proposto por Vergara (2000), a pesquisa pode ser classificada como exploratória e aplicada, no que se refere aos seus fins, e como uma pesquisa de campo, empírica, no que se refere aos seus meios.

Sua natureza exploratória se deve à não verificação de estudos anteriores que atendessem ao propósito principal da pesquisa: a verificação dos fatores influenciadores da adoção da mecanização da colheita da cana-de-açúcar entre empresas do setor sucroalcooleiro brasileiro. Os estudos exploratórios são indicados quando o objetivo principal não é a generalização dos resultados, mas a ampliação da compreensão do fenômeno, buscando-se novas formas de olhar o problema. Esse tipo de estudo permite fazer um levantamento provisório do fenômeno que se deseja estudar posteriormente de forma mais detalhada (Selltiz *et al.*, 1974).

A pesquisa é também aplicada porque tem finalidade prática, visando contribuir para o conhecimento sobre as empresas produtoras de açúcar e álcool, para a estruturação de políticas estimuladoras da difusão tecnológica e o conseqüente aumento da produtividade com segurança no setor.

Quanto aos meios, ela é uma pesquisa de campo, empírica que se baseia na aplicação de questionários fechados junto às empresas para identificação dos fatores que influem na adoção da nova tecnologia.

Tendo em vista que não foram encontrados estudos anteriores que publicassem dados relacionando as características das empresas com a adoção de tecnologia no setor sucroalcooleiro brasileiro, optou-se por utilizar a *survey* como método para a coleta de dados. Esse método é adequado à investigação de populações para a verificação de relações entre variáveis ou a incidência de casos específicos, a partir do estudo de uma amostra (Malhotra, 2006).

Quanto à análise dos dados, o presente trabalho aborda o problema sobre o enfoque da adoção da inovação, o que representa uma visão transversal, instantânea, sobre o processo de difusão da nova tecnologia. Nesta área de adoção das inovações, Downs e Mohr (1976) apontam duas linhas principais de estudos:

- Os determinantes da incorporação das inovações pelas empresas: quais as características das empresas que adotam determinada inovação;
- A “adotabilidade” da inovação: que características de uma inovação, a tornam mais atraente para as empresas.

Segundo eles, as duas abordagens oferecem duas visões sobre a mesma realidade, devendo-se apenas mudar o enfoque das variáveis para inverter o tipo de análise. Nesse estudo, abordaremos o problema sob o ponto de vista dos determinantes da adoção.

Mohr (1982) e Rogers (1983) chamam esse tipo de estudo de *variance research* (ou estudo de variância, quantitativo), em que se pretende determinar as co-variâncias entre um conjunto de variáveis, e de *process research* (ou estudo

processual, qualitativo) aqueles em que se busca conhecer a seqüência temporal de um conjunto de eventos na adoção da tecnologia. Como críticas ao modelo de pesquisa proposto (identificação dos determinantes da adoção de tecnologia), Rogers (1983) cita dois aspectos principais:

- I. Ao avaliar um grupo grande de inovações, o método quantitativo não captura as diferenças entre tipos de inovação, além de desconsiderar o fator tempo e outros atributos que, assim como os aspectos da estrutura organizacional (mais comumente analisados), também atuam como determinantes da adoção;
- II. As informações fornecidas pelo principal executivo da organização podem não representar adequadamente o comportamento inovador da organização, já que a escolha da tecnologia pela empresa de forma corporativa não garante a sua ampla adoção operacional.

Para contornar essas questões, algumas práticas podem ser incorporadas ao formato da pesquisa. Com relação à primeira questão, deve-se inicialmente ressaltar que o presente estudo foca na adoção de uma única tecnologia, evitando, assim, confusões entre diferentes práticas durante as análises. Quanto à diversidade dos atributos que influem na decisão de adoção, buscou-se identificar os determinantes da adoção entre características (i) dos líderes organizacionais; (ii) das estruturas internas; e (iii) do ambiente externo (Sunding e Zilberman, 2000; Damanpour e Schneider, 2006); estabelecendo-se ainda um alinhamento com a abrangência de perspectivas proposta por Frambach e Schillewaert (2002) apresentada anteriormente (ver seção 2.2.2 - Adoção e difusão). Devido à dificuldade em se obter dados quantitativos do setor, e sendo esta uma pesquisa pioneira em sua

abordagem, não seria possível considerar o fator tempo na análise, o que poderá ser considerado em estudos futuros.

Relacionado ao segundo ponto levantado pelo autor, vemos que o tipo de tecnologia avaliada e a forma de verificação da sua adoção podem garantir a confiabilidade dos resultados. A mecanização da colheita é uma tecnologia cuja adoção se dá em nível corporativo o que é facilmente verificável pela própria operação da empresa. Sendo uma tecnologia que envolve a aquisição de equipamentos para o trato do campo, a mecanização da colheita pode ser medida pela extensão de terras em que essa técnica é utilizada (Feder, Just e Zilberman, 1985). Essa característica permite isolar o viés do respondente já que as respostas relativas à adoção deixarão de depender da sua percepção.

O presente estudo segue a abordagem quantitativa, analisando as correlações entre características do gestor, da organização e do ambiente externo, com a propensão à adoção da tecnologia de mecanização da colheita, na busca por identificar os fatores determinantes da incorporação dessa tecnologia pelas empresas.

Assim, as perguntas do estudo seriam:

- Quais os fatores, ligados (i) ao gerente agrícola, (ii) à organização e (iii) ao ambiente externo, que estão relacionados com a adoção da colheita mecanizada por empresas do setor sucroalcooleiro brasileiro?
- Qual o sentido (positivo ou negativo) da influência exercida pelos fatores determinantes da adoção desta tecnologia?

3.2 Universo e amostra

Buscando contribuir para o conhecimento sobre o comportamento empresarial frente a novas tecnologias, em especial sobre a decisão de adoção/não adoção da inovação em função de diversas características organizacionais, foi definido o foco da pesquisa em torno das usinas produtoras de açúcar e álcool no Brasil. Dados do setor (MAPA/SPAEE, 2007; Bressan Filho e Teixeira, 2008) evidenciam a existência de 343 empresas desse tipo operando no país, controlando mais de 60% da produção nacional de cana-de-açúcar, que é o universo da pesquisa.

Obteve-se um banco de dados com razão social, nome fantasia e endereços de 366 usinas, contendo algumas unidades desativadas, o que foi tomado como a base inicial de trabalho. Foram obtidos números de telefone ou e-mails de 284 destas empresas, dos quais se pôde verificar, através das tentativas de contato, que nem todos estavam corretos. Ao final, foi estabelecido contato com 225 dessas empresas, obtendo-se 61 respostas válidas. Essa amostra representa 17,8% do universo de 343 usinas produtoras de açúcar e álcool no Brasil.

Não foram envolvidos grupos produtores exclusivamente de cana-de-açúcar por se tratar de um mercado (i) muito pulverizado, com cerca de 30.000 unidades espalhadas por todo o território nacional (Macedo, 2005); e (ii) com grande quantidade de pequenas unidades familiares, sem uma estrutura de administração formal.

3.3 Coleta de dados

Os dados da pesquisa foram obtidos através de *survey* realizada junto aos gerentes agrícolas das 225 empresas produtoras de açúcar ou álcool no Brasil que

figuravam no banco de dados inicial e que puderam ser contatadas no período de Abril a Junho de 2008.

A fim de simplificar a interação dos respondentes e reduzir possíveis barreiras culturais ao uso de tecnologias menos triviais, optou-se por divulgar o formulário em formato Word®, protegido contra modificações.

O questionário completo utilizado na pesquisa pode ser acessado no Apêndice D – Carta de apresentação e questionário. A Tabela 12 – Operacionalização das variáveis, a seguir, apresenta a forma como foram calculadas as variáveis do modelo proposto a partir das respostas do questionário.

Tabela 12 – Operacionalização das variáveis

Variáveis	Tipo	Medida
Idade do Gerente (IDADE)	Quantitativa (razão)	Idade do gerente, em anos
Sócio (SOCIO)	Nominal (0/1)	Gerente é sócio ou proprietário da unidade? (0=Não; 1=Sim)
Escolaridade do Gerente (ESC)	Ordinal	0: Sem instrução formal; 1: 1o grau; 2: 2o grau; 3: 3o grau; 4: pós-graduação
Percentual de Funcionários com Formação Técnica ou Superior (PFTS)	Quantitativa (razão)	Número de funcionários com formação técnica ou superior dividido pelo total de funcionários permanentes
Tamanho da Unidade (TAM)	Quantitativa (razão)	Área total, em hectares
Acesso a Crédito (CRED)	Nominal (0/1)	(a) Teve acesso a crédito nos últimos 3 anos? (b) Possui linhas de crédito em aberto (não quitadas)? Se (a)>0 ou (b)>0: 1; Senão: 0
Participação de Capital Próprio nos Investimentos (KP)	Ordinal	1: 0% 2: <50% 3: >50% 4: 100%
Adequação Total (ADEQ)	Ordinal	Nível de percepção de adequação à nova tecnologia (1 a 4), obtida pela média das variáveis APLANT, ACONH, AGER, AVOL
- Adequação das Técnicas Plantio (APLANT)	Ordinal	Nota atribuída, em escala de 1 a 4 para a adequação das técnicas de plantio à tecnologia de mecanização da colheita
- Domínio do Conhecimento Técnico (ACONH)	Ordinal	Nota atribuída, em escala de 1 a 4 para o domínio do conhecimento técnico necessário à utilização da tecnologia de mecanização da colheita
- Adequação das Ferramentas de Controle Gerencial (AGER)	Ordinal	Nota atribuída, em escala de 1 a 4 para a adequação das ferramentas de controle gerencial à tecnologia de mecanização da colheita
- Ad. Volume Produção (AVOL)	Ordinal	Nota atribuída, em escala de 1 a 4 para a adequação do volume de produção à tecnologia de mecanização da colheita
Horas de Treinamento (TREIN)	Quantitativa (razão)	Quantidade de horas de treinamento ministradas na unidade no último ano

Variáveis	Tipo	Medida
Visitas Técnicas (VISITAS)	Quantitativa (razão)	Quantidade de visitas técnicas recebidas no último ano
Disponibilidade de Mão-de-Obra Temporária (MDO)	Ordinal	Escala identificando a principal origem da mão-de-obra temporária 1: No município 2: No estado 3: Fora do estado
Ambiente Favorável (AMB)	Ordinal	Nível de percepção de condições ambientais mais ou menos favoráveis (1 a 3), obtida pela média das variáveis SOLO, CLIMA, e RELEVO
- Condições de Solo Favoráveis (SOLO)	Ordinal	Percepção das condições de solo na região para a cultura da cana-de-açúcar 1: Desfavorável 2: Indiferente 3: Favorável
- Condições de Clima Favoráveis (CLIMA)	Ordinal	Percepção das condições de clima na região para a cultura da cana-de-açúcar 1: Desfavorável 2: Indiferente 3: Favorável
- Condições de Relevo Favoráveis (RELEVO)	Ordinal	Percepção das condições de relevo na região para a cultura da cana-de-açúcar 1: Desfavorável 2: Indiferente 3: Favorável
Instituições (INST)	Quantitativa (razão)	Quantidade de associações com que se relaciona
Nota Acidente Ambiental (ACID)	Ordinal	Nota atribuída a acidentes ambientais em função da atividade de queimada, obtida pela multiplicação das respostas a três perguntas: - Recorda a ocorrência de algum acidente na região nos últimos 10 anos? (Sim=1; Não=0) - Percepção de gravidade do acidente (escala: 1=Nada grave até 4=Muito grave) - Percepção do impacto para a empresa (escala: 1=nenhum impacto a 4=alto impacto)

Feder, Just e Zilberman (1985) sugerem a utilização de indicadores quantitativos, mensuráveis, relativos à intensidade de aplicação da tecnologia, como

forma de avaliar a sua adoção ou não. Eles propõem ainda que a intensidade de adoção de uma tecnologia agrícola divisível pode ser avaliada pela extensão de terra em que ela é aplicada, o que se aplica diretamente à tecnologia de mecanização da colheita.

Dessa forma, a variável de mecanização da colheita foi medida pela combinação da extensão de aplicação das quatro opções possíveis para a colheita da cana-de-açúcar como apresentado na tabela a seguir:

Tabela 13 – Modelo da medição da mecanização da colheita

Extensão de terras	0% a 25%	25% a 50%	50% a 75%	75% a 100%
Colheita manual – Cana crua				
Colheita manual – Cana queimada				
Colheita mecanizada – Cana crua				
Colheita mecanizada – Cana queimada				

3.3.1 Material utilizado

Devido à experiência prévia do pesquisador junto ao setor sucroalcooleiro, desde o início da pesquisa havia uma preocupação muito grande com a quantidade de respostas que poderia ser atingida. Tendo sido muito assediadas ultimamente por pessoas interessadas em levantar informações do mercado, as empresas do setor têm se mostrado refratárias à participação em pesquisas que não tenham o endosso de alguma instituição conhecida por eles. A confiabilidade passada pela pesquisa era, portanto, um fator crítico para que se atingisse uma taxa de respostas aceitável.

Nesse sentido, foram estabelecidas parcerias com três instituições ligadas ao setor – o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) e o Sindicato do Açúcar e Álcool de Alagoas (SINDAÇÚCAR-AL) – que apoiaram a veiculação da pesquisa, permitindo a aplicação de suas marcas no material da pesquisa, divulgando a sua realização entre seus associados e esclarecendo dúvidas de participantes quanto à idoneidade do trabalho quando necessário.

Para o contato com os respondentes foram utilizados:

- Questionário padrão, disponibilizado nos formatos digitais Word® (.DOC), *Rich Text Format* (.RTF) ou texto puro (.TXT), de acordo com a solicitação do respondente. O mesmo documento foi impresso e enviado por correio para algumas empresas como apresentado na seção seguinte;
- Carta de apresentação, assinada pessoalmente pelo pesquisador, para envio junto com o questionário às empresas que seriam contatadas por correio comum;
- Página na Internet, com uma adaptação do texto utilizado na carta de apresentação, e *links* para (i) baixar o questionário, (ii) entrar em contato com o pesquisador ou (iii) conhecer as instituições relacionadas com o trabalho.

O texto da carta de apresentação foi ainda utilizado como base para o contato via e-mail com as empresas.

3.3.2 Etapas para o levantamento de dados

O banco de dados de contatos foi construído a partir de diferentes fontes. A versão inicial foi obtida junto à ANP, contendo os endereços físicos, nome fantasia e razão social de 366 usinas ativas em seu cadastro em 30/01/2008. Essas informações foram complementadas com os números de telefone disponibilizados por algumas dessas empresas nos *websites* de instituições do setor como o CTC e o SINDAÇÚCAR-AL. A parceria com a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) possibilitou ainda a obtenção de alguns nomes de pessoas influentes no setor e potenciais respondentes da pesquisa. O CTC e o SINDAÇÚCAR-AL não puderam disponibilizar seus bancos de dados internos por possuírem acordos de confidencialidade com os seus associados.

Sem que se pudesse verificar *a priori* quais das 366 usinas presentes na base de dados inicial estavam ativas e quais estavam inativas, o questionário foi veiculado primeiramente por correio comum para a maioria das empresas (295 usinas) e por telefone/internet entre outras (71 usinas) para as quais já se possuía dados mais completos para encaminhamento do questionário: número de telefone, nomes de gerentes e/ou endereço de e-mail.

Os questionários enviados por correio foram endereçados ao “Departamento Agrícola” das usinas, uma vez que não eram conhecidos os nomes dos gerentes. Os envelopes continham também uma carta de apresentação onde eram destacados os objetivos da pesquisa, o caráter de confidencialidade no tratamento dos dados e os possíveis meios para envio do questionário respondido (correio, e-mail ou fax), além de reforçar o apoio das instituições envolvidas: o CTC, o SINDAÇÚCAR-AL e a FBDS. Todo esse material tinha o propósito de conferir maior confiabilidade ao

trabalho, estimulando as respostas. O material enviado continha ainda um envelope de resposta, com selo pago, para facilitar ainda mais o processo.

Os questionários enviados por e-mail foram precedidos por contato telefônico direto com o gerente agrícola da unidade, ou com um de seus secretários, em que se esclarecia o objetivo e a importância da pesquisa. O processo de resposta era acompanhado por telefone e e-mail, ao menos uma vez por semana com cada empresa.

Em paralelo a essa atividade, realizou-se um levantamento extra de números de contato em lista telefônica, website das usinas, websites de outras instituições do setor e mesmo a partir de contatos pessoais, para que uma segunda rodada de ligações pudesse ser realizada, desta vez entre as empresas para as quais havia sido enviado apenas o questionário em papel, por correio comum. Nesse levantamento, foram obtidos telefones e/ou e-mails de 254 empresas, dos quais apenas 212 foram validados, através do contato direto com a empresa.

Nesta segunda rodada, os envios por e-mail foram novamente precedidos por contato telefônico direto com profissionais da unidade, para esclarecimento do objetivo e da importância da pesquisa e determinação do prazo limite para resposta. O preenchimento do questionário foi acompanhado periodicamente por telefone e e-mail.

Ao final desta segunda etapa, foram ainda enviados e-mails individualizados para todos aqueles que já haviam sido contatados anteriormente, mas que ainda não haviam enviado suas respostas. Essa mensagem buscava novamente sensibilizar os gerentes para a importância da pesquisa e formalizava a data limite para envio das respostas.

À medida que eram recebidos, os questionários respondidos eram verificados e, em caso de dados faltantes, estabelecia-se novo contato telefônico para a sua complementação.

A tabela abaixo apresenta as respostas obtidas através de cada um dos meios utilizados, ao longo do período de levantamento dos dados:

Tabela 14 – Andamento do levantamento de dados

	Abril	Maio	Junho
Ações	Envio por correio e início da primeira rodada de ligações	Fechamento da primeira rodada e início da segunda	Fechamento da coleta de dados
Correio	13	3	2
E-mail + Telefone	13	11	19
Total	26	14	21

3.4 Tratamento e análise dos dados

Sendo um trabalho exploratório, sem precedente no setor para a aplicação determinada – de verificação de determinantes da adoção da mecanização da colheita –, torna-se muito importante buscar a coerência entre os testes e a atuação prática do setor, tomando-se cuidado para que o preciosismo estatístico não obscureça a lógica durante as análises.

Com esse direcionamento e buscando manter a coerência com estudos anteriores realizados em outros setores (por exemplo, D'Souza *et al.*, 1993; Arellanes e Lee, 2003; Monte e Teixeira, 2006), foram realizadas as análises estatísticas julgadas mais adequadas à exploração das relações entre os fatores preditores e a variável dependente, para posterior avaliação da aderência do

comportamento desses testes com o modelo proposto. O seguinte procedimento de análise foi adotado:

- Estatística descritiva: verificar a distribuição dos dados e identificar valores extremos;
- Teste de correlação entre variáveis: identificar possíveis proporcionalidades entre o comportamento das variáveis;
- Teste Qui-quadrado: identificar possíveis relações entre diferentes valores atribuídos às variáveis;
- Regressão LOGIT: verificar a capacidade de previsão que o modelo proposto teria sobre a probabilidade de adoção da mecanização da colheita entre as empresas.

A seguir são apresentadas as análises de forma detalhada, com critérios adotados e as decisões tomadas ao longo do processo.

3.4.1 Análise descritiva

Com o objetivo de se conhecer a distribuição dos dados e verificar a ocorrência de possíveis valores extremos que pudessem distorcer os resultados, foram calculadas estatísticas descritivas de cada variável, como apresentado na tabela a seguir:

Tabela 15 – Estatísticas descritivas utilizadas

Estatísticas descritivas			
Média	Desvio-padrão	Curtose	Percentís 25% 50% 75%
Erro padrão da Média	Variância	Erro padrão da Curtose	
Mediana	Assimetria	Mínimo	
Moda	Erro padrão da Assimetria	Máximo	

Foram também gerados a tabela de freqüências, o histograma e o gráfico de dispersão *box-plot* com a distribuição dos dados de cada variável.

A partir da análise desses dados, foi possível identificar alguns valores extremos que deveriam ser verificados para a consideração sobre a sua participação ou não nas análises. Foram então definidas variáveis verificadoras, a partir de operações sobre as respostas obtidas para que se pudesse interpretar possíveis erros de digitação ou de compreensão da pergunta, o que justificaria o ajuste ou exclusão do caso.

Identificou-se também que, dos 61 respondentes, apenas 1 foi identificado como sócio/proprietário da unidade em que trabalhava. Não podendo ser testada na amostra obtida, essa variável foi, portanto, excluída das análises subseqüentes.

Como os valores envolvidos possuíam escalas muito distintas entre si, optou-se por realizar a padronização dos dados. Essa operação consiste na subtração da média e divisão pelo desvio-padrão, para que se obtenha uma escala com média igual a zero e desvio padrão 1. A tabela a seguir exemplifica valores antes e depois da sua padronização para que se tenha uma idéia da diversidade das ordens de grandeza envolvidas.

Tabela 16 – Exemplos de variáveis padronizadas

Variável	Valor original	Valor padronizado
Tamanho da Unidade Agrícola	20.000	-0,163
Percentual de Funcionários com Formação Técnica ou Superior	9,95% (ou 0,0995)	0,083
Nota Acidente Ambiental	6	1,645

Finalmente, buscando-se verificar a aplicabilidade dos testes estatísticos adotados, foi realizado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov sobre cada variável envolvida. A confirmação da distribuição não-normal na grande maioria das variáveis, a partir da obtenção de significância inferior a 0,05 neste teste, reafirmou a importância de utilização de métodos não-paramétricos no trabalho.

3.4.2 Correlações

A não normalidade da distribuição dos dados, inclusive da variável dependente, exige a adoção de métodos estatísticos não-paramétricos, como os índices τ -b (tau-b) de Kendall e o ρ (ro) de Spearman.

Alguns autores consideram a correlação de Spearman mais confiável no que tange ao tamanho do efeito de correlação (Field, 2005). Sendo este um estudo exploratório, seu objetivo principal é de verificar a ocorrência da proporcionalidade e o sentido de tal relação entre as variáveis e não o tamanho do efeito. Assim, foram aplicados ambos os testes para que se pudesse comparar os resultados com o modelo proposto, mas também entre as metodologias.

3.4.3 Qui-quadrado

Os testes de correlações consideram as variáveis envolvidas como ordinais, ou seja, presumem que haja um sentido em que elas crescem e outro em que elas

diminuem. Nesses testes o objetivo é verificar se a variável dependente cresce ou diminui, de forma significativamente proporcional com o crescimento ou diminuição da variável independente. (Malhotra, 2006)

No entanto, para variáveis nominais, como é o caso da variável de adoção da tecnologia (0 = não adota; 1 = adota) e de outras no nosso modelo (por exemplo, Credito: 0 = não teve acesso; 1 = teve acesso), o teste qui-quadrado (χ^2) poderia ser mais indicado.

Esse teste consiste de uma medida padronizada da diferença entre a frequência esperada de casos em uma relação de variáveis e a frequência real de casos atendendo a essa relação. Assim, ele verifica a independência entre pares de dados das duas variáveis envolvidas, sem a premissa de que haja ordenação entre valores da mesma variável. Quando a significância desse teste é menor do que 0,05 a hipótese de que tais variáveis sejam independentes é rejeitada (Hair *et al.*, 2005).

Próprio para o tratamento de dados dicotômicos, o teste qui-quadrado agrupa as variáveis de acordo com as suas ocorrências de valor e, dessa forma, é interessante utilizar escalas discretas mesmo para as variáveis contínuas. Nesse sentido, optou-se por criar 4 níveis de graduação para as variáveis contínuas como Tamanho da Unidade (TAM) e Percentual de Funcionários com Formação Técnica ou Superior (PFTS). O critério de classificação adotado foi o dos quartís da distribuição desses valores: os casos dentro do primeiro quartil receberam valor 1, aqueles no segundo quartil receberam valor 2, e assim sucessivamente. Foram geradas aqui as variáveis niveladas, como Tamanho da Unidade Nivelado (TAM_NIV) e Percentual de Funcionários com Formação Técnica ou Superior Nivelado (PFTS_NIV).

As variáveis que inicialmente haviam sido medidas em escalas limitadas, como Participação do Capital Próprio nos Investimentos (1 a 4) e Percepção de Clima Favorável (1 a 3), foram utilizadas na sua forma original. A tabela a seguir apresenta uma relação das variáveis que foram niveladas para utilização nos testes qui-quadrado e os valores de corte para a atribuição dos níveis a cada uma delas:

Tabela 17 – Variáveis niveladas utilizadas nos testes qui-quadrado

Variável	Variável Qui-quadrado	Valor de corte superior ¹		
		Nível 1	Nível 2	Nível 3
IDADE	IDADE_NIV	37	43	49
PFTS	PFTS_NIV	3,66%	7,13%	13,37%
PFT	PFT_NIV	1,60%	3,33%	7,98%
PFS	PFS_NIV	1,20%	2,38%	4,25%
TAM	TAM_NIV	14.000	17.500	27.000
ADEQ	ADEQ_NIV	2,75	3,25	3,75
TREIN	TREIN_NIV	100	200	500
VISITAS	VISITAS_NIV	7,5	12,0	20,0
AMB ²	AMB_NIV	2,33	3,00	-
INST	INST_NIV	2	3	4,5
PGER	PGER_NIV	0,31%	0,49%	0,83%
PGERFORM	PGERFORM_NIV	81,82%	100,00%	100,00%
ANOSGSETOR	ANOSGSETOR_NIV	9,5	20,0	24,5
ANOSGCARGO	ANOSGCARGO_NIV	1,0	3,0	7,5

¹ – O valor 4 foi atribuído às ocorrências com valores acima do respectivo Nível 3 reportado

² – A variável AMB foi classificada em apenas três níveis

Além destas, foi também modificada a variável Nota para Acidentes Ambientais (ACID), utilizando-se simplesmente a sua forma dicotômica (ACID_DIC), com valor 0, caso o respondente não tenha informação de acidentes ambientais ocorridos nos últimos 10 anos na região; e 1, caso o respondente saiba da ocorrência de acidentes ambientais na região.

Novamente, embora haja uma perda na qualidade dessa análise pela redução da precisão dos dados, sendo este um estudo exploratório, torna-se mais importante verificar o sinal, positivo ou negativo, da relação do que a intensidade dessa relação com alto grau de significância estatística (Malhotra, 2006).

3.4.4 Regressão logística (LOGIT)

O método de análise principal seguirá o modelo adotado por D'Souza *et al.* (1993), Arellanes e Lee (2003) e Monte e Teixeira (2006), entre outros: será realizada uma regressão logística, também chamada de LOGIT, relacionando as variáveis independentes, identificadas na Tabela 12 – Operacionalização das variáveis, com a variável dependente: adoção ou não da tecnologia de mecanização da colheita.

Esse tipo de análise representa uma combinação da regressão múltipla com a análise discriminante, uma vez que analisa o efeito de cada variável preditora sobre a probabilidade de ocorrência da variável de saída, considerando a presença das outras variáveis participantes no modelo. Ela é indicada para o caso do estudo porque: (i) permite utilizar um conjunto grande de variáveis independentes, métricas e não-métricas, para prever uma variável independente; (ii) possibilita a utilização de uma variável dependente não-métrica; e (iii) não assume como premissa a distribuição normal das variáveis, como é o caso da análise discriminante (Hair *et al.*, 1998).

A LOGIT aproxima a ocorrência/não ocorrência de um evento, em função de uma ou mais variáveis, a uma curva logística (de forma S). Segundo Hair *et al.* (2005), esse coeficiente logístico, pode ser calculado pela expressão:

$$\frac{P(\text{ocorrer})}{P(\text{n\~{a}o _ ocorrer})} = e^{B_0 + B_1 X_1 + \dots + B_n X_n}$$

De forma similar ao que ocorre na regressão linear, busca-se encontrar os coeficientes da equação que determinem com maior exatidão a probabilidade de ocorrência da variável dependente. Uma diferença importante é que o efeito de cada variável sobre a probabilidade de ocorrência da variável dependente não é dado diretamente pelo seu coeficiente na equação (por exemplo, B_n , para o n -ésimo item da equação), mas pelo seu antilogaritmo (por exemplo, $\text{EXP}(B_n)$).

A interpretação desses valores $\text{EXP}(B_n)$ também se diferencia:

- Valores entre 0 e 1 representam efeitos negativos: a probabilidade de ocorrência da variável dependente aumenta à medida que essa variável diminui;
- Valores maiores do que 1 representam efeitos positivos: a probabilidade de ocorrência da variável dependente aumenta à medida que essa variável aumenta.

Com isso, é importante também verificar a estabilidade do modelo obtido, analisando-se o intervalo de confiança atribuído a $\text{EXP}(B_n)$. Preferencialmente, o intervalo de confiança não deveria abranger o número 1, o que poderia significar a imprevisibilidade da influência daquela variável sobre a probabilidade de ocorrência da variável de saída.

Outra diferença com relação ao processo de regressão linear é a forma de verificação do ajuste do modelo obtido. Enquanto esta se baseia no método dos mínimos erros quadrados, a LOGIT se baseia no método da máxima verossimilhança. A estatística de verossimilhança (-2 vezes o valor do logaritmo da

verossimilhança, ou $-2LL^{10}$) é a medida de adequação do modelo. Quando a verossimilhança tende a 1 (ajuste perfeito), o seu logaritmo ($-2LL$) tende a 0 (Hair *et al.*, 2005).

O *software* estatístico SPSS 15.0 apresenta várias formas de execução dessa regressão, das quais utilizaremos duas principais:

- Método *Enter* (ENTER): adiciona todas as variáveis indicadas de uma só vez e realiza seguidas iterações em busca da solução para a equação que melhor explique as ocorrências no grupo de dados fornecido.
- Método *Forward Stepwise* (FSTEP): inicia o modelo sem nenhuma variável e segue adicionando ou retirando variáveis do modelo, uma a uma, em função do critério da significância de sua influência no conjunto (entrada ou saída da variável altera significativamente a estatística $-2LL$). A cada entrada ou saída de uma nova variável, o programa realiza um série de iterações para encontrar a solução para a equação que melhor explique as ocorrências no grupo de dados fornecido.

Independente do método adotado é ainda necessária a realização de testes de colinearidade entre as variáveis utilizadas, sendo aconselhável também uma análise dos resíduos. A ausência de colinearidade entre as variáveis é uma premissa da LOGIT, o que é verificado pelo cálculo da estatística VIF (*Variance*

¹⁰ Do termo em inglês: $-2 \times \text{Log}(\text{Likelihood})$

Inflation Factor) e pela rotação dos fatores envolvidos na equação. Segundo Field (2005), são sinais de colinearidade entre variáveis, a ocorrência de:

- uma VIF próxima de 10 ou valor médio de VIF muito maior do que 1;
- duas ou mais variáveis com grande participação proporcional sobre a variância de uma mesma dimensão rotacionada.

Complementarmente, o autor recomenda a análise dos resíduos da regressão, calculados a partir da diferença entre valores reais e previstos da variável dependente, com o objetivo de se identificar casos extremos que possam estar influenciando de forma desproporcional o comportamento do modelo e, conseqüentemente, impedindo a generalização dos resultados. A principal medida aqui é a Distância de Cook, que é uma medida da mudança no coeficiente de regressão se um caso for retirado do modelo. O *software* SPSS 15.0 oferece a possibilidade de gravação dos resíduos para análise, disponibilizando também uma medida chamada DFBeta, que representa a versão padronizada da estatística de Cook para cada variável. Valores de DFBeta maiores do que 1 são casos de maior influência.

Para que se possa considerar o modelo generalizável, recomenda-se também que se verifiquem os resíduos padronizados e a alavancagem de cada caso. Só deve haver 1% dos casos com resíduos padronizados acima de 2,58, e 5% dos casos acima de 1,96. A alavancagem esperada pode ser calculada pelo número de variáveis independentes (k) mais 1, dividido pelo tamanho da amostra (N). Um caso que possua uma alavancagem mais de 3 vezes maior do que a esperada, poderá estar exercendo uma influência muito grande sobre o resultado (Field, 2005).

3.4.4.1 Modelo proposto

A fim de se verificar a consistência do modelo proposto, inicialmente foi executada a LOGIT através do método ENTER, com todas as suas variáveis, no que foi chamado de Modelo Inicial. Buscava-se aqui uma resolução para a equação que incluísse obrigatoriamente todas as variáveis, para a comparação do sentido indicado para o efeito de cada variável com as hipóteses do modelo.

Algumas variáveis, que representam a agregação de várias dimensões, (por exemplo, PFTS, ADEQ e AMB), foram também exploradas de forma desagregada, para que se pudesse verificar a influência de cada dimensão dos fatores.

Assim, o método FSTEP foi executado para o Modelo Inicial e também para o Modelo Detalhado (com as variáveis desagregadas) para se identificar as variáveis de efeito realmente significativo sobre a previsão do comportamento da variável dependente.

Devido ao baixo número de respostas, em comparação com a quantidade de variáveis independentes, o modelo ENTER não pôde ser executado para o Modelo Detalhado (com as variáveis desagregadas).

Para cada modelo utilizado na regressão LOGIT, foram ainda conduzidos os testes de colinearidade entre as variáveis utilizadas e uma análise dos resíduos.

Diante da instabilidade verificada nos resultados obtidos, notou-se a pequena quantidade de casos válidos na análise. Verificou-se, então, que o fator Troca de Conhecimento com Fontes Externas, medido pela composição de duas variáveis (Horas de Treinamento – TREIN; e Visitas Técnicas - VISITAS) teve taxa de resposta muito baixa na amostra, o que levou à sua eliminação do modelo para o não comprometimento dos testes.

Feitas essas adaptações, todos os passos acima foram novamente executados para o chamado Modelo Ajustado (e correspondentemente para o Modelo Ajustado Detalhado, com as variáveis desagregadas).

3.4.4.2 Modelos complementares

Devido à sua característica exploratória, torna-se interessante ao estudo analisar de forma mais ampla o comportamento das relações entre variáveis em diferentes cenários, para que se tenha uma melhor noção da amplitude de aplicação dos resultados obtidos.

Nesse sentido, a análise LOGIT foi também aplicada para alguns modelos complementares àquele proposto a partir da análise da literatura. Esses chamados modelos complementares foram montados a partir das análises anteriores, selecionando-se as variáveis que apresentaram coeficientes significativos em relação à variável dependente.

Os três modelos complementares utilizados foram:

- Modelo Qui-quadrado: envolvendo aquelas variáveis que apresentaram coeficientes significativos nos testes qui-quadrado;
- Modelo Correlações: envolvendo aquelas variáveis que apresentaram coeficientes significativos no testes de correlação de Spearman e de Kendall;
- Modelo de Variáveis Extras: envolvendo todas as variáveis medidas na pesquisa, inclusive aquelas não incluídas em nenhum outro modelo.

Foi executada a LOGIT com o método FSTEP para cada grupo de variáveis, analisando-se em seguida a colinearidade entre as variáveis.

3.4.5 Resumo das Análises

Todos os resultados obtidos foram analisados à luz da literatura com o objetivo de prestar apoio à elaboração de políticas e iniciativas de divulgação das inovações entre as empresas do setor, de forma mais eficaz e adequada às necessidades dos clientes das novas tecnologias, além de apoiar a estruturação de estudos em temas relacionados no futuro.

A fim de facilitar o acompanhamento dos resultados apresentados na próxima seção, as tabelas a seguir apresentam um resumo das análises realizadas e a discriminação das variáveis envolvidas em cada um dos modelos utilizados na regressão LOGIT.

Tabela 18 – Resumo das análises e tratamentos realizados

Etapa	I - Verificação dos dados	II - Relações entre variáveis	III - Influência do conjunto de variáveis
Procedimentos realizados	<ul style="list-style-type: none"> - Estatísticas descritivas - Gráficos de distribuição - Teste normalidade Kolmogorov-Smirnov - Padronização dos dados 	<ul style="list-style-type: none"> - Kendall (τ-b) - Spearman (ρ) - Nivelamento de variáveis contínuas - Qui-quadrado 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGIT – método ENTER - LOGIT - método FSTEP - Estatística VIF de Colinearidade

Tabela 19 – Modelos utilizados com regressão LOGIT

Modelos Utilizados	Variáveis Envolvidas	
Modelo Proposto	Modelo Inicial	IDADE, SOCIO, ESC, PFTS, TAM, CRED, KP, ADEQ, TREIN, VISITAS, MDO, AMB, INST, ACID
	Modelo Ajustado	IDADE, ESC, PFTS, TAM, CRED, KP, ADEQ, MDO, AMB, INST, ACID
	Modelo Ajustado Detalhado	IDADE, ESC, PFT, PFS, TAM, CRED, KP, APLANT, CONH, AGER, AVOL, MDO, SOLO, CLIMA, RELEVO, INST, ACID
Modelos Complementares	Modelo Qui-quadrado	TAM, ACONH, AGER, ACID
	Modelo Correlações	TAM, KP, APLANT, ACONH, AGER, TREIN, CLIMA, INST, ACID
	Modelo de Variáveis Extras ¹¹	IDADE, ESC, PFTS, TAM, CRED, ADEQ, MDO, AMB, INST, ACID, PGERFORM, COMUNIC, ANOSGSETOR, CONTROLE, POSSEEEQUIP
	Modelo de Variáveis Extras Detalhado ¹¹	IDADE, ESC, PFT, PFS, TAM, CRED, APLANT, ACONH, AGER, AVOL, MDO, SOLO, CLIMA, RELEVO, INST, ACID, PGERFORM, COMUNIC, ANOSGSETOR, CONTROLE, POSSEEEQUIP

3.5 Limitações do método

O modelo proposto se baseia em uma análise estática do setor e desconsidera, portanto, o tempo como um elemento de influência na adoção. Não possibilita uma visão da taxa de adoção ou do processo de escolha, mas identifica o impacto dos fatores medidos nas decisões de adoção. Besley e Case (1993) sugerem que o modelo mais completo seria a análise de painéis de dados, como uma seqüência de retratos do setor, que possibilitariam uma análise dinâmica mais ampla e profunda. A dificuldade em acessar um conjunto de dados tão amplo sobre o setor, porém, impede a aplicação desse tipo de método (Ormond *et al.*, 2002).

¹¹ Algumas variáveis aqui presentes não fazem parte do modelo proposto e por isso não foram previamente descritas neste documento. A lista completa com todas as variáveis obtidas pelo tratamento dos questionários pode ser consultada no Apêndice B – Lista completa de variáveis.

Este estudo está sujeito ainda a mais uma limitação de ordem conceitual, ligada à causalidade nas relações entre as variáveis testadas. Apesar de a análise do setor e da literatura sobre adoção de inovações indicar potenciais relações de causalidade entre as variáveis, o modelo adotado não possibilita a verificação desse tipo de efeito.

Finalmente, o método aplicado apresenta ainda uma limitação ligada à sua operação. Para que o preenchimento do questionário fosse mais ágil, reduzindo a barreira para os respondentes, a medição de algumas variáveis foi simplificada, o que acarreta em perda na precisão das correlações medidas (Field, 2005). Em função disso, as análises dos resultados obtidos serão voltadas à verificação do sentido obtido para as correlações, sem que se possa realizar afirmações sobre a real intensidade das relações entre os fatores determinantes e a variável dependente.

4. Resultados

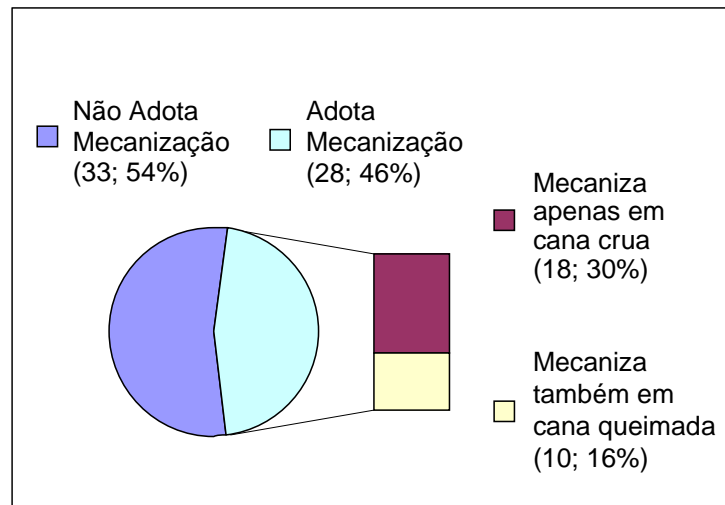
Foram obtidos 61 questionários válidos, nem todos 100% respondidos. Mesmo com o trabalho de verificação e complementação das respostas junto aos respondentes, alguns dados ficaram faltantes, o que diminui a quantidade de dados envolvidos nos testes mais complexos como a regressão LOGIT.

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos nas análises promovendo-se uma discussão com os resultados de outros estudos. As possíveis causas ou conseqüências gerenciais dos aspectos aqui destacados serão explorados na seção 5.1 – Verificação do modelo e análise gerencial dos resultados.

4.1 *Etapa I – Verificação dos dados*

Inicialmente, buscou-se verificar a distribuição da variável de saída que determina a adoção ou não da mecanização da colheita (MEC). O gráfico abaixo demonstra a distribuição dessa variável na amostra, assim como as suas variações MECCRUA e MECQUEIMA, indicando, respectivamente, a adoção de colheita mecanizada exclusivamente em cana crua, e a adoção de colheita mecanizada em cana queimada (aqui são incluídos também os casos em que a mecanização é adotada em cana crua e queimada).

Ilustração 12 – Percentuais da adoção da mecanização da colheita na amostra



Embora seja razoável esperar diferenças entre as empresas que adotam a mecanização em cana crua e as que, mesmo mecanizando a colheita, não eliminam totalmente a atividade de queimada, esse elemento não constituiu foco do estudo. Além disso, a pouca quantidade de dados apresentada na ilustração acima, impediria a realização de análises mais robustas sobre esses subconjuntos.

Analisando-se as estatísticas descritivas das outras variáveis, podemos notar algumas características importantes sobre a amostra. A idade média dos gerentes (IDADE) é de aproximadamente 43 anos com um tempo médio de atuação no setor de 17 anos (ANOSGSETOR), e formação (ESC) predominantemente de terceiro grau ou pós-graduação, havendo alguns poucos casos de gerentes com apenas o segundo grau completo. As empresas apresentaram em geral um baixo percentual de funcionários com formação técnica ou superior (PFTS médio de 9,15%) e uma quantidade proporcionalmente alta de horas de treinamentos ministrados no ano (TREIN médio de 330 h). Entre os gerentes, o percentual de profissionais formados sobe para 86,7% (PGERFORM).

Tabela 20 – Estatísticas descritivas das variáveis contínuas

Variável	N	Média	Erro Padrão	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
IDADE	61	43,29	1,50	44,50	8,75	25	62
PFTS	50	9,15%	1,18%	7,80%	6,90%	1,14%	32,00%
- PFT	50	5,63%	0,90%	3,33%	5,23%	0,60%	20,00%
- PFS	55	3,52%	0,47%	2,69%	2,75%	0,28%	12,00%
TAM	61	20.120	2.125	17.350	12.389	3.500	58.500
ADEQ	61	2,963	0,142	3,250	0,828	1	4
- APLANT	61	2,971	0,161	3,000	0,937	1	4
- ACONH	61	2,794	0,183	3,000	1,067	1	4
- AGER	61	2,735	0,186	3,000	1,082	1	4
- AVOL	61	3,353	0,152	4,000	0,884	1	4
TREIN	44	330,2	61,6	200,0	359,2	0	1.600
VISITAS	50	14,47	1,92	12,00	11,21	0	60
AMB	61	2,618	0,083	3,000	0,486	1,667	3
- SOLO	61	2,588	0,134	3,000	0,783	1	3
- CLIMA	61	2,618	0,127	3,000	0,739	1	3
- RELEVO	61	2,607	0,094	3,000	0,737	1	3
INST	61	3,647	0,335	3,500	1,952	0	10
ACID	61	1,71	0,58	0,00	3,37	0	12
PGERFORM	59	86,7%	3,7%	100,0%	21,4%	20,0%	100,0%
ANOSGSETOR	61	17,15	1,53	18,50	8,91	1	30
COMUNIC	61	3,35	0,06	3,40	0,36	2,60	4,00
DIST	61	13,60	1,80	11,00	10,49	1	36

O tamanho médio das unidades investigadas (TAM) é de 20.120 ha, variando entre 3.500 e 58.500 ha, e a percepção predominante é de que as características ambientais locais (AMB, SOLO, CLIMA e RELEVO) são favoráveis. Muitas empresas atribuíram nota zero para os acidentes ambientais (ocorrência [0 ou 1] x percepção de gravidade [1 a 4] x percepção de impacto para a unidade [1 a 4]). Nota-se que essa variável (ACID), embora apresente valor máximo de 12 pontos, possui média muito baixa (1,71) e mediana zero.

A distância média das unidades presentes na amostra ao município mais próximo é de 13,6 km e a mão-de-obra temporária é principalmente originária do próprio estado em que estão instaladas.

Aproximadamente 90% das empresas identificaram o seu controle como limitado de caráter familiar ou como sociedade anônima de capital fechado. Mais de 67% das empresas tiveram acesso a crédito nos últimos três anos ou possuem ainda alguma linha em aberto e apenas 9 unidades declararam que os investimentos realizados nesse período contaram exclusivamente com capital próprio.

Tabela 21 – Frequências das respostas nas variáveis discretas

Variável	Valor	Ocorrências	Percentual
ESC	2o grau	7	11,48%
	3o grau	28	45,90%
	Pós-graduação	25	40,98%
CRED	Não Acessou	15	24,59%
	Acessou	41	67,21%
KP	Nada próprio	1	1,64%
	Até 50%	20	32,79%
	Mais de 50%	20	32,79%
	Tudo próprio	9	14,75%
MDO	Fora do Estado	12	19,67%
	No Estado	28	45,90%
	No Município	18	29,51%
CONTROLE	Ltda Familiar	29	47,54%
	Ltda Não Familiar	4	6,56%
	SA Fechada	26	42,62%
	SA Aberta	2	3,28%
POSSEQUIP	Nenhum	1	1,64%
	Até Metade	9	14,75%
	Mais da Metade	27	44,26%
	Todos	24	39,34%

A partir da geração dos histogramas pôde-se observar a distribuição não normalizada das variáveis, assim como identificar visualmente a ocorrência de valores extremos na amostra. Verificando-se a presença de escalas com diferentes ordens de grandeza, foi conduzida a operação de padronização dos dados, pela subtração da média e divisão pelo desvio-padrão, para a obtenção de escalas com média igual a zero e desvio padrão 1.

A expectativa de não normalidade foi confirmada para a grande maioria das variáveis a partir da realização do teste Kolmogorov-Smirnov, cujos resultados estão apresentados na Tabela 22, a seguir. Esse teste calcula a significância para as diferenças entre a distribuição observada da variável e uma distribuição normalizada, com a mesma média e desvio-padrão da amostra. Assim, se o teste é significativo a 5%, podemos dizer que as observações são significativamente diferentes de uma distribuição normal, descartando-se a hipótese de normalidade nos dados. Segundo Hair *et al.*(2005), esse teste não deve ser utilizado em amostras com menos de 30 ou com mais de 1000 observações.

Das 22 variáveis testadas, apenas quatro apresentaram testes não significativos (ou seja, distribuição não é significativamente diferente da normal), o que reforça a necessidade de utilização de métodos não paramétricos para a análise do conjunto de dados, como a correlação de Spearman e a regressão LOGIT (Hair *et al.*, 2005).

Tabela 22 – Teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (Modelo Proposto)

Variável	Estatística	Graus de liberdade	Significância
IDADE	0,100	34	0,200
ESC	0,288	34	0,000
PFTS	0,127	34	0,178
PFT	0,199	34	0,001
PFS	0,224	34	0,000
TAM	0,202	34	0,001
CRED	0,458	34	0,000
KP	0,269	34	0,000
ADEQ	0,165	34	0,020
APLANT	0,307	34	0,000
ACONH	0,253	34	0,000
AGER	0,273	34	0,000
AVOL	0,297	34	0,000
TREIN	0,210	34	0,001
VISITAS	0,146	34	0,064
MDO	0,238	34	0,000
AMB	0,343	34	0,000
SOLO	0,465	34	0,000
CLIMA	0,462	34	0,000
RELEVO	0,460	34	0,000
INST	0,134	34	0,126
ACID	0,399	34	0,000

Os gráficos de dispersão do tipo *box-plot* foram utilizados como apoio à análise dos valores extremos nas variáveis. Inspeccionando-se os intervalos interquartílicos foi possível identificar rapidamente os itens a serem verificados. A grande ocorrência de eventos extremos levou à criação de testes de coerência para os valores preenchidos pelos respondentes, baseados em proporções entre diferentes métricas da empresa. Os dados que se apresentavam fora de padrões lógicos do setor foram investigados mais a fundo para serem corrigidos ou desconsiderados no tratamento estatístico. Pode-se citar como exemplo a distância

informada de 300 km da usina ao município mais próximo, o que pôde ser identificado como um erro de digitação a partir da análise da distância em mapas da região, atribuindo-se então o valor real de 30 km.

4.2 Etapa II – Relações entre variáveis

Após a correção dos dados preenchidos, iniciou-se o tratamento estatístico pela busca de relações entre o comportamento das variáveis de entrada e a variável de saída. O objetivo dessa etapa foi de comparar tais relações com as expectativas do modelo proposto, principalmente no que se refere ao sentido da relação.

4.2.1 Correlações

Inicialmente buscou-se verificar a existência de relações entre as variáveis independentes e a dependente (MEC) através do teste de correlação. Sabendo que o modelo de distribuição normal não pôde ser verificado na amostra, optou-se pelos testes de correlação não-paramétricos τ -b (tau-b) de Kendall e ρ (ro) de Spearman.

A tabela a seguir apresenta as correlações estatisticamente significativas em cada um dos testes realizados (a lista completa das correlações obtidas nos testes está disponível no Apêndice C – Resultados completos das análises):

Tabela 23 – Coeficientes de correlação estatisticamente significativos

	Kendall τ_b (uni-caudal)	Spearman ρ (uni-caudal)
ACONH (N=61)	0,439**	0,472**
ADEQ (N=61)	0,374**	0,433**
TAM (N=61)	0,350**	0,423**
AGER (N=61)	0,300**	0,321**
APLANT (N=61)	0,280*	0,296*
ACID (N=61)	0,256*	0,272*
CLIMA (N=61)	0,241*	0,247*
TREIN (N=44)	0,235*	0,281*
INST (N=61)	0,201*	0,228*
KP (N=50)	-0,231*	-0,244*

* = Estatisticamente significativa a 0,05

** = Estatisticamente significativa a 0,01

A partir da tabela pode-se notar inicialmente a coerência de resultados entre os dois testes, principalmente em termos de significância estatística. Sendo este um estudo de caráter exploratório, não se espera obter exatidão no cálculo dos coeficientes de correlação, mas verificar o sentido de sua influência sobre a variável de saída, o que é representado pelo sinal atribuído ao coeficiente de correlação, para comparação com o modelo proposto.

Pode-se, porém, observar a magnitude dos coeficientes obtidos para considerações sobre a maior ou menor influência das variáveis. Nesse sentido, a tabela apresentada encontra-se em ordem decrescente do coeficiente de Kendall encontrado para cada correlação.

Todas as correlações estatisticamente significativas apresentaram sentido das relações de acordo com aqueles esperados pelo modelo proposto. As variáveis de maior significância estatística (1%) foram: (i) a percepção de domínio do conhecimento técnico; (ii) a percepção de adequação geral da empresa à tecnologia;

(iii) o tamanho da unidade agrícola; e (iv) a percepção de adequação das ferramentas gerenciais. Essa observação é um sinalizador de que a influência dessas variáveis seja também verificada através de outros testes estatísticos.

Uma inconsistência com o modelo proposto é a identificação de um coeficiente estatisticamente significativo para a participação do capital próprio nos investimentos em melhorias na unidade. Este coeficiente ainda se apresenta com sinal contrário àquele encontrado em outros estudos (D'Souza *et al.*, 1993; Monte e Teixeira, 2006), os quais apontaram influência positiva da maior participação do capital próprio em investimentos sobre a propensão à adoção de novas tecnologias.

4.2.2 Qui-quadrado

Como apresentado anteriormente, o teste qui-quadrado tem como uma de suas premissas a condição de que a frequência esperada, para cada célula da tabela de contingência, seja maior do que 5. Para tabelas com proporções maiores do que 2 x 2, é aceitável que até 20% desses valores estejam abaixo de 5, desde que nenhum esteja abaixo de 1. O não atendimento a essa premissa, leva à perda do poder estatístico deste teste, o que potencializa a possibilidade de ocorrência de erros do tipo II – não identificar uma relação que, de fato, existe entre os dados (Hair *et al.*, 2005; Field, 2005).

Como apresentado na seção 3.4.3 - Qui-quadrado, os dados contínuos foram nivelados em categorias de acordo com a sua distribuição de frequência. Com exceção da variável AMB, que foi nivelada em 3 categorias¹², e da variável ACID que adotou natureza dicotômica (ocorrência ou não de acidente), todas as variáveis

¹² A variável AMB é a média de outras três variáveis (CLIMA, SOLO e RELEVO) que são discretas, com três níveis de graduação (vide Tabela 12 – Operacionalização das variáveis, na página 79).

forma niveladas em 4 categorias, produzindo uma tabela de contingência 2 x 4 nos testes com a variável de saída (MEC). Essa medida foi adotada para manter a coerência entre as variáveis, já que as que haviam sido medidas em escalas discretas, em sua maioria, possuíam também 4 níveis.

Devido à pouca quantidade de dados na amostra (61), é facilmente atingida a situação em que a frequência esperada para uma das oito células da tabela de contingência fique abaixo de 5, situação em que se perde o poder explicativo deste teste (Field, 2005). Novamente, não se espera aqui a obtenção de resultados definitivos ou generalizáveis para o setor, mas verificar a coerência ou a possível inconsistência do modelo proposto com o comportamento das variáveis medidas.

Como se pode verificar na tabela a seguir, apesar da ocorrência de mais de 20% das células da tabela de contingência com valores abaixo de 5 em alguns casos, os testes estatisticamente significantes se mostraram consistentes com os resultados das correlações, apresentados na Tabela 23 – Coeficientes de correlação estatisticamente significativos, corroborando o modelo proposto.

Tabela 24 – Testes qui-quadrado estatisticamente significativos para MEC

Variáveis	χ^2	Graus Lib.	Sig.	Força (V de Cramer)	Sig.
TAM_NIV	14,450	3	0,002	0,487	0,002
	Menor frequência esperada = 5,97				
ACONH_VAR	15,312	3	0,002	0,501	0,002
	3 células (37,5%) com frequência esperada abaixo de 5. Menor valor: 2,75				
AGER_VAR	8,009	3	0,046	0,362	0,046
	4 células (50%) com frequência esperada abaixo de 5. Menor valor: 2,75				
ADEQ_NIV	11,731	3	0,008	0,439	0,008
	Menor frequência esperada = 5,97				

As tabelas de contingência obtidas podem ser contempladas no Apêndice C – Resultados completos das análises.

4.3 Etapa III – Influência do conjunto de variáveis – LOGIT

A fim de verificar a influência de cada variável, na presença das outras existentes, adotou-se nesse trabalho a regressão logística (LOGIT) como principal método de análise dos dados, em conformidade com trabalhos anteriores como os de D'Souza *et al.* (1993), Arellanes e Lee (2003) e Monte e Teixeira (2006).

Inicialmente a LOGIT foi executada para o grupo de variáveis pertencentes ao modelo proposto. Em seguida, foi também aplicada aos conjuntos de variáveis de influência mais significativa sobre a adoção da mecanização da colheita, de acordo com os resultados obtidos nos testes de correlações de Kendall e de Spearman, e no teste qui-quadrado. Complementarmente, a regressão foi também realizada para o conjunto completo de todas as variáveis medidas pelo questionário. A Tabela 19 – Modelos utilizados com regressão LOGIT, discrimina as variáveis utilizadas em cada modelo a que foi aplicada a regressão.

4.3.1 Modelo proposto

Aplicando a regressão LOGIT ao Modelo Inicial (exatamente como apresentado na Tabela 11 – Estrutura do modelo teórico proposto), utilizando-se o método ENTER, as variáveis ESC, PFTS, KP, TREIN e INST apresentaram comportamento diferente do esperado: com valores EXP(B) abaixo de 1, essas variáveis influenciariam negativamente a adoção da mecanização da colheita, ao contrário do esperado pelo modelo.

Tabela 25 – Resultados LOGIT (Modelo Inicial / Método ENTER) (N = 35)

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	0,826	0,392	0,531	2,284		
IDADE	-1,064	1,194	0,275	0,345	0,051	2,327
ESC	-0,808	0,543	0,461	0,446	0,052	3,826
PFTS	-0,208	0,042	0,837	0,813	0,112	5,885
TAM	3,085	1,589	0,207	21,874	0,181	2648,559
CRED	2,007	0,846	0,358	7,444	0,103	536,096
KP	-1,041	0,692	0,406	0,353	0,030	4,106
ADEQ	1,819	1,656	0,198	6,167	0,386	98,527
TREIN	-0,883	0,635	0,426	0,413	0,047	3,632
VISITAS	2,791	2,124	0,145	16,304	0,382	696,218
AMB	1,763	2,132	0,144	5,833	0,547	62,202
INST	-0,914	0,471	0,492	0,401	0,029	5,453
ACID	2,536	2,457	0,117	12,623	0,530	300,564
MDO	1,656	2,203	0,138	5,241	0,588	46,711

Nota-se, no entanto, que todas as variáveis envolvidas apresentaram intervalos de confiança variando entre valores abaixo e acima de 1, o que demonstra a instabilidade do modelo. O mesmo ocorreu com as variáveis classificadas pelo método FSTEP, com resultado apresentado a seguir.

Tabela 26 – Resultados LOGIT (Modelo Inicial / Método FSTEP) (N = 35)

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	0,622	0,861	0,353	1,862		
TAM	2,480	4,325	0,038	11,947	1,153	123,745
AMB	1,115	3,705	0,054	3,050	0,980	9,492
ACID	1,265	2,677	0,102	3,542	0,779	16,108

Isso pode ser atribuído, em parte, ao baixo número de casos válidos (N), o que levou à estruturação do Modelo Ajustado, de onde foi excluído o fator Troca de

Conhecimento com Fontes Externas, representado pelas variáveis TREIN e VISITAS, como explicado na seção 3.4.4.1 - Modelo proposto.

O método ENTER foi então aplicado para verificação da interação entre as variáveis em comparação com as proposições teóricas.

O Modelo Ajustado apresentou estatística χ^2 significativa a 1%, o que é uma indicação de que ele representa melhor o comportamento da amostra do que um modelo sem as variáveis ali presentes. O modelo prevê corretamente 82,9% dos casos da amostra e a estatística R^2 dá uma indicação do poder explicativo do modelo além da amostra.

Entre as variáveis, apenas uma (ADEQ) possui valor significativamente diferente de zero e intervalo de confiança “seguro” (sem abranger o número 1). Mais do que identificar o valor exato dos coeficientes, a aplicação do método ENTER para o Modelo Ajustado, de maior complexidade, busca aqui comparar o sentido das relações entre as variáveis, em comparação com o sentido esperado e com o obtido através de outros procedimentos (correlações e qui-quadrado).

Observa-se que apenas três variáveis (ESC, PFTS e KP) apresentaram influência contrária àquela esperada, mas a instabilidade desse modelo dificulta qualquer conclusão. Deve-se ressaltar que nenhum outro método de análise adotado verificou relacionamento significativo das variáveis ESC e PFTS com a adoção da mecanização da colheita.

Tabela 27 – Resultados LOGIT (Modelo Ajustado / Método ENTER)

Estatísticas do Modelo (N = 41)						
χ^2 do modelo	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas
27,338	0,004	28,889	0,487	6,602	0,580	82,9%

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	-0,287	0,169	0,681	0,751		
IDADE	-0,360	0,384	0,535	0,697	0,223	2,180
ESC	-0,219	0,096	0,757	0,803	0,201	3,211
PFTS	-0,574	0,597	0,440	0,564	0,132	2,414
TAM	1,856	2,727	0,099	6,398	0,707	57,904
CRED	0,598	0,185	0,667	1,819	0,119	27,748
KP	-0,498	0,356	0,551	0,608	0,118	3,120
ADEQ	1,539	4,395	0,036	4,661	1,105	19,651
AMB	0,485	0,493	0,482	1,624	0,419	6,291
INST	0,457	0,401	0,526	1,579	0,384	6,490
ACID	0,612	0,934	0,334	1,844	0,533	6,375
MDO	0,445	0,406	0,524	1,561	0,397	6,137

A aplicação do método FSTEP para o mesmo modelo permite uma análise mais abrangente. Novamente a estatística χ^2 do modelo final é significativa a 0,1%, e o χ^2 de Hosmer & Lemeshow é não significativo, indicando que não há diferença estatística entre o previsto pelo modelo e o observado (Field, 2005).

O modelo aponta a influência positiva das variáveis TAM e ADEQ com a propensão à adoção da mecanização, acertando 80,5% dos casos existentes na amostra. Nota-se que nenhum dos intervalos de confiança abrange o número 1, determinando a maior estabilidade desse resultado, o qual se mostra alinhado com as expectativas sobre tais variáveis no modelo proposto:

- Unidades agrícolas com áreas maiores têm maior propensão à adoção da mecanização da colheita;
- Unidades agrícolas com uma melhor percepção da sua adequação à tecnologia têm maior propensão à sua adoção.

Tabela 28 – Resultados LOGIT (Modelo Ajustado / Método FSTEP)

Estatísticas do Modelo (N = 41)							
χ^2 do modelo	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas	
19,248	0,000	36,979	0,375	8,622	0,375	80,50%	

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	0,169	0,124	0,725	1,184		
TAM	1,779	4,091	0,043	5,922	1,057	33,187
ADEQ	1,176	5,023	0,025	3,241	1,159	9,065

A validade dos resultados é ainda corroborada pela comprovação da inexistência de colinearidade entre as variáveis do modelo.

Tabela 29 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Proposto Ajustado)

Variável	Tolerância	VIF
IDADE	0,897	1,115
ESC	0,637	1,570
PFTS	0,693	1,443
TAM	0,645	1,550
CRED	0,681	1,469
KP	0,485	2,061
ADEQ	0,652	1,534
MDO	0,788	1,270
AMB	0,593	1,687
INST	0,733	1,365
ACID	0,658	1,519

Analisando-se os resíduos deste modelo pode-se notar que há poucos casos de grande influência. Destaca-se que:

- Todos os valores de DFBeta das variáveis ficaram abaixo de 1;
- Apenas 3 casos (representando 4,9% da amostra) apresentam resíduo padronizado maior que 1,96;
- Apenas 1 caso (representando 1,6% da amostra) apresenta resíduo padronizado acima de 2,58;

Observa-se, por outro lado, 4 casos com valores de alavancagem acima do limite desejado¹³, os quais podem não conferir problemas de influência sobre o modelo, dado que as suas outras estatísticas estão dentro do esperado. Além disso, outros 3 casos apresentam valores para a Distância de Cook acima de 1, o que poderia ser um indicativo dessa maior influência sobre o resultado.

Tais estatísticas não permitem que o modelo seja interpretado como algo plenamente generalizável, mas a interpretação ampla das suas características sugere que ele seja uma boa representação da amostra, podendo ser adotado como um ponto de partida em estudos futuros.

A tabela a seguir apresenta os dados mais relevantes, destacados na análise acima, enquanto a lista completa de resíduos obtidos pode ser encontrada no Apêndice C – Resultados completos das análises.

¹³ O valor de alavancagem esperada, dado por $(k + 1)/N$, para este modelo é $(2 + 1)/41 = 0,073$. O ideal é que os valores não ultrapassem 3 vezes esse valor (0,220) (Field, 2005).

Tabela 30 – Principais resíduos LOGIT (Modelo Ajustado / Método FSTEP)

Medido	Probab. prevista	Grupo previsto	Distância de Cook	Valor de alavanc.	Resíduo padroniz.	Resíduo normaliz.	DFBeta Const.	DFBeta TAM	DFBeta ADEQ
Não Adota	0,9260	Adota	1,4579	0,1044	-2,4112	-3,5373	-0,4530	-1,0425	-0,1997
Adota	0,1693	Não Adota	0,4569	0,0852	1,9704	2,2147	0,1795	-0,0218	-0,3157
Não Adota	0,2968	Não Adota	0,1294	0,2347	-0,9592	-0,6496	-0,1329	-0,1721	0,1554
Não Adota	0,8963	Adota	1,3505	0,1352	-2,2891	-2,9392	-0,4627	-1,0351	-0,1047
Não Adota	0,4330	Não Adota	0,2473	0,2446	-1,2257	-0,8739	-0,2076	-0,3154	0,1725
Não Adota	0,9549	Adota	1,5765	0,0693	-2,5804	-4,6005	-0,4048	-0,9581	-0,3794
Adota	0,9985	Adota	0,0000	0,0123	0,0555	0,0390	0,0013	0,0037	0,0008
Adota	0,8950	Adota	0,0348	0,2286	0,5364	0,3426	0,0754	0,1764	-0,0078
Não Adota	0,4647	Não Adota	0,1733	0,1664	-1,2244	-0,9317	-0,1804	-0,2532	0,1212
Não Adota	0,3575	Não Adota	0,1713	0,2354	-1,0757	-0,7460	0,0276	0,3031	-0,1126

O Modelo Ajustado Detalhado, que se difere do Modelo Ajustado apenas pela presença das variáveis PFTS, ADEQ e AMB desagregadas, foi analisado para verificação do efeito de cada componente dessas variáveis compostas sobre o comportamento da variável dependente.

Para esse conjunto maior de variáveis (17), foi apenas aplicado o método FSTEP, que, ainda assim, apresentou resultados menos robustos. Apesar da estatística χ^2 do modelo ser significativa a 0,1%, o χ^2 de Hosmer & Lemeshow foi significativo a 5%, levando à rejeição da hipótese de que não há diferença entre o previsto pelo modelo e o observado. Em outras palavras, apesar do modelo ser adequado para 78% dos casos da amostra, ele teria grandes chances de errar suas previsões além desse escopo.

Tabela 31 – Resultados LOGIT (Modelo Ajustado Detalhado / Método FSTEP)

Estatísticas do Modelo (N = 41)						
χ^2 do modelo	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas
22,916	0,000	33,311	0,428	18,179	0,020	78,00%

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	0,256	0,218	0,640	1,292		
TAM	2,282	3,966	0,046	9,797	1,037	92,568
ACONH	1,482	6,987	0,008	4,400	1,467	13,199

Ainda assim, o Modelo Ajustado Detalhado se mostra alinhado com o Modelo Ajustado, apresentando uma influência significativa da componente ACONH para a maior probabilidade de adoção da mecanização, no lugar da variável composta ADEQ. O efeito positivo de TAM também se mantém.

A inconstância atribuída a esse modelo poderia ser consequência de colinearidade entre as variáveis presentes no modelo ou simplesmente da pequena quantidade de casos para o grande número de variáveis testadas. Analisando a tabela de colinearidade entre as variáveis, verificamos que a estatística VIF se mantém longe do limite 10 e, embora o seu valor médio (2,451) esteja ligeiramente acima de 1, o que poderia indicar um problema, a estatística de tolerância das variáveis nunca fica abaixo de 0,2, mantendo-se dentro dos limites propostos por Fields (2005).

Tais condições levam ao descarte da possibilidade de colinearidade entre as variáveis e assumindo-se que, nesse caso, a instabilidade dos resultados se deve à baixa proporção entre casos válidos e variáveis envolvidas no modelo ($41/17 = 2,4$).

Tabela 32 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Ajustado Detalhado)

Variável	Tolerância	VIF	Variável	Tolerância	VIF
IDADE	0,755	1,325	AGER	0,214	4,663
ESC	0,484	2,067	AVOL	0,322	3,105
PFT	0,409	2,443	MDO	0,631	1,586
PFS	0,519	1,927	SOLO	0,424	2,356
TAM	0,558	1,791	CLIMA	0,449	2,229
CRED	0,398	2,514	RELEVO	0,380	2,633
KP	0,330	3,028	INST	0,596	1,679
APLANT	0,390	2,565	ACID	0,560	1,785
ACONH	0,252	3,969			

4.3.2 Modelos complementares

A aplicação dos procedimentos de regressão aos modelos complementares teve o objetivo de investigar a ocorrência de possíveis influências consideradas não significativas dentre outros conjuntos de variáveis, o que poderia levar ao questionamento do modelo teórico ou mesmo à realização de novos testes para a verificação da aplicabilidade dos resultados.

4.3.2.1 Modelo Qui-quadrado

O Modelo Qui-quadrado é aquele que envolve somente as variáveis que apresentaram coeficientes significativos nos testes qui-quadrado.

Aplicando-se o método ENTER para a resolução do modelo com a inclusão forçada de todas as suas variáveis, obteve-se um resultado instável, com duas das quatro variáveis apresentando intervalos de confiança abrangendo o número 1.

Os coeficientes das variáveis ACONH e TAM foram significativos a 5% e mostraram comportamento alinhado com a expectativa do modelo. Apesar de

também indicar uma relação no sentido esperado, a variável ACID só apresentou significância estatística a 10%.

A variável AGER por outro lado, apresentou uma relação de sentido contrário, o que não deve ser considerado como um problema dado que a significância de seu coeficiente é muito elevada e que esse comportamento da variável não foi observado em nenhum outro teste estatístico.

Tabela 33 – Resultados LOGIT (Modelo Qui-quadrado / Método ENTER)

Estatísticas do Modelo (N = 44)						
χ^2	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas
29,123	0,000	55,031	0,380	4,510	0,808	77,00%

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	-0,281	0,610	0,435	0,755		
TAM	0,953	4,446	0,035	2,593	1,069	6,287
ACONH	1,425	5,495	0,019	4,157	1,263	13,681
AGER	-0,215	0,169	0,681	0,807	0,290	2,247
ACID	0,735	3,428	0,064	2,086	0,958	4,543

Utilizando o método FSTEP, obteve-se um resultado estável e condizente, tanto com as expectativas do modelo teórico como com os resultados de testes anteriores.

Tabela 34 – Resultados LOGIT (Modelo Qui-quadrado / Método FSTEP)

Estatísticas do Modelo (N = 44)						
χ^2	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas
28,953	0,000	55,201	0,378	5,073	0,750	77,00%

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	-0,275	0,593	0,441	0,759		
TAM	0,955	4,488	0,034	2,600	1,074	6,292
ACONH	1,263	8,073	0,004	3,535	1,479	8,446
ACID	0,742	3,421	0,064	2,100	0,957	4,612

As estatísticas do modelo, como o χ^2 e o R² de Cox & Snell, se mostraram similares às obtidas na regressão realizada para o Modelo Ajustado Detalhado. Da mesma forma, o efeito positivo das variáveis TAM e ACONH é também bastante próximo ao observado naquele modelo e, novamente, a investigação da colinearidade entre as variáveis envolvidas reforça a validade do resultado.

Tabela 35 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Qui-quadrado)

Variável	Tolerância	VIF
TAM	0,919	1,088
ACONH	0,504	1,985
AGER	0,523	1,912
ACID	0,981	1,019

4.3.2.2 Modelo Correlações

O Modelo Correlações é aquele que envolve as variáveis que apresentaram coeficientes significativos no testes de correlação de Spearman e de Kendall.

Com um número maior de variáveis, este modelo se mostrou bastante instável quando aplicado o método ENTER. Apesar de ser capaz de prever corretamente 87,5% dos casos da amostra, nenhum coeficiente gerado se mostrou estatisticamente significativo a 5% e todos os intervalos de confiança para Exp(B) variaram da zona de influência negativa (valores abaixo de 1) até a zona de influência positiva (valores acima de 1) sobre a variável dependente MEC.

Tabela 36 – Resultados LOGIT (Modelo Correlações / Método ENTER)

Estatísticas do Modelo (N = 40)						
χ^2	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas
28,541	0,001	25,300	0,510	5,534	0,699	87,50%

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	-0,071	0,010	0,921	0,932		
TAM	2,028	2,143	0,143	7,598	0,503	114,775
KP	0,400	0,293	0,588	1,492	0,351	6,346
APLANT	-0,143	0,032	0,857	0,867	0,183	4,101
ACONH	1,664	2,128	0,145	5,281	0,565	49,383
AGER	-0,417	0,181	0,670	0,659	0,096	4,500
ATREIN	0,297	0,259	0,611	1,345	0,429	4,219
CLIMA	0,442	0,474	0,491	1,556	0,442	5,480
INST	1,033	1,506	0,220	2,810	0,540	14,627
ACID	1,374	2,568	0,109	3,951	0,736	21,214

Aplicando-se o método FSTEP obteve-se um modelo com o envolvimento de três variáveis com influência positiva sobre a variável independente, assim como esperado pelo modelo teórico.

Tabela 37 – Resultados LOGIT (Modelo Correlações / Método FSTEP)

Estatísticas do Modelo (N = 40)						
χ^2	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas
25,007	0,000	28,834	0,465	6,889	0,549	75,00%
Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	0,047	0,007	0,934	1,048		
TAM	2,403	4,378	0,036	11,057	1,164	105,012
ACONH	1,431	4,516	0,034	4,183	1,118	15,657
ACID	0,855	2,830	0,093	2,352	0,868	6,373

Apesar disso, o coeficiente da variável ACID não pode ser considerado diferente de zero com 95% de certeza, dado que a significância obtida foi de 0,093. Com isso, o intervalo de confiança não permite interpretação assertiva do sentido de sua influência sobre a probabilidade de adoção da mecanização da colheita.

Apesar de questionável, o envolvimento dessa variável no modelo final se deve ao critério utilizado pelo SPSS na execução da regressão: a retirada dessa variável causaria uma mudança significativa na estatística -2LL do modelo.

A análise da relação entre as variáveis mostra que a instabilidade do resultado não se deve a problemas de colinearidade entre elas.

Tabela 38 – Estatísticas de colinearidade (Modelo Correlações)

Variável	Tolerância	VIF
TAM	0,730	1,371
KP	0,571	1,752
APLANT	0,565	1,769
ACONH	0,453	2,208
AGER	0,412	2,430
TREIN	0,799	1,252
CLIMA	0,832	1,201
INST	0,802	1,247
ACID	0,702	1,424

Muito embora não seja esse o objetivo desse trabalho ao realizar a regressão LOGIT com os chamados Modelos Complementares (batizados de Qui-quadrado, Correlações e De Variáveis Extras), deve-se ressaltar que os resultados obtidos, através dos métodos ENTER e FSTEP, comprometem a capacidade de adoção do Modelo Correlações em outros escopos além da amostra utilizada.

4.3.2.3 Modelo de Variáveis Extras

O Modelo de Variáveis Extras abrange todas as variáveis medidas através do questionário, mesmo aquelas não abordadas pelo modelo teórico elaborado para o setor sucroalcooleiro. O objetivo de utilizar este modelo é o de verificar se outras relações não previstas se apresentam de forma significativa na explicação da propensão à adoção da mecanização da colheita.

Com um total de 21 variáveis, a aplicação do método FSTEP sobre esse modelo leva a um resultado que, apesar de estar alinhado com os resultados de outros testes, apresenta coeficientes com comportamento instável.

Tabela 39 – Resultados LOGIT (Modelo de Variáveis Extras / Método FSTEP)

Estatísticas do Modelo (N = 40)						
χ^2	Sig.	-2LL	R ² (CS)	H&L χ^2	H&L Sig.	Previsões Corretas
22,861	0,000	32,190	0,435	9,247	0,322	80,00%

Variáveis	B	Wald	Sig	Exp(B)	I. C. Inferior	I. C. Superior
CONSTANTE	0,238	0,191	0,662	1,269		
TAM	2,000	3,215	0,073	7,390	0,830	65,792
ACONH	1,542	7,331	0,007	4,672	1,531	14,261

Nenhuma variável desconsiderada anteriormente se mostra com influência relevante sobre a variável dependente.

A análise das relações entre as variáveis revela um valor médio da estatística VIF de 2,962. Dessa forma, problemas de colinearidade entre elas poderiam estar afetando o resultado da regressão.

Tabela 40 – Estatísticas de colinearidade (Mod. de Variáveis Extras Detalhado)

Variável	Tolerância	VIF
IDADE	0,260	3,839
ESC	0,332	3,016
PFT	0,351	2,847
PFS	0,440	2,274
TAM	0,507	1,973
CRED	0,267	3,742
KP	0,246	4,064
APLANT	0,367	2,725
ACONH	0,232	4,302
AGER	0,210	4,764
AVOL	0,276	3,620

Variável	Tolerância	VIF
MDO	0,517	1,935
SOLO	0,306	3,263
CLIMA	0,367	2,722
RELEVO	0,275	3,643
INST	0,507	1,972
ACID	0,473	2,114
PGERFORM	0,559	1,789
ANOSGSETOR	0,260	3,849
CONTROLE	0,567	1,762
POSSEQUIP	0,506	1,978

Para verificar se a possível colinearidade entre o novo grupo de variáveis estaria afetando o resultado da regressão LOGIT, iniciou-se um procedimento iterativo de verificação:

1. Retirada da variável com maior estatística VIF;
2. Nova execução da regressão;
3. Análise das estatísticas de colinearidade entre as variáveis;

Os passos foram realizados seguidamente até que se atingisse um modelo em que se pudesse verificar a ausência de colinearidade entre suas variáveis.

O modelo obtido ao final desse procedimento excluía as variáveis AGER, RELEVO e ANOSGSETOR, chamado de Modelo de Variáveis Extras Reduzido.

Os resultados da regressão LOGIT com o novo conjunto de variáveis foi idêntico àquele obtido com o Modelo de Variáveis Extras Detalhado. Nesse novo conjunto, no entanto, não pode ser verificado qualquer efeito de colinearidade entre as variáveis, as quais apresentaram valor médio para a estatística VIF de 1,949.

Tabela 41 – Estatísticas de colinearidade (Mod. de Variáveis Extras Reduzido)

Variável	Tolerância	VIF	Variável	Tolerância	VIF
IDADE	0,737	1,357	AVOL	0,430	2,323
ESC	0,428	2,337	MDO	0,684	1,461
PFT	0,531	1,884	SOLO	0,359	2,785
PFS	0,503	1,989	CLIMA	0,402	2,487
TAM	0,543	1,843	INST	0,577	1,732
CRED	0,539	1,855	ACID	0,547	1,828
KP	0,467	2,141	PGERFORM	0,570	1,755
APLANT	0,473	2,115	CONTROLE	0,604	1,656
ACONH	0,577	1,732	POSSEQUIP	0,553	1,808

4.4 Discussão dos resultados

Analisando a Tabela 42 – Quadro-resumo das relações significativas, apresentado a seguir, pode-se notar que praticamente todas as variáveis com relação significativa com o comportamento da variável dependente, apresentaram sentido dessa relação alinhado com o esperado pelo modelo proposto (vide Tabela 11 – Estrutura do modelo teórico proposto).

A única exceção foi a variável KP, que mede a intensidade de participação do capital próprio nos investimentos. Ela apresentou correlação negativa com a adoção da mecanização da colheita nos testes de Spearman e Kendall quando era esperada uma relação não significativa. Esse resultado vai de encontro, ainda, com o encontrado por Monte e Teixeira (2006) para a adoção da tecnologia de despulpamento na cafeicultura e, embora tenha ocorrido em apenas um dos testes, pode ser um indicativo de características específicas do setor ou da tecnologia em questão.

Tabela 42 – Quadro-resumo das relações significativas

	Relações entre variáveis		LOGIT - Modelo Proposto		LOGIT - Modelos Complementares		
	Correlações	χ^2	Modelo Inicial	Modelo Ajustado	Modelo χ^2	Modelo Correlações	Modelo de Variáveis Extras
N			35	41	44	40	40
TAM	61	P** P**	P*	P*	P*	P*	P
KP	50	N*					
ADEQ	61	P** P**		P*			
APLANT	61	P*					
ACONH	61	P** P**		P**	P**	P*	P**
AGER	61	P** P*					
TREIN	44	P*					
AMB	61		<i>P</i>				
CLIMA	61	P*					
INST	61	P*					
ACID	61	P*	<i>P</i>		<i>P</i>	<i>P</i>	

Os fatores que mais se mostraram significativamente relacionados com a variável de saída foram o tamanho da unidade agrícola (TAM) e a percepção de adequação, ou preparação, da mesma para a incorporação da inovação (ADEQ). Ambos estão de acordo com o esperado e com resultados identificados por estudos anteriores.

A relação aqui encontrada entre o tamanho da unidade agrícola e a adoção da mecanização da colheita está alinhada com os trabalhos de (i) Vicente e Vosti (1995), que obtiveram coeficientes positivos para a relação do tamanho da unidade com a adoção da tração mecânica nas culturas de Algodão e Milho; e de (ii) Neil e Lee (2001) que verificaram a influência positiva desse fator com a adoção de práticas de agricultura sustentável entre fazendas da região norte de Honduras.

Apontada por Frambach e Schillewaert (2006) como elemento estimulador da incorporação de novas tecnologias, a percepção do nível de preparação da organização à nova tecnologia é também destacada por Veiga Filho (1998) em seu estudo sobre fatores explicativos da adoção da mecanização da colheita da cana-de-açúcar. Nesse estudo, o autor dá grande destaque à utilização de práticas agrícolas adequadas (similar à variável APLANT – Adequação das Técnicas de Plantio) como principal aspecto dessa adequação, o que difere dos resultados aqui encontrados: a desagregação da variável ADEQ, que mede o nível de adequação percebida da unidade agrícola à nova tecnologia em quatro aspectos – a saber: as técnicas de plantio, as ferramentas gerenciais, o conhecimento adequado e o volume de produção – mostrou maior influência do domínio do conhecimento técnico necessário (variável ACONH).

Outros dois fatores, cuja relação com a variável dependente vale também ser destacada, são a nota atribuída a acidentes ambientais ocorridos na região em função da atividade da queimada (ACID) e a percepção de adequação das ferramentas de controle gerencial existentes na unidade (AGER).

A influência positiva da ocorrência de acidentes ambientais sobre a adoção de novas tecnologias foi registrada por D'Souza *et al.* (1993) e por Souza Filho *et al.* (1999), ambos em estudos que referenciavam práticas para a sustentabilidade agrícola. Apesar de o comportamento significativo da variável ACID não se fazer presente em todos os testes, ele ratifica os resultados desses trabalhos e também a proposição feita por Veiga Filho (1998) de que os métodos de colheita de cana crua, notadamente a colheita mecanizada, seriam fatores indutores do desenvolvimento

tecnológico do setor pelo seu efeito de mitigação da degradação ambiental e redução da poluição.

Por fim, é importante ressaltar que a relação da variável CRED com a variável MEC não se mostrou significativa em nenhum dos testes realizados, comportamento este que era o esperado pelo modelo proposto.

5. Conclusões

Após a discussão dos resultados obtidos em contraposição àqueles verificados na literatura torna-se interessante realizar uma análise gerencial sobre o comportamento das variáveis, confrontando-se os números e estatísticas com a realidade vivida pelas empresas do setor. Nessa interpretação dos resultados, que desenha as conclusões do trabalho, espera-se destacar relações entre aspectos medidos e características do mercado de forma a ratificar os resultados ou postular novas questões a serem exploradas por estudos futuros, respondendo às perguntas da pesquisa.

5.1 Verificação do modelo e análise gerencial dos resultados

O baixo número de respostas limitou o poder explicativo das análises, mas não invalida o modelo proposto. As suposições se mostraram relativamente alinhadas com os resultados obtidos, reforçando a relevância de alguns fatores e minimizando a importância de outros.

É importante lembrar aqui as principais características da tecnologia de colheita mecanizada apresentadas na seção 1.3.3 - O processo de colheita da cana-de-açúcar, já que essas características podem ajudar a compreender parte dos resultados obtidos.

Em linhas gerais, a mecanização da colheita envolve grande investimento inicial, proporcionando uma redução na demanda por mão-de-obra menos qualificada, porém um aumento no nível médio de qualificação dos funcionários que precisarão lidar com equipamentos complexos. É uma tecnologia viabilizadora da colheita de cana crua, que assume cada vez mais a condição de exigência para a

operação, à medida que a atividade de queima vem sendo regulada e limitada por lei. A mecanização da colheita é ainda condição necessária à utilização da palha da cana na atividade produtiva, seja na geração de energia a partir da queima dessa biomassa, seja na produção de etanol pelo processamento da celulose.

Os fatores Tamanho da Unidade (TAM) e Percepção de Domínio do Conhecimento Técnico (ACONH) mostraram grande associação com a adoção da mecanização em quase todos os testes realizados. Essa observação destaca a relevância desses fatores no setor, o que pode ser esperado para outras tecnologias de características similares, principalmente no que tange ao grande investimento inicial e à elevação no nível médio de capacitação exigido da equipe operacional. Este poderá ser o caso, por exemplo, das tecnologias de plantio mecanizado em alguns anos.

As menores unidades se mostram menos propensas a adotar a colheita mecanizada. Ao contrário do que se pudesse supor, a percepção de tamanho, medida pela percepção de adequação do volume de produção à viabilidade da mecanização (AVOL), não mostrou influência significativa sobre a probabilidade de adoção. Sendo assim, não é a percepção de tamanho (AVOL), mas o tamanho de fato da unidade (TAM) que atua como fator determinante da adoção, o que demanda uma interpretação das possíveis causas dessa relação.

Pode-se especular sobre as dificuldades financeiras, de ganhos de escala e de ausência de folga em organizações menores, limitando a propensão ao investimento em evoluções e no desenvolvimento da unidade (Damanpour, 1991; Feder, Just e Zilberman, 1985). Essa postura menos receptiva a mudanças pode também ter uma relação com as estruturas de poder, possivelmente mais

tradicionais e de maior inércia em tais organizações de menor porte. Outro aspecto que pode influir sobre esse fato é o recente movimento de consolidação da indústria, com intensos movimentos de fusões, o que poderia levar as menores unidades, que se percebem como alvo de aquisições, a um menor engajamento com objetivos de longo prazo e à menor propensão à adoção de uma nova tecnologia.

A probabilidade de adoção da mecanização é também maior entre as unidades que têm uma maior percepção de adequação à nova tecnologia (ADEQ). Esse nível de adequação estaria inversamente relacionado ao risco percebido na inovação. Dessa forma, pode-se interpretar que os principais elementos de risco percebidos pelos usuários, no que se refere à colheita mecanizada, estariam relacionados às dimensões dessa percepção de adequação. Destas, as que se mostraram significativas a partir das análises, em ordem decrescente de importância, foram: (i) o domínio do conhecimento técnico (ACONH); (ii) a adequação das ferramentas de controle gerencial (AGER); e (iii) a adequação das técnicas de plantio (APLANT). Entende-se que a maior influência da variável associada ao conhecimento técnico, específico da operação da tecnologia, esteja diretamente ligada ao risco percebido, ou seja: quanto MENOR é o conhecimento técnico, MAIOR é o risco percebido. Essa verificação pode ser um indicativo de deficiências na comunicação dentro do setor, seja pelas iniciativas de marketing dos fornecedores, seja pelas redes sociais (Frambach e Schillewaert, 2002). Complementarmente, os outros dois elementos citados estão associados à aplicação desse conhecimento em outras áreas da empresa, respectivamente ao controle gerencial e às técnicas de plantio, fechando-se o ciclo operacional necessário ao uso da tecnologia.

Outro fator cuja influência sobre a probabilidade de adoção se mostrou significativa em três dos sete testes realizados foi o conhecimento de acidentes ambientais passados, atenuado pela percepção de gravidade desse acidente e pela percepção de impacto gerado para o negócio. As empresas que atribuíram maior nota a esse fator, representando maior gravidade e impacto percebidos, têm maior propensão à adoção da mecanização.

Dois aspectos devem ser destacados aqui. Primeiramente, esse fator reforça a noção de importância dada pelos agricultores do setor ao meio ambiente e aos recursos naturais dos quais sua operação depende. A impossibilidade de migração geográfica da cultura da cana, pela necessidade de proximidade da usina, estimula o desenvolvimento de uma relação mais íntima com a terra pelos produtores (Campbell, 2005). Isso parece fazer com que as empresas valorizem mais tais elementos, a ponto de investirem na adoção de uma nova tecnologia que, dentre outros benefícios, reduz a possibilidade de acidentes ambientais pela queimada. Em segundo lugar, observa-se que a ligação entre a adoção da mecanização e a redução de impactos ambientais pela queimada se dá, não apenas por força da lei que restringe o uso dessa técnica, mas também pela própria percepção dos grupos produtores e, provavelmente, pela pressão direta da sociedade, uma vez que o impacto para um negócio pode ocorrer tanto por danos físicos diretos, como morais ou financeiros, em função de processos jurídicos, atuação da mídia, etc.

Dentre os resultados obtidos, quatro fatores apresentaram correlação com a adoção da mecanização apenas quando verificados individualmente através dos testes de correlações. Os dois primeiros – (i) a quantidade de treinamento técnico (TREIN) e (ii) a quantidade de associações com que se relaciona a unidade (INST) –

reforçam a importância do domínio do conhecimento técnico e do acesso a esse conhecimento para a adoção da nova tecnologia.

O terceiro elemento – percepção da presença de clima mais favorável à produção da cana-de-açúcar na região (CLIMA) – está também relacionado à maior adoção da nova tecnologia. Esse ponto pode ser também interpretado considerando-se que um clima desfavorável à produção da cana, está relacionado com uma menor adoção da mecanização. Dessa forma, o clima pode ser percebido pelos agricultores como uma necessidade mais básica à produtividade do que a técnica de colheita. Esses produtores podem se ver forçados a investir antes em equipamentos de irrigação e proteção contra eventos climáticos extremos, do que na mecanização de sua colheita, como uma forma de se manterem competitivos.

O quarto elemento que apresentou correlação com a adoção da mecanização da colheita foi a participação do capital próprio nos investimentos realizados na unidade. Curiosamente, ele apresentou sinal contrário àquele obtido por outros autores como Monte e Teixeira (2006) o que é compreensível no cenário do setor sucroalcooleiro.

Como exposto anteriormente, os grupos produtores de açúcar e álcool têm pouca participação nos mercados de capitais. Por outro lado, são empresas que movimentam grandes volumes e cujo desenvolvimento tecnológico se dá pela realização de investimentos em grande escala. É o caso da colheita mecanizada, em que cada colhedora custa em média R\$ 825.000,00 e cujos custos totais de operação foram estimados por Rodrigues e Abi Saab (2007) em R\$ 6,58 por tonelada de cana colhida. Com isso, a utilização de linhas de crédito é uma constante nesse mercado, o que levou à expectativa de influência não significativa

desse elemento (CRED), uma vez que não foi feita diferenciação entre os tipos de crédito utilizados, e também da participação do capital próprio (KP) sobre a adoção da tecnologia. O sinal negativo obtido para a relação entre a proporção de capital próprio e a adoção da tecnologia pode ser um indicativo de que as empresas com maiores proporções de capital próprio nos investimentos podem não ter atingido um montante suficientemente grande para o empreendimento de um projeto como o de mecanização da colheita. A tendência recente de maior abertura dessas empresas ao mercado de capitais demandará uma reavaliação desses fatores ligados à sua estrutura de capital.

A influência presente, porém com fraca intensidade desses quatro fatores (TREIN, INST, CLIMA e KP) sugere a necessidade futura de exploração mais detalhada do seu efeito e suas diferentes formas. Seria interessante o avanço em profundidade em suas análises, verificando-se, por exemplo: (i) a efetividade dos treinamentos realizados; (ii) o tipo (ou a qualidade) de associações e a frequência de interação com a empresa; (iii) o possível efeito dos diferentes tipos de crédito utilizados por uma unidade rural – de custeio, de investimento e de comercialização (MAPA, 2003); (iv) os aspectos do clima que fazem com que ele seja percebido como favorável – determinado regime de chuvas impede a queimada? Impossibilita ou viabiliza a colheita mecanizada?

Finalmente, no conjunto de variáveis avaliadas, observa-se que quatro não apresentaram correlação significativa em nenhum dos testes realizados. Duas delas estão associadas ao gerente agrícola: a idade do gerente agrícola (IDADE) e o nível de escolaridade (ESC). Esse resultado pode ser consequência do fato de termos uma amostra composta estritamente por gerentes contratados (o que também

inviabilizou a verificação da influência da variável SOCIO). O envolvimento dos sócios fundadores no controle gerencial e a baixa hierarquização das empresas, ambas características comuns no setor, nos levam à expectativa de que haja um possível efeito maior das características dos gerentes agrícolas sobre a decisão de adoção da tecnologia, nas situações em que eles tenham participação societária no negócio. Complementarmente, nas empresas em que o gerente agrícola é contratado, como é o caso de nossa amostra, o seu envolvimento no processo decisório pode ser bastante reduzido, fazendo com que as suas características tenham influência menos significativa sobre a probabilidade de adoção da tecnologia em estudo.

Os outros dois fatores que não apresentaram influência significativa foram o percentual de funcionários com formação técnica ou superior (PFTS) e a disponibilidade de mão-de-obra temporária (MDO). A não verificação da hipótese de que o nível de educação formal da equipe operacional estaria relacionado à maior adoção da colheita mecanizada sugere que a capacitação necessária à utilização da nova tecnologia talvez não implique em um avanço na educação formal dos funcionários. Ou seja, os treinamentos devem ter abordagem estritamente técnica e, provavelmente, não há mudança significativa na estrutura de funcionários da empresa com o processo de adoção desta tecnologia, mesmo com a redução do quadro de colaboradores na nova operação (Rodrigues e Ortiz, 2006).

Quanto ao fator disponibilidade de mão-de-obra temporária (MDO), a ausência de relação significativa pode ser decorrência da métrica utilizada na sua medição, que é, de fato, a proximidade da fonte principal de mão-de-obra temporária, graduada em três níveis: (1) no município; (2) no estado; e (3) fora do

estado. Não ficam explícitos os motivos de utilização de mão-de-obra oriunda de outras regiões, nem a real necessidade de cada unidade, o que poderia levar a interpretações equivocadas sobre a variável, como por exemplo: pode ser mais barato contratar um grupo grande de colaboradores de fora do estado do que do município; uma usina mais automatizada, provavelmente tem menor demanda por mão-de-obra temporária, o que poderia ser satisfeito no próprio município, independente de haver abundância de recursos no local. Dessa forma, a não significância desse fator não exclui a preocupação com a disponibilidade de mão-de-obra da questão de adoção da mecanização. Ao contrário, esse elemento deveria ser reavaliado, com maior assertividade para identificação de como suas facetas podem influir na incorporação dessa tecnologia pela empresas.

5.2 Sugestões para estímulo à difusão da colheita mecanizada

Ao considerar os resultados obtidos no estudo, as ações de estímulo à difusão da colheita mecanizada no setor sucroalcooleiro brasileiro, deveriam focar sua atuação sobre os fatores de maior relação com a probabilidade de adoção: (i) o tamanho da unidade; (ii) a percepção de adequação do conhecimento técnico à nova tecnologia; e (iii) o impacto de acidentes ambientais em decorrência da atividade de queimada.

Ligado ao fator tamanho, pode-se propor o estabelecimento de grupos ou associações produtivas regionais, entre grupos de menor porte, para a aquisição e utilização de equipamentos nas terras cultivadas, instituindo-se uma entidade neutra facilitadora. A complementação de forças, além de viabilizar financeiramente o projeto, pode ser um elemento de redução do risco percebido na adoção da

tecnologia por significar uma situação de co-investimento, onde se compartilham riscos e resultados.

Os fatores de conhecimento técnico sobre a tecnologia e de percepção de impacto ambiental de acidentes com a queimada têm ambos uma forte ligação com a comunicação e interação empresarial no setor. Eles ressaltam, portanto, a importância do papel das instituições de cunho técnico e científico – como o CTC, as universidades e outros centros de pesquisa – e de cunho mercadológico – como a UNICA, o SINDAÇÚCAR e outras associações de classe. Essas instituições têm o poder de estimular o desenvolvimento das redes sociais (Rogers, 1983; Frambach e Schillewaert, 2002), potencializando o aprendizado por imitação e pela utilização contínua da tecnologia: o chamado *learn-by-using* (Sunding e Zilberman, 2000).

Observa-se ainda que as iniciativas dessas organizações por maior transparência das empresas, com a publicação de informações sobre o desempenho, não apenas financeiro, mas também ambiental e social através dos padrões GRI e ETHOS que vêm sendo adotados, podem ter efeito positivo sobre o desempenho do setor como um todo ao estimular a troca de experiências.

5.3 Limitações e sugestões para estudos futuros

A partir da análise dos resultados, pôde-se identificar uma série de limitações do estudo que culminaram em algumas sugestões para estudos futuros.

Primeiramente, observa-se que a pesquisa exploratória abordando diversos aspectos do fenômeno se limita a um nível mais superficial de compreensão sobre o comportamento dos fatores. Com isso, algumas variáveis analisadas não são capazes de captar algumas sutilezas relacionadas. Essa limitação foi percebida na avaliação da influência de algumas variáveis, como por exemplo, (i) o acesso a

crédito, que não fez distinção sobre o tipo de crédito envolvido (de custeio, de investimento ou de comercialização); e (ii) a relação com instituições do setor, que mediu apenas a quantidade, mas não a qualidade dessa relação. Dessa forma, seria interessante a realização de pesquisas em maior profundidade sobre alguns poucos aspectos, a fim de se descrever a relação entre as diversas facetas desses fatores e a adoção de tecnologias nesse setor.

Em segundo lugar, deve-se lembrar que a adoção da tecnologia de mecanização da colheita vem sendo influenciada por fatores externos às empresas, que passaram a fazer parte do cenário competitivo recente, notadamente: (i) a legislação que restringe o uso da queima na colheita da cana; (ii) o surgimento de novas tecnologias que viabilizam a utilização da palha como insumo em processos de geração de energia elétrica ou mesmo de produção de etanol. É importante notar que esses fatores, não tendem a apresentar um comportamento oscilante como, por exemplo, da disponibilidade por mão-de-obra. Ao contrário: é muito improvável que, em algum momento, qualquer desses fatores venha a exercer força em sentido contrário ao que exerce atualmente sobre a mecanização da colheita. Tal particularidade pode ser elemento diferenciador do comportamento do mercado com esta tecnologia. Para que se compreenda melhor a relação das empresas do setor com as inovações tecnológicas de maneira mais ampla, deve-se buscar analisar tecnologias que não estejam sujeitas a pressões externas tão explícitas.

A terceira limitação do estudo se refere às diferentes práticas da mecanização. Apesar de viabilizar a eliminação da queima, a mecanização da colheita não necessariamente implica na eliminação dessa etapa. Apesar do trabalho não ter o objetivo de mapear ou analisar a redução da queima, esse

aspecto é de extrema relevância para o setor além de poder ser um elemento influenciador sobre as características das empresas que adotam a colheita mecanizada. Em outras palavras, é possível que os determinantes da adoção da mecanização com a eliminação da queima (cana crua) sejam diferentes daqueles ligados à adoção da mecanização sem eliminação da queima (cana queimada). Dessa forma, espera-se que estudos futuros procurem abordar essas variáveis, envolvendo para isso uma quantidade maior de respondentes.

Finalmente, destacamos a grande dificuldade de acesso às empresas e suas informações. Essa característica pode acarretar em um viés da amostra por conter respostas das empresas mais receptivas, o que limita a capacidade de generalização dos resultados para outras empresas, no mesmo setor ou em outros similares.

A essa limitação, se soma a pouca disponibilidade de dados oficiais disponíveis sobre as empresas. É relativamente fácil encontrar dados consolidados do setor, o que não é verdade para dados mais detalhados de empresas. Os órgãos detentores desses dados geralmente não são autorizados a divulgar informações individuais e, normalmente, abordam estritamente questões técnicas e de produção, dando pouco enfoque a informações de desempenho financeiro e da estrutura organizacional. As duas características tornam extremamente difícil a composição de uma base passível de análise quantitativa. Tal situação tende a se abrandar com a tendência à maior participação das empresas do setor no mercado de capitais. Em 2005 o Grupo COSAN foi o primeiro a realizar sua abertura de capital e hoje já são 6 empresas do setor de açúcar e álcool com ações negociadas na Bolsa de São Paulo. Além disso, organizações do setor, como a UNICA, vêm disseminando entre

as empresas a utilização de padrões de divulgação de informações como o GRI e os indicadores ETHOS, como forma de comunicação com *stakeholders* nacionais e estrangeiros.

Com isso, a quantidade de informações publicadas vem aumentando o que poderá viabilizar em breve a realização de estudos de difusão das tecnologias, envolvendo-se a dimensão temporal do fenômeno, a partir da utilização de dados secundários. Modelos econométricos, como aqueles apresentados por Sunding e Zilberman (2000), poderão ser utilizados para a modelagem desse processo de difusão considerando, por exemplo: (i) o efeito da imitação, assumindo-se uma proporcionalidade direta da probabilidade de adoção com a quantidade de adotantes e de não adotantes; e (ii) o efeito da maior lucratividade da inovação à medida em que usuários aprendem a incorporá-la (*learn-by-using*), considerando-se ainda a diversidade de percepções entre os adotantes.

6. Referências Bibliográficas

ALESSI, Neiry P.; NAVARRO, Vera Lucia. **Saúde e trabalho rural: o caso dos trabalhadores da cultura canavieira na região de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 13 (Supl. 2): p.111-121, 1997.

AMSALEM, Michel C. **Technology Choice in Developing Countries**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. 1978.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Indústria Automobilística Brasileira - 50 anos**. 2006. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/50anos.html>

_____, **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. 2008. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>

ANTA – Australian National Training Authority. **Innovation Ideas that Work**. Brisbane, Australian National Training Authority, 2002.

ARELLANES, Peter; LEE, David R. **The Determinants of Adoption of Sustainable Agriculture Technologies: Evidence from the hillsides of Honduras**. Proceedings of the 25th International Conference of Agricultural Economists (IAAE), 2003.

ASHFORD, Nicholas, A.; AYERS, Christine; STONE, Robert F. **Using Regulation to Change the Market for Innovation**. Harvard Environmental Law Review, Vol. 9, N° 2, 1985.

BANDEIRA DE MELLO, Eduardo; CANEPA, Eduardo L.; COSTA, Márcio M. **Visões Ambientais para o Financiamento de Biocombustíveis no Brasil**. Trabalho apresentado no *workshop*: “A Expansão da Agroenergia e seus Impactos sobre os Ecossistemas Naturais Brasileiros”, Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), Rio de Janeiro, 2007.

BELING, Romar R. ;REETZ, Erna; VENCATO, Angela; ROSA, Gilson R. da; RIGON, Liana; CORRÊA, Silvio. **Anuário Brasileiro da Cana-de-açúcar 2006**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2006.

BESLEY, Timothy; CASE, Anne. **Modeling Technology Adoption in Developing Countries**. The American Economic Review, Vol. 83, No. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Fifth Annual Meeting of the American Economic Association. (May, 1993), p. 396-402.

BRAUNBECK, O.; BAUEN, A.; ROSILLO-CALLEB, F.; CORTEZ, L. **Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil**. Biomass and Bioenergy, 17, p. 495-506, 1999.

BRESSAN FILHO, Ângelo (Coordenador); TEIXEIRA, Wellington S. (Colaborador) **Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil, Situação Observada em Novembro de 2007**. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Brasília, Abril/2008.

Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/perfil.pdf>

BROWN, David; GREEN, Josephine; HALL, Freeman; ROCCHI, Simona; RUTTER, Paul, DEARING, Andrew. **Building a Better Future: Innovation, Technology and Sustainable Development**. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2000. Disponível em: www.wbcsd.org.

CAMARGO, Beatriz. **Apesar do sucesso da cana, trabalhador continua na mesma**. Matéria veiculada no jornal Repórter Brasil em 19/05/2006. Disponível em: <http://www.reporterbrasil.com.br/exibe.php?id=583>

CAMPBELL, Helen (Coordenação). **Estudo de Caso: A Indústria Sucoalcooleira no Estado de São Paulo**. UNIETHOS, 2005.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos da Fundação de Desenvolvimento da Unicamp. **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo**. NIPE – Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético/UNICAMP. Relatório Final (Dezembro/2005).

CMA – Consultoria, Métodos, Assessoria e Mercantil S/A. www.cma.com.br. Acessado em Setembro de 2007.

COSAN/RI – Site de Relações com Investidores do Grupo COSAN. www.cosan.com.br/ri. Atualizado em 12 de Julho de 2007.

COSAN. **Prospecto da Oferta Pública de Aquisição de Ações de Emissão da COSAN S.A. Indústria e Comércio por Conta e Ordem da COSAN Limited**. 06 de Março de 2008. Disponível em: <http://www.cosanlimited.com>.

DAMANPOUR, Fariborz. **Organizational Innovation: A Meta Analysis of Effects of Determinants and Moderators**. Academy of Management Journal. Vol. 34, No 3, p. 555-590, 1991.

DAMANPOUR, Fariborz; SCHNEIDER, Marguerite. **Phases of the Adoption of Innovation in Organizations: Effects of Environment, Organization and Top Management**. British Journal of Management. Vol. 17, p. 215-236, 2006.

DOWNS, George W.; MOHR, Lawrence B. **Conceptual Issues in the Study of Innovation**. Administrative Science Quarterly. v 21, p. 700-714. December 1976.

D'SOUZA, Gerard; CYPHERS, Douglas; PHIPPS, Tim. **Factors Affecting the Adoption of Sustainable Agricultural Practices**. Agricultural and Resource Economics Review. October 1993.

DUSSAUGE, Pierre; HART, Stuart; RAMANANTSOA, Bernard. **Strategic Technology Management**. John Wiley & Sons, 1992.

ELKINGTON, John. **Cannibals with forks: the triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone Publishing, 1997.

ETHANOL SUMMIT. World Trade Center, dias 4 e 5 de junho 2007. Promoção: UNICA

FEDER, Gershon; JUST, Richard E.; ZILBERMAN, David. **Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey**. Economic Development and Cultural Change, Vol. 33, No. 2, p. 255-298. Jan. 1985.

FIELD, Andy. **Discovering statistics using SPSS**. Sage Publications, 2005.

FRAMBACH, Ruud T.; SCHILLEWAERT, Niels. **Organizational innovation adoption: A multi-level framework of determinants and opportunities for future research**. Journal of Business Research 55, p. 163-176, 2002.

FRANCO, Camilo F. **Dinâmica da Difusão de Tecnologia no Sistema Produtivo da Agricultura Brasileira**. João Pessoa. Anais do II Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro, v. 2, 2002.

Disponível em: <http://www.emepa.org.br/anais/volume2/av210.pdf>

HAIR, Joseph F.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L.; BLACK, William C. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 5ª ed, 2005.

HALL, Bronwyn H.; KHAN, Beethika. **Adoption of New Technology**. Working Paper No. E03-330. Department of Economics, University of California, Berkeley. May, 2003

HAMPTON, Carol. **Innovation: a Brief Scan of the Literature**. Agosto de 2002.

Disponível em: <http://www.flexiblelearning.net.au/innovations/files/Innovationlitrev.pdf>

MACEDO, Isaías de C. (Organizador). **A Energia da Cana-de-Açúcar: Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade**. São Paulo: Berlendis & vertecchia: UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de Marketing: Uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 4ª ed., 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Crédito Rural**. Documento de divulgação, 2003.

Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/url/ITEM/C96F0D66B19830BEE0300801FD0AC584>

MAPA/SPAЕ – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Secretaria de Produção e Agroenergia. **Balanco Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia.** AGRIS P05, CDU 620.91. Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI. Brasília, 2007.

MME/EPE – Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2007: Ano base 2006.** Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2007.

MOHR, Lawrence B. **Explaining Organizational Behavior.** San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1982.

MONTE, Edson Z.; TEIXEIRA, Eryl C. **Determinantes da Adoção da Tecnologia de Despolpamento na Cafeicultura.** RER, Rio de Janeiro, vol. 44, nº 02, p. 201-217, abr/jun 2006.

NEILL, Sean P.; LEE, David R. **Explaining the adoption and disadoption of sustainable agriculture: The case of Cover Crops in Northern Honduras.** Economic Development and Cultural Change. 49, 4. ABI/INFORM Global, p. 793, Jul 2001.

ORLIKOWSKI, Wanda, J. **The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations.** Organization Science. Center for Information Systems Research - Sloan School of Management - Massachusetts Institute of Technology, 1991.

ORMOND, José G. P.; DE PAULA, Sergio R. L.; FAVERET FILHO, Paulo; DA ROCHA, Luciana T. M. **Agricultura Orgânica: Quando o passado é futuro.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, mar. 2002.

PACEY, Arnold. **The Culture of Technology.** MIT Press.1983.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 7ª ed., Cap 2, 1986.

PROCANA – Portal PróCana. www.procana.com.br. Acesso em 05 jul. 2008.

RAMÃO, Fernanda P.; SCHNEIDER, Iara E.; SHIKIDA, Pery Francisco A. **Padrão Tecnológico no Corte de Cana-de-açúcar: Um Estudo de Caso no Estado do Paraná.** Revista de Economia Agrícola, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 109-122, jan./jun. 2007.

RODRIGUES, Délcio; ORTIZ, Lúcia. **Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil.** Vitae Civilis e Nat Brasil. Outubro 2006.

Disponível em:

http://www.natbrasil.org.br/Docs/biocombustiveis/sustentabilidade_etanol_port.pdf

RODRIGUES, Eurípedes B.; ABI SAAB, Otavio J. G. **Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (saccharum spp) na região**

de Bandeirantes – PR. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 28, n. 4, p. 581-588, out./dez. 2007.

ROGERS, Everett M. **Diffusion of Innovation.** Free Press, New York, 3rd ed. 1983.

SALATI, Enéas. **[Opinião sobre a sustentabilidade agrícola e os desafios do setorsucroalcooleiro]**. Rio de Janeiro. Entrevista concedida em 30 de outubro de 2007.

SCHLINDWEIN, Manoel. **Governo assina acordo para antecipar fim das queimadas nos canaviais de SP.** Diário Oficial do Estado de São Paulo. Vol. 118, Num. 46, São Paulo, 11 de março de 2008. Disponível em: http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/doflash/prototipo/2008/Mar%C3%A7o/11/exec1/pdf/pg_0001.pdf

SCOPINHO, Rosemeire A.; EID, Farid; VIAN, Carlos Eduardo de F.; SILVA, Paulo Roberto C. da. **Novas tecnologias e saúde do trabalhador: a mecanização do corte da cana-de-açúcar.** Cadernos de Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 147-161, jan-mar, 1999.

SELLTIZ C.; JAHODA, M.; DEUTSCH, M.; COOK, SW. **Métodos de pesquisa nas relações sociais.** São Paulo: EPU, 1974.

SHEHABUDDEEN, Noordin; PROBERT, David; PHAAL, Robert. **From theory to practice: challenges in operationalising a technology selection framework.** Technovation 26, 324–335, 2006.

SOUZA FILHO, Hildo M.; YOUNG, Trevor; BURTON, Michael P. **Factors Influencing the Adoption of Sustainable Agricultural Technologies: Evidence from the State of Espírito Santo, Brazil.** Technological Forecasting and Social Change 60, p. 97–112, 1999.

SUNDING, David; ZILBERMAN, David. **The Agricultural Innovation Process: Research and Technology Adoption in a Changing Agricultural Sector.** Handbook of Agricultural Economics, 2000. Disponível em: <http://are.berkeley.edu/~zilber/innovationchptr.pdf>

TILMAN, David; CASSMAN, Kenneth G.; MATSON, Pamela A.; NAYLOR, Rosamond; POLASKY, Stephen. **Agricultural sustainability and intensive production practices.** NATURE. V 418, p. 671-677, Agosto, 2002.

TORNATZKY, L. G.; EVELAND, J. D.; BOYLAN, M. G.; HETZNER, W. A.; JOHNSON, E. C. *et al.* (ed.). **The Process of Technological Innovation: Reviewing the Literature.** Washington D. C.: National Science Foundation, 1983.

VAN DE VEN, Andrew H.; POLLEY, Douglas E.; GARUD, Raghu; VENKATARAMAN, Sankaran. **The Innovation Journey.** Oxford University Press. 1999.

VEIGA FILHO, Alceu. **Fatores Explicativos da Mecanização do Corte na Lavoura Canavieira Paulista**. Informações Econômicas, SP, v.28, n.11, nov. 1998.

VERGARA, Silvia C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

VICENTE, José Roberto; VOSTI, Stephen A. **Um Teste de Dados em Nível de Imóvel Rural do Levantamento Objetivo IEA/CATI para Estudos de Adoção de Tecnologia**. Agricultura em São Paulo, SP, 42(2), p. 129-148, 1995.

VIEIRA, Gilberto. **A Escolha de Tecnologia de Processo na Indústria do Alcool: Um Estudo de Caso**. Tese de Mestrado (Mestrado em Administração de empresas) – Instituto COPPEAD de administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1988.

WCED – World Commission for Environment and Development. **Our Common Future (The Brundtland Report)**. Oxford, N.Y: Oxford University Press 1997.

WELLS JR., Louis T. Economic man and engineering man. In: STOBAUGH, Robert B.; WELLS JR., Louis T. **Technology crossing borders**. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, Cap. 3, 1988.

WWF – World Wild Life. **Action for Sustainable Sugar**. 2005. Disponível em: http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf-alt/landwirtschaft/WWF_Action_for_Sustainable_Sugar_05.pdf

Apêndice A – Compilação de estudos da revisão de literatura

(Esta página foi deixada propositalmente em branco).

Tabela 43 – Compilação de estudos da revisão de literatura

Autores	Ano	Tipo	Método	Dimensões Envolvidas	Unidade	Foco	Fatores verificados
Rogers	1983	QUALI		Gerente, Organização	Empresa/ indivíduo	Difusão de tecnologia	Escolaridade, Tamanho e Comunicação externa
Feder, Just e Zilberman	1985	QUALI		Gerente, Organização, Ambiente externo	Empresa/ indivíduo	Adoção: tecnologias agrícolas	Escolaridade, Sociedade, Tamanho, Crédito, Mão-de-obra
Wells Jr.	1988	QUALI		Gerente, Organização	Empresa	Adoção de tecnologia	Crédito, Profissionalismo operacional, Mão-de-obra, Percepção do gerente, Variações no mercado
Damanpour	1991	QUANT	Meta-análise	Gerente, Organização	Empresa	Adoção de tecnologia	Tempo Gerente no cargo, Comunicação externa, Capital próprio, Intensidade administrativa, Profissionalismo operacional, Mão-de-obra
D'Souza <i>et al.</i>	1993	QUANT	LOGIT	Gerente, Organização, Ambiente externo	Fazenda	Adoção: agricultura sustentável	Idade, Escolaridade, Capital próprio, Profissionalismo operacional, Acidente ambiental
Vicente e Vosti	1995	QUANT	PROBIT	Gerente, Organização, Ambiente externo	Fazenda	Adoção: tecnologias agrícolas	Escolaridade, Tamanho, Capital próprio, Crédito, Profissionalismo operacional, Localização geográfica, Infra-estrutura básica
Veiga Filho	1998	QUALI		Organização, Ambiente externo	Fazenda	Adoção: tecnologias agrícolas	Tamanho, Capital próprio, Localização geográfica, Ambiente favorável, Práticas agrícolas adequadas, Mecanização em outras etapas, Assistência técnica, Acidente ambiental
Vicente	1998	QUANT	PROBIT	Gerente, Organização, Ambiente externo	Fazenda	Adoção: tecnologias agrícolas	Escolaridade, Tamanho, Crédito, Profissionalismo operacional, Ambiente favorável, Assistência técnica
Souza Filho <i>et al.</i>	1999	QUANT	<i>Duration analysis</i>	Gerente, Organização, Ambiente externo	Fazenda	Adoção: agricultura sustentável	Idade, Escolaridade, Sociedade, Tamanho, Comunicação externa, Ambiente favorável, Acidente ambiental

Autores	Ano	Tipo	Método	Dimensões Envolvidas	Unidade	Foco	Fatores verificados
Neill e Lee	2001	QUANT	PROBIT	Gerente, Organização, Ambiente externo	Fazenda (familiar)	Adoção: agricultura sustentável	Idade, Sociedade, Tamanho, Comunicação externa, Profissionalismo operacional, Declividade, Práticas agrícolas adequadas, Assistência técnica, Acidente ambiental
Frambach e Schillewaert	2002	QUALI		Organização, Ambiente externo	Empresa	Adoção de inovações	Sociedade, Tamanho, Comunicação externa, Capital próprio, Profissionalismo operacional, Práticas agrícolas adequadas, Mecanização em outras etapas, Assistência técnica
Franco	2002	QUALI		Gerente, Organização, Ambiente externo	Fazenda (familiar)	Adoção tecnologias agrícolas	Escolaridade, Capital próprio, Crédito
Arellanes e Lee	2003	QUANT	LOGIT	Gerente, Organização	Fazenda	Adoção: agricultura sustentável	Idade, Escolaridade, Sociedade, Ambiente favorável, Declividade, Práticas agrícolas adequadas
Hall e Khan	2003	QUALI		Gerente, Ambiente externo	Empresa	Difusão de tecnologia	Escolaridade, Comunicação externa
Damanpour e Schneider	2006	QUANT		Gerente, Organização, Ambiente externo	Empresa	Adoção de práticas de gestão	Idade, Escolaridade, Tempo gerente no cargo, Tamanho, Comunicação externa, mão-de-obra
Monte e Teixeira	2006	QUANT	LOGIT	Gerente, Organização, Ambiente externo	Fazenda (familiar)	Adoção: tecnologias agrícolas	Escolaridade, Comunicação externa, Capital próprio, Crédito, Assistência técnica

Apêndice B – Lista completa de variáveis

Tabela 44 – Lista completa das variáveis utilizadas

Variável	Descrição
IDADE	Idade do gestor, anos
SOCIO	Gestor é sócio ou contratado da unidade?
ESC	Nível de escolaridade do gestor
PFTS	Percentual de funcionários com formação técnica ou superior
PFT	- Percentual de funcionários com formação técnica
PFS	- Percentual de funcionários com formação superior
TAM	Tamanho da unidade, em hectares
CRED	Empresa teve acesso a crédito nos últimos 3 anos ou tem alguma linha de crédito em aberto (não quitada)?
KP	Nível de participação do capital próprio nos investimentos na unidade
ADEQ	Média do nível de adequação da unidade à tecnologia em quatro aspectos:
APLANT	- Nível de adequação das técnicas de plantio à tecnologia
ACONH	- Nível de domínio do conhecimento técnico necessário
AGER	- Nível de adaptação das ferramentas de controle gerencial
AVOL	- Nível de adequação do volume de produção à tecnologia
TREIN	Horas de treinamento ministradas na unidade na safra 2006/2007
VISITAS	Quantidade de visitas técnicas recebidas na unidade na safra 2006/2007
MDO	Nível de distância da principal origem de mão-de-obra temporária
AMB	Média da percepção de presença de características ambientais favoráveis para o cultivo da cana-de-açúcar, sob três aspectos:
SOLO	- Condição favorável do solo?
CLIMA	- Condição favorável do clima?
RELEVO	- Condição favorável do relevo?
INST	Quantidade de instituições com que a unidade se relaciona
ACID	Nota atribuída à gravidade e impacto (gravidade x impacto percebido) de algum acidente ambiental ocorrido na região devido à queimada
PGERFORM	Percentual de gerentes com formação superior
COMUNIC	Média do nível de utilização de cinco meios de comunicação: e-mail, website, telefone, fax e correio
ANOSGSETOR	Quantidade de anos da atuação do gerente no setor
CONTROLE	Tipo do controle acionário da empresa
POSSEQUIP	Nível percentual de posse dos equipamentos utilizados na unidade

Apêndice C – Resultados completos das análises

Tabela 45 – Resultado completo das correlações

	Kendall τ_b (uni-caudal)	Spearman ρ (uni-caudal)
IDADE (N=61)	-0,072	-0,086
ESC (N=60)	0,046	0,048
PFTS (N=50)	-0,058	-0,071
PFT (N=50)	0,005	0,006
PFS (N=55)	-0,071	-0,086
TAM (N=61)	0,350**	0,423**
CRED (N=56)	0,116	0,116
KP (N=50)	-0,231*	-0,244*
ADEQ (N=61)	0,374***	0,433***
APLANT (N=61)	0,280*	0,296*
ACONH (N=61)	0,439***	0,472***
AGER (N=61)	0,300**	0,321**
AVOL (N=61)	0,203	0,209
TREIN (N=44)	0,235*	0,281*
VISITAS (N=50)	0,092	0,109
MDO (N=58)	-0,036	-0,038
AMB (N=61)	0,165	0,176
SOLO (N=61)	-0,017	-0,018
CLIMA (N=61)	0,241*	0,247*
RELEVO (N=61)	0,139	0,143
INST (N=61)	0,201*	0,228*
ACID (N=61)	0,256*	0,272*
PGERFORM (N=59)	-0,046	-0,049
ANOSGSETOR (N=61)	-0,019	-0,022
CONTROLE (N=61)	0,170	0,177
POSSEQUIP (N=61)	0,143	0,150
COMUNIC (N=61)	-0,020	-0,023

(*) = Significativo a 5%; (**) = Significativo a 1%; (***) = Significativo a 0,1%

Apresentam-se a seguir as tabulações das análises qui-quadrado (χ^2), que destacam as ocorrências identificadas nos cruzamentos de valores entre pares de variáveis testadas, para que se possa verificar visualmente a dispersão da relação.

Observa-se na Tabela 46, por exemplo, que 84,62% das empresas classificadas no nível 1 de tamanho (TAM_NIV=1) não adotam a mecanização da colheita (MEC="Não Adota") e que apenas 7,14% do total de empresas que adotam a mecanização (MEC="Adota") são de tamanho nível 1 (TAM_NIV=1).

Tabela 46 – Tabulações qui-quadrado (MEC x TAM_NIV)

MEC		TAM_NIV				Total
		1	2	3	4	
Não Adota	Ocorrências	11	12	3	7	33
	Frequência esperada	7,03	9,20	8,11	8,66	33,00
	% em MEC	33,33%	36,36%	9,09%	21,21%	100,00%
	% em TAM_NIV	84,62%	70,59%	20,00%	43,75%	54,10%
	% do Total	18,03%	19,67%	4,92%	11,48%	54,10%
Adota	Ocorrências	2	5	12	9	28
	Frequência esperada	5,97	7,80	6,89	7,34	28,00
	% em MEC	7,14%	17,86%	42,86%	32,14%	100,00%
	% em TAM_NIV	15,38%	29,41%	80,00%	56,25%	45,90%
	% do Total	3,28%	8,20%	19,67%	14,75%	45,90%
Total	Ocorrências	13	17	15	16	61
	Frequência esperada	13,00	17,00	15,00	16,00	61,00
	% em MEC	21,31%	27,87%	24,59%	26,23%	100,00%
	% em TAM_NIV	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	% do Total	21,31%	27,87%	24,59%	26,23%	100,00%

A frequência esperada pelo modelo para cada cruzamento é dado por:

$$\frac{\text{TotalLinha} \times \text{TotalColuna}}{N}, \text{ onde } N \text{ é o total de observações, e estatística } \chi^2 \text{ é}$$

$$\text{calculada por } \sum \frac{(\text{observado} - \text{esperado})^2}{\text{esperado}} \text{ (Field, 2005).}$$

Tabela 47 – Tabulações qui-quadrado (MEC x ACONH)

		ACONH				Total
		MEC	1	2	3	
Não Adota	Ocorrências	10	5	11	7	33
	Frequência esperada	5,41	3,25	12,44	11,90	33,00
	% em MEC	30,30%	15,15%	33,33%	21,21%	100,00%
	% em ACONH	100,00%	83,33%	47,83%	31,82%	54,10%
	% do Total	16,39%	8,20%	18,03%	11,48%	54,10%
Adota	Ocorrências	0	1	12	15	28
	Frequência esperada	4,59	2,75	10,56	10,10	28,00
	% em MEC	0,00%	3,57%	42,86%	53,57%	100,00%
	% em ACONH	0,00%	16,67%	52,17%	68,18%	45,90%
	% do Total	0,00%	1,64%	19,67%	24,59%	45,90%
Total	Ocorrências	10	6	23	22	61
	Frequência esperada	10,00	6,00	23,00	22,00	61,00
	% em MEC	16,39%	9,84%	37,70%	36,07%	100,00%
	% em ACONH	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	% do Total	16,39%	9,84%	37,70%	36,07%	100,00%

Tabela 48 – Tabulações qui-quadrado (MEC x AGER)

		AGER				Total
		MEC	1	2	3	
Não Adota	Ocorrências	7	3	17	6	33
	Frequência esperada	4,33	3,25	15,15	10,28	33,00
	% em MEC	21,21%	9,09%	51,52%	18,18%	100,00%
	% de AGER	87,50%	50,00%	60,71%	31,58%	54,10%
	% do Total	11,48%	4,92%	27,87%	9,84%	54,10%
Adota	Ocorrências	1	3	11	13	28
	Frequência esperada	3,67	2,75	12,85	8,72	28,00
	% em MEC	3,57%	10,71%	39,29%	46,43%	100,00%
	% de AGER	12,50%	50,00%	39,29%	68,42%	45,90%
	% do Total	1,64%	4,92%	18,03%	21,31%	45,90%
Total	Ocorrências	8	6	28	19	61
	Frequência esperada	8,00	6,00	28,00	19,00	61,00
	% em MEC	13,11%	9,84%	45,90%	31,15%	100,00%
	% de AGER	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	% do Total	13,11%	9,84%	45,90%	31,15%	100,00%

Tabela 49 – Tabulações qui-quadrado (MEC x ADEQ_NIV)

		ADEQ_NIV				Total
		MEC	1	2	3	
Não Adota	Ocorrências	11	10	8	4	33
	Frequência esperada	7,03	8,66	8,11	9,20	33,00
	% em MEC	33,33%	30,30%	24,24%	12,12%	100,00%
	% em ADEQ_NIV	84,62%	62,50%	53,33%	23,53%	54,10%
	% do Total	18,03%	16,39%	13,11%	6,56%	54,10%
Adota	Ocorrências	2	6	7	13	28
	Frequência esperada	5,97	7,34	6,89	7,80	28,00
	% em MEC	7,14%	21,43%	25,00%	46,43%	100,00%
	% em ADEQ_NIV	15,38%	37,50%	46,67%	76,47%	45,90%
	% do Total	3,28%	9,84%	11,48%	21,31%	45,90%
Total	Ocorrências	13	16	15	17	61
	Frequência esperada	13,00	16,00	15,00	17,00	61,00
	% em MEC	21,31%	26,23%	24,59%	27,87%	100,00%
	% em ADEQ_NIV	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	% do Total	21,31%	26,23%	24,59%	27,87%	100,00%

Tabela 50 – Tabulações qui-quadrado (MEC x ACID_DIC)

		ACID_DIC		Total
		MEC	Não ocorreu acidente	
Não Adota	Ocorrências	26	7	33
	Frequência esperada	22,72	10,28	33,00
	% em MEC	78,79%	21,21%	100,00%
	% em ACID_DIC	61,90%	36,84%	54,10%
	% do Total	42,62%	11,48%	54,10%
Adota	Ocorrências	16	12	28
	Frequência esperada	19,28	8,72	28,00
	% em MEC	57,14%	42,86%	100,00%
	% em ACID_DIC	38,10%	63,16%	45,90%
	% do Total	26,23%	19,67%	45,90%
Total	Ocorrências	42	19	61
	Frequência esperada	42,00	19,00	61,00
	% em MEC	68,85%	31,15%	100,00%
	% em ACID_DIC	100,00%	100,00%	100,00%
	% do Total	68,85%	31,15%	100,00%

Tabela 51 – Resíduos da regressão LOGIT (Modelo Ajustado / Método FSTEP)

Medido	Prob. prevista	Grupo previsto	Distância de Cook	Valor de alavanc.	Resíduo padroniz.	Resíduo normaliz.	DFBeta Const	DFBeta TAM	DFBeta ADEQ
Adota	0,9875	Adota	0,0009	0,0635	0,1640	0,1126	0,0097	0,0262	0,0024
Não Adota	0,1191	Não Adota	0,0085	0,0592	-0,5191	-0,3676	-0,0116	0,0448	0,0359
Adota	0,2041	Não Adota	0,2194	0,0533	1,8324	1,9750	0,0985	-0,1912	-0,1527
Não Adota	0,7648	Adota	0,2787	0,0789	-1,7727	-1,8032	-0,2243	-0,3507	-0,1207
Não Adota	0,0487	Não Adota	0,0030	0,0547	-0,3251	-0,2263	0,0015	0,0400	0,0164
Não Adota	0,0160	Não Adota	0,0007	0,0429	-0,1838	-0,1276	-0,0026	0,0061	0,0139
Adota	0,9938	Adota	0,0002	0,0327	0,1132	0,0788	0,0045	0,0126	0,0023
Não Adota	0,3316	Não Adota	0,0280	0,0533	-0,9226	-0,7044	-0,0317	0,0853	0,0001
Não Adota	0,9260	Adota	1,4579	0,1044	-2,4112	-3,5373	-0,4530	-1,0425	-0,1997
Adota	0,1693	Não Adota	0,4569	0,0852	1,9704	2,2147	0,1795	-0,0218	-0,3157
Adota	0,9938	Adota	0,0002	0,0293	0,1134	0,0791	0,0041	0,0116	0,0028
Adota	0,3483	Não Adota	0,0826	0,0423	1,4841	1,3680	0,1049	-0,0406	-0,0521
Não Adota	0,2019	Não Adota	0,0239	0,0864	-0,7026	-0,5029	-0,0014	0,1185	0,0053
Não Adota	0,0214	Não Adota	0,0013	0,0549	-0,2142	-0,1480	-0,0044	0,0054	0,0186
Não Adota	0,1227	Não Adota	0,0092	0,0616	-0,5281	-0,3739	-0,0054	0,0642	0,0266
Adota	0,7558	Adota	0,0324	0,0912	0,7850	0,5685	0,0416	0,0263	0,0810
Não Adota	0,4248	Não Adota	0,0525	0,0664	-1,0884	-0,8593	-0,0389	0,1010	-0,0422
Adota	0,3637	Não Adota	0,0773	0,0423	1,4533	1,3227	0,1080	-0,0202	-0,0493
Adota	0,9952	Adota	0,0001	0,0251	0,0989	0,0691	0,0033	0,0094	0,0022
Adota	0,3011	Não Adota	0,2593	0,1005	1,6337	1,5237	0,0142	-0,3547	0,0573
Não Adota	0,2968	Não Adota	0,1294	0,2347	-0,9592	-0,6496	-0,1329	-0,1721	0,1554
Adota	0,7115	Adota	0,0307	0,0705	0,8557	0,6367	0,0562	0,0468	0,0666
Não Adota	0,2551	Não Adota	0,0181	0,0502	-0,7876	-0,5853	-0,0265	0,0680	0,0248
Não Adota	0,8963	Adota	1,3505	0,1352	-2,2891	-2,9392	-0,4627	-1,0351	-0,1047
Não Adota	0,0749	Não Adota	0,0072	0,0820	-0,4119	-0,2846	0,0066	0,0718	0,0117
Não Adota	0,2526	Não Adota	0,0186	0,0521	-0,7838	-0,5814	-0,0404	0,0286	0,0458
Não Adota	0,0487	Não Adota	0,0030	0,0547	-0,3251	-0,2263	0,0015	0,0400	0,0164
Adota	0,5932	Adota	0,0402	0,0554	1,0515	0,8281	0,0968	0,0970	0,0164
Adota	0,3039	Não Adota	0,1064	0,0444	1,5788	1,5135	0,0939	-0,1075	-0,0610
Não	0,5932	Adota	0,0855	0,0554	-1,3800	-1,2076	-0,1412	-0,1415	-0,0238

Medido	Prob. prevista	Grupo previsto	Distância de Cook	Valor de alavanc.	Resíduo padroniz.	Resíduo normaliz.	DFBeta Const	DFBeta TAM	DFBeta ADEQ
Adota									
Não Adota	0,2885	Não Adota	0,0473	0,1046	-0,8718	-0,6367	-0,0034	0,1555	-0,0230
Adota	0,9973	Adota	0,0001	0,0222	0,0750	0,0525	0,0024	0,0069	0,0009
Não Adota	0,4330	Não Adota	0,2473	0,2446	-1,2257	-0,8739	-0,2076	-0,3154	0,1725
Adota	0,3986	Não Adota	0,2287	0,1316	1,4554	1,2282	0,2009	0,2335	-0,1571
Adota	0,3331	Não Adota	0,0891	0,0426	1,5154	1,4149	0,1015	-0,0620	-0,0550
Não Adota	0,0655	Não Adota	0,0047	0,0622	-0,3802	-0,2648	-0,0083	0,0235	0,0325
Adota	0,9339	Adota	0,0058	0,0756	0,3847	0,2661	0,0246	0,0542	0,0254
Não Adota	0,6221	Adota	0,1316	0,0740	-1,4498	-1,2831	-0,0879	0,0168	-0,1345
Não Adota	0,9549	Adota	1,5765	0,0693	-2,5804	-4,6005	-0,4048	-0,9581	-0,3794
Adota	0,6237	Adota	0,0344	0,0539	0,9990	0,7767	0,0741	0,0515	0,0483
Adota	0,9985	Adota	0,0000	0,0123	0,0555	0,0390	0,0013	0,0037	0,0008
Adota	0,6875	Adota	0,0529	0,1042	0,9147	0,6742	0,0392	-0,0176	0,1010
Adota	0,5883	Adota	0,1086	0,1344	1,1071	0,8365	0,0279	-0,1132	0,1304
Adota	0,7670	Adota	0,0242	0,0737	0,7569	0,5512	0,0546	0,0695	0,0566
Não Adota	0,1830	Não Adota	0,0130	0,0548	-0,6541	-0,4733	-0,0194	0,0554	0,0361
Não Adota	0,6316	Adota	0,1351	0,0731	-1,4678	-1,3093	-0,0926	0,0050	-0,1374
Não Adota	0,0404	Não Adota	0,0022	0,0487	-0,2946	-0,2053	0,0000	0,0302	0,0172
Não Adota	0,6578	Adota	0,2443	0,1128	-1,5548	-1,3865	-0,2326	-0,3684	0,0231
Não Adota	0,2629	Não Adota	0,0184	0,0491	-0,8010	-0,5972	-0,0287	0,0651	0,0251
Não Adota	0,2975	Não Adota	0,0199	0,0449	-0,8599	-0,6507	-0,0390	0,0501	0,0264
Adota	0,7636	Adota	0,0245	0,0734	0,7630	0,5564	0,0548	0,0684	0,0572
Não Adota	0,0130	Não Adota	0,0005	0,0361	-0,1647	-0,1147	-0,0017	0,0062	0,0113
Adota	0,8950	Adota	0,0348	0,2286	0,5364	0,3426	0,0754	0,1764	-0,0078
Adota	0,6860	Adota	0,0399	0,0801	0,9052	0,6765	0,0939	0,1369	0,0179
Não Adota	0,4647	Não Adota	0,1733	0,1664	-1,2244	-0,9317	-0,1804	-0,2532	0,1212
Não Adota	0,2002	Não Adota	0,0161	0,0605	-0,6895	-0,5003	-0,0127	0,0830	0,0221
Não Adota	0,3575	Não Adota	0,1713	0,2354	-1,0757	-0,7460	0,0276	0,3031	-0,1126
Adota	0,6517	Adota	0,0685	0,1136	0,9828	0,7310	0,0362	-0,0475	0,1115
Não Adota	0,3970	Não Adota	0,0517	0,0728	-1,0446	-0,8115	-0,1005	-0,0782	0,0635
Adota	0,6253	Adota	0,0402	0,0628	1,0010	0,7741	0,0966	0,1135	0,0171
Adota	0,9794	Adota	0,0014	0,0603	0,2107	0,1452	0,0121	0,0315	0,0070

Apêndice D – Carta de apresentação e questionário

(Esta página foi deixada propositalmente em branco).

Prezados Senhores,

O Instituto **COPPEAD** de Administração de Empresas da UFRJ, com o apoio da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (**FBDS**), do Centro de Tecnologia Canavieira (**CTC**) e do Sindicato do Açúcar e Alcool do Estado de Alagoas (**SINDAÇÚCAR-AL**), está realizando uma pesquisa sobre o avanço da mecanização da colheita de cana-de-açúcar face às diferentes características e condições enfrentadas pelas empresas brasileiras nas várias regiões do país.

Os resultados da presente pesquisa possibilitarão um alinhamento cada vez melhor entre as novas tecnologias agrícolas, as políticas públicas e a necessidade real das empresas do setor, a fim de proporcionar o aumento da produtividade com segurança.

Dessa forma, é extremamente importante a participação do maior número possível de grupos produtores, a fim de que se possa identificar e diferenciar as várias demandas existentes nesse setor de tamanha diversidade.

A pesquisa deverá ser respondida pelo **gerente agrícola** ou pelo **responsável pela produção de cana-de-açúcar** para a usina. O questionário preenchido pode ser enviado por correio, através do envelope de retorno que segue em anexo, ou por fax, para o número **(21) 3322-5903**. Alternativamente o questionário em formato WORD® pode ser também baixado do site www.coppeadturma2006.com/pesquisacana/ e enviado por e-mail para o endereço pesquisa.cana@coppeadturma2006.com.

Todas as respostas serão mantidas em **confidencialidade** e **não serão identificadas individualmente**. Os dados receberão tratamento puramente estatístico, analisando-se o setor de forma agregada.

Agradecemos antecipadamente a sua participação e nos colocamos a disposição para o esclarecimento de qualquer dúvida ou questão a respeito da pesquisa.

Atenciosamente,

Rafael Machado Saavedra
Pesquisador do Instituto COPPEAD de Administração – UFRJ
rafael.saavedra@coppeadturma2006.com
pesquisa.cana@coppeadturma2006.com
(21) 8671-2584 / (21) 2598-9809



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO COPPEAD DE ADMINISTRAÇÃO**

**PESQUISA NACIONAL DA MECANIZAÇÃO DA COLHEITA
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

pesquisa.cana@coppeadturma2006.com

Rafael Machado Saavedra
rafael.saavedra@coppeadturma2006.com

Prof. César Gonçalves Neto, D.Sc.
cesar@coppead.ufrj.br

Apoio:



Instituto COPPEAD de Administração
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Caixa Postal 68514
Telefone (21) 2598-9800

ORIENTAÇÕES GERAIS

Este questionário deve ser respondido pelo **gerente agrícola** ou pelo **responsável pela produção de cana-de-açúcar** para a usina, e tem como objetivo ajudar a compreender algumas características de empresas do setor canavieiro brasileiro.

As respostas serão mantidas em **confidencialidade** e **não serão identificadas** individualmente. As informações receberão tratamento estatístico, sendo analisados apenas de forma agregada.

O questionário respondido pode ser enviado por:

- **Correio:** através do envelope de resposta, com selo pago, enviado por correio
- **Fax:** para o número (21) 3322-5903
- **E-mail:** para o endereço pesquisa.cana@coppeadturma2006.com

PARTE 1: CARACTERÍSTICAS DO GERENTE AGRÍCOLA

1. Idade: _____ anos
2. Relação com a empresa:
 Sócio Contratado
3. Grau de escolaridade:
 Sem instrução formal
 1º grau
 2º grau
 3º grau
 Pós-graduação
4. Tipo de formação:
 Tecnológica (engenharia, agronomia, veterinária, etc.)
 Administrativa (administração, economia, contabilidade, etc.)
 Outro: _____
5. Há quantos anos trabalha no setor sucroalcooleiro? _____ anos
6. Há quantos anos ocupa esse cargo na empresa? _____ anos

PARTE 2: CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE AGRÍCOLA

I. Organização e gestão

7. Qual o tipo de controle da sua unidade?
 Ltda. com controle familiar
 Ltda. com controle não familiar
 S/A com capital fechado
 S/A com capital aberto em bolsa
8. Quantos gerentes e diretores há na empresa? _____
9. Quantos desses gerentes/diretores têm formação de base tecnológica (engenharia, agronomia, veterinária, etc.)? _____
10. Quantos desses gerentes/diretores têm formação de base administrativa (administração, economia, contabilidade, etc.)? _____

II. Operação

11. Quantos funcionários permanentes a sua unidade possui? _____ funcionários
12. Quantos desses funcionários possuem ensino superior? _____ funcionários
13. Quantos desses funcionários possuem apenas formação técnica? _____ funcionários
14. Quantos funcionários temporários foram contratados pela sua unidade na última safra (2006/2007)? _____ funcionários
15. Qual a principal origem da mão-de-obra temporária (selecione apenas uma opção)?
- No município No estado Fora do estado

III. Geografia

16. Qual o município em que a sua unidade está localizada? _____
17. Qual a distância aproximada da propriedade à sede do município? _____ km
18. Por favor, indique na tabela abaixo a sua percepção sobre algumas características da sua região em relação à cultura da cana-de-açúcar:

	<i>Desfavorável</i>	<i>Indiferente</i>	<i>Favorável</i>
Tipo de solo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipo de clima	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relevo e declividade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19. Você tem conhecimento de algum acidente ou impacto ambiental isolado (incêndio, poluição do ar, poluição da água, degradação do solo, etc.) ocorrido na região nos últimos 10 anos, em função de problemas com a atividade de queimada?
- Sim Não
20. Em caso positivo, como você classificaria a gravidade ambiental desse acidente?
- Nada grave Pouco grave Grave Muito grave
21. Como você avalia o impacto do acidente para a sua unidade?
- Nenhum impacto Pouco impacto Algum impacto Alto impacto
22. Existe alguma reclamação/reivindicação recorrente, das comunidades vizinhas (poluição do ar, degradação ambiental, etc.), relacionada às atividades de queimada?
- Sim Não
23. Em caso positivo, como você avalia o impacto dessas reivindicações para a sua unidade?
- Nenhum impacto Pouco impacto Algum impacto Alto impacto

IV. Estrutura

24. Qual o tamanho da sua unidade agrícola? _____ ha
25. Qual o percentual de terras próprias? _____ %
26. Qual a área total cultivada (safra 2006/2007)? _____ ha
27. Qual a produção total (safra 2006/2007)? _____ toneladas de cana
28. Por favor, indique a sua percepção sobre as frases abaixo:

	<i>Discordo totalmente</i>	<i>Discordo parcialmente</i>	<i>Concordo parcialmente</i>	<i>Concordo totalmente</i>
As <u>técnicas de plantio</u> atualmente utilizadas por nós são perfeitamente adequadas à mecanização da colheita	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A nossa unidade possui todos os <u>equipamentos</u> necessários para a colheita mecanizada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A nossa equipe domina o <u>conhecimento técnico</u> relativo à mecanização da colheita	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nossas ferramentas de <u>controle gerencial</u> estão totalmente adequadas ao processo de colheita mecanizada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O nosso <u>volume de produção</u> torna economicamente viável a colheita mecanizada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PARTE 3: TECNOLOGIAS

29. Por favor, informe o percentual da produção da unidade agrícola em que foram aplicadas as seguintes técnicas de colheita na última safra (2006/2007):

<i>Técnicas de colheita</i>	<i>Até 25%</i>	<i>25 a 50%</i>	<i>50 a 75%</i>	<i>Mais de 75%</i>
Manual – cana crua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manual – cana queimada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mecanizada – cana crua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mecanizada – cana queimada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

30. Por favor, assinale os tipos de equipamentos utilizados na unidade agrícola

- Colhedeiças
- Caminhões e tratores rebocadores
- Carregadeiras de cana
- Caminhões-tanque (combustível)
- Caminhões-oficina

31. Dos equipamentos utilizados, quantos são de propriedade da unidade agrícola?

- Nenhum
- Menos da metade
- Mais da metade
- Todos

PARTE 4: INVESTIMENTOS E INFRA-ESTRUTURA

As 4 questões a seguir (32, 33, 34 e 35) referem-se aos investimentos realizados em melhorias produtivas nas últimas 3 safras (2004/05, 2005/06 e 2006/07).

32. Qual a participação de capital próprio (proveniente de lucro da operação) dentre os investimentos realizados na unidade?

0% Menos de 50% Mais de 50% 100%

33. A empresa teve acesso a algum programa de crédito específico para projetos agrícolas?

Sim Não

34. A empresa teve acesso a algum programa de crédito específico para projetos com benefícios sócio-ambientais?

Sim Não

35. Quantas linhas de financiamento em aberto a empresa possui? _____ linhas

PARTE 5: CONHECIMENTO E INFORMAÇÃO

36. Quantas horas de palestras e treinamentos técnicos ocorreram na unidade agrícola durante a última safra (2006/07) aproximadamente? _____ h

37. Quantas visitas técnicas de especialistas ocorreram na unidade agrícola durante a última safra (2006/07) aproximadamente? _____ visitas

38. Por favor, indique abaixo a intensidade de uso dos seguintes recursos de comunicação:

	<i>Nenhum Uso</i>	<i>Pouco Uso</i>	<i>Uso Normal</i>	<i>Uso Intensivo</i>
Telefone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fax	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Correio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E-mail	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet (site)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

39. De quantas organizações de produtores (associações, cooperativas, etc) a sua unidade agrícola participa? _____ organizações

40. De quais tipos de organizações de produtores a sua unidade agrícola participa? (selecione todas que se aplicarem)

Cooperativa Associações de produtores (por ex: UNICA)
 Sindicato (por ex: SINDAÇÚCAR) Núcleo de pesquisa (por ex: CTC)
 Outras: _____

MUITO OBRIGADO PELO SEU TEMPO E COOPERAÇÃO!

Desejo receber uma cópia dos resultados consolidados da pesquisa, no seguinte endereço de e-mail: _____

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)