

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA POR ANDRÉ LUIS
FERREIRA E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 13/01/92


ORIENTADOR

DEMANDA E CONSERVAÇÃO DE ÓLEO DIESEL
NA FASE AGRÍCOLA DO PRÁLCOOL

Publicação nº 60/92

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

SCPG-Planejamento de Sistemas Energéticos

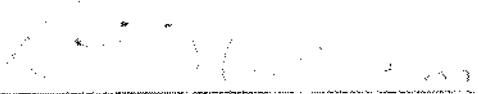
Tese de: MESTRADO

Título da Tese: "Demanda e Conservação de Óleo Diesel na Fase
Agrícola do PROÁLCOOL".

Autor: André Luis Ferreira 444

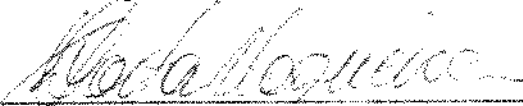
Orientador: Prof.Dr. Sergio Valdir Bajay (*)

Aprovado por

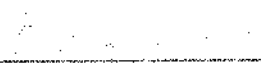


Prof.Dr. Sergio Valdir Bajay

Presidente



Prof.Dr. Luiz Augusto Hortá Nogueira



Prof.Dr. Gil Eduardo Serra

Prof.Dr.

Prof.Dr.

Campinas, 13 de Janeiro de 1992

"A ciência é a arte de criar ilusões adequadas, em que o tolo acredita ou discorda, mas que o Homem sábio aprecia por sua beleza ou ingenuidade, sem por isso esquecer-se do fato de que elas são véus e cortinas humanas, que ocultam a escuridão abissal do desconhecido".

Carl G. Jung

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS.....	v
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 PROÁLCOOL: Novos rumos	1
1.2 Objetivos e estrutura da tese.....	2
CAPÍTULO 2 - AGRICULTURA BRASILEIRA: EVOLUÇÃO RECENTE E DEMANDA DE ENERGIA	5
2.1 O Estado como agente da estratégia de modernização.....	5
2.2 O novos padrões produtivos e a mudança na base energética	7
2.3 Intensidade energética, modificações no emprego rural e desequilíbrios ambientais: diferentes aspectos da mesma questão	13
2.4 O caráter excludente da modernização e os destinatários do óleo diesel.....	16
CAPÍTULO 3: PROÁLCOOL : DO DISCURSO DA RENOVABILIDADE À DEPENDÊNCIA DE UMA FONTE ENERGÉTICA NÃO RENOVÁVEL	24
3.1 Aspectos estruturais da demanda de óleo diesel na fase agrícola do PROÁLCOOL.....	24
3.1.1 Modernização e concentração na agroindústria açucareira.....	25
3.1.1.1 Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira	25
3.1.1.2 PLANALSUCAR	28
3.1.2 O advento do Proálcool e a consolidação do óleo diesel na lavoura canavieira	30
3.2 A Questão Diesel e o papel do PROÁLCOOL no Brasil.....	34
3.2.1 A política energética brasileira frente à "crise" do petróleo	34
3.2.2 Óleo diesel : o combustível "gargalo" da matriz energética.....	37
3.2.3 A tendência ao esgotamento e os impactos ambientais dos combustíveis fósseis.....	30
3.2.4 A importância da conservação e substituição do óleo diesel na fase agrícola do PRÁLCOOL.....	42

Tese de: MESTRADO

Título da Tese: "Demanda e Conservação de Óleo Diesel na Fase
Agrícola do PROÁLCOOL".

Autor: André Luis Ferreira

Orientador: Prof.Dr. Sergio Valdir Bajay

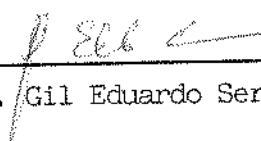
Aprovado por



Prof.Dr. Sergio Valdir Bajay
Presidente



Prof.Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira



Prof.Dr. Gil Eduardo Serra

Prof.Dr.

Prof.Dr.

Campinas, 13 de janeiro de 1992

CAPÍTULO 4 - QUANTIFICAÇÃO DA DEMANDA DE ÓLEO DIESEL NA FASE AGRÍCOLA DO PROÁLCOOL	44
4.1 Caracterização do processo produtivo da cana-de-açúcar	44
4.1.1 O preparo do solo	45
4.1.2 O plantio	49
4.1.3 Os tratos culturais	51
4.1.3.1 Cana-planta	51
4.1.3.2 Cana-soca	51
4.1.4 Colheita	54
4.2 Proposta metodológica	56
4.2.1 Coeficientes técnicos e procedimentos necessários para o cálculo da demanda de combustível	57
4.3 Aplicação da metodologia para a safra 89/90 no Estado de São Paulo	60
4.3.1 Tabela de Detalhamento da Demanda	61
4.3.2 Análise dos resultados obtidos	68
CAPÍTULO 5 - PERSPECTIVAS DE MUDANÇAS NO PERFIL ENERGÉTICO DA LAVOURA CANAVIEIRA	74
5.1 A Adoção de novas práticas culturais e sua influência sobre a demanda de óleo diesel	75
5.1.1 A expansão do cultivo mínimo na reforma do canavial	75
5.1.2 A disseminação da colheita mecanizada	79
5.1.3 Introdução de sistema alternativo de aplicação de vinhaça	81
5.1.4 Modificações nas operações de transporte da cana-de-açúcar	84
5.1.5 As alterações em conjunto e o potencial de conservação	87
5.1.6 A importância da distância lavoura-usina na demanda de óleo diesel	90
5.2 Perspectivas de substituição do óleo diesel na lavoura canavieira	91
5.2.1 As experiências com álcool hidratado na frota canavieira	91
5.2.2 A proposta de utilização do metano obtido na biodigestão da vinhaça	93
5.2.3 Potencial de substituição do óleo diesel na lavoura canavieira	94
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES	97
CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Participação do consumo intermediário (CI) no valor bruto da produção agrícola (VP) - 1939 à 1980	8
Tabela 2: Evolução da frota de tratores e colhedei ras no Brasil	9
Tabela 3: Vendas de tratores por faixa de potência no Brasil	9
Tabela 4: Consumo aparente de fertilizantes e agrotóxicos, em 1000 t	10
Tabela 5: Consumo final de energia na agropecuária, em 1000 tep e em %	11
Tabela 6: Consumo final de óleo diesel por setores, em %	12
Tabela 7: Crédito rural: distribuição do número de contratos e do valor financiado, por classes de produtores, em %	17
Tabela 8: Número de usinas nas safras 70/71 e 75/76, distribuídas pela quantidade de sacos de 60 kg produzidos	27
Tabela 9: Número de usinas e escala média de produção no Estado de São Paulo. Safras 70/71 e 74/75	27
Tabela 10: Área e quantidade colhida de cana-de-açúcar que utiliza insumos químicos no Estado de São Paulo, em % - 1975	29
Tabela 11: Evolução da escala média de produção das usinas e destilarias do Estado de São Paulo, 1975 à 1987	33
Tabela 12: Evolução do preço do petróleo exportado pela OPEP - 1972 à 1980	35
Tabela 13: Evolução do consumo de energia primária no Brasil, em %	36
Tabela 14: Consumo final de derivados de petróleo no Brasil, em %	38
Tabela 15: Detalhamento da demanda de óleo diesel na lavoura canavieira do Estado de São Paulo, na safra 89/90	63
Tabela 16: Consumo de óleo diesel nos tratores utilizados na lavoura canavieira, por operação agrícola	66
Tabela 17: Consumo de óleo diesel nas carregadeiras e colhedei ras utilizadas na lavoura canavieira, por operação agrícola	65
Tabela 18: Consumo de óleo diesel no transporte de cana-de-açúcar	67
Tabela 19: Consumo de óleo diesel nos caminhões de transporte de insumos, por operação agrícola	66
Tabela 20: Consumo de óleo diesel no transporte de trabalhadores da lavoura canavieira	67
Tabela 21: Participação dos caminhões no consumo de óleo diesel da lavoura canavieira, discriminada por aplicação, em %	71
Tabela 22: Participação dos tratores no consumo de óleo diesel da lavoura canavieira, discriminada por tipo de aplicação, em em %	71
Tabela 23: Coeficientes técnicos dos tratores utilizados no cultivo mínimo da cana-de-açúcar	77
Tabela 24: Influência do cultivo mínimo sobre a demanda de óleo diesel na lavoura canavieira	79

Tabela 25: Influência da colheita mecanizada sobre a demanda de óleo diesel na lavoura canavieira	81
Tabela 26: Coeficientes técnicos dos caminhões "RJ" e "TR" no transporte de cana-de-açúcar	86
Tabela 27: Influência dos caminhões "RJ" e "TR" no consumo de óleo diesel da lavoura canavieira	87
Tabela 28: Desempenho comparativo dos caminhões à gás, diesel e álcool nas operações de transporte da lavoura canavieira.....	94

LISTA DE FIGURAS

v

Figura 1: Consumo de óleo diesel e número de estabelecimentos rurais por extrato de área no Brasil - 1980.	20
Figura 2: Consumo de óleo diesel e produção alimentar por extrato de área no Brasil - 1980.	21
Figura 3: Consumo de óleo diesel e produção de cana-de-açúcar por extrato de área no Brasil, 1980	22
Figura 4: Operação de gradagem pré-plantio	47
Figura 5: Construção de terraço embutido	48
Figura 6: Plantio no terraço embutido	48
Figura 7: Operação com subsolador de 04 hastes	49
Figura 8: Operação de sulcação/adubação com implemento de 03 linhas	50
Figura 9: Distribuição de mudas nos sulcos	50
Figura 10: Enleiramento com ancinho rotativo	52
Figura 11: Cultivador de tríplice operação	52
Figura 12: Aplicação de vinhaça com caminhão-tanque	53
Figura 13: Aspersão de vinhaça com canhão hidráulico	54
Figura 14: Operação de carregamento da cana-de-açúcar	55
Figura 15: Corte mecanizado da cana-de-açúcar	56
Figura 16: Consumo de óleo diesel na lavoura canavieira, discriminado por fase do processo produtivo, em %	69
Figura 17: Consumo de óleo diesel na lavoura canavieira, por tipo de equipamento, em %	70
Figura 18: Erradicação mecânica de soqueiras	76
Figura 19: Transporte de cana com caminhão "RJ"	84
Figura 20: Transporte de cana-de-açúcar com caminhão "TR"	85
Figura 21: Potencial de conservação do óleo diesel na fase agrícola do PROÁLCOOL, em (%).....	89

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 PROÁLCOOL: Novos rumos

O novo panorama energético mundial, inaugurado com a crise petrolífera dos anos 70, aliado às crescentes preocupações com os desequilíbrios do ecossistema, tem apontado para a necessidade premente de uma transição para fontes energéticas potencialmente renováveis. Tal necessidade ganha ainda mais legitimidade quando se evita a ênfase exagerada nas visões de curto prazo, permeadas pelo imediatismo, e, se passa a contemplar horizontes temporais mais amplos, onde as gerações futuras são consideradas agentes sociais ativos.

Dadas as características climáticas do Brasil, é natural contar com a possibilidade de utilização da biomassa para fins energéticos, atribuindo-lhe um importante papel entre as fontes potencialmente renováveis. Neste sentido, não se pode negar a importância da produção de álcool etílico no País.

O Programa Nacional do Alcool - PROÁLCOOL -, criado com este propósito, resultou num parque produtivo com capacidade instalada, atualmente, da ordem de 15 bilhões de litros por ano e uma área plantada com cana-de-açúcar próxima de 5 milhões de ha. Tais dimensões o tornaram, a nível mundial, um dos maiores programas de energia alternativa oriunda da biomassa, tendo atraído a atenção e o interesse de várias instituições e pesquisadores, tanto nacionais como internacionais.

Entretanto, se o PROÁLCOOL é normalmente lembrado como um sucesso no que se refere ao cumprimento das metas de produção, quando se atenta para suas condições de produção, os resultados revelam-se bem diferentes. É necessário ter-se em mente que a biomassa também está inserida na realidade agrícola do País e tem efeitos variados e complexos sobre a situação econômica, social, ambiental, alimentar, etc. Além disso, a

despeito das modernas propostas veiculadas à época de sua criação, não se pode esquecer que o PROÁLCOOL foi assentado sobre a agroindústria canavieira, que é uma atividade secularmente marcada por baixas produtividades, elevados custos de produção, excessiva proteção governamental, desrespeito a leis trabalhistas, influentes "lobbies" políticos, etc.

Por isto, não surpreende o fato do PROÁLCOOL ter suscitado, desde o momento de sua criação, inúmeros debates e controvérsias entre os estudiosos da questão energética. Apesar da existência de interesses conflitantes, tem sido denominador comum nos discursos mais recentes, apontar para a necessidade de colocar o programa em uma nova etapa: são reiterados seus aspectos favoráveis como o potencial de renovabilidade e o caráter estratégico, considerando-se imprescindível, no entanto, uma decidida atuação no sentido de eliminar distorções sociais, econômicas e ambientais.

Justamente por constituir-se numa atividade que, historicamente, tem sido privilegiada pelas políticas governamentais, verifica-se nos empresários da agroindústria sucro-alcooleira, com algumas excessões, um comportamento refratário à mudança de orientação do Programa. Assim, as esperanças de que o álcool venha a se tornar, de fato, um substituto adequado do petróleo, devem ser creditadas aos poucos produtores do setor comprometidos com as mudanças e à pressão exercida pela sociedade civil através de seus legítimos canais de manifestação.

1.2 Objetivos e estrutura da tese

No sentido de contribuir para a ampliação do foco das discussões e fornecer subsídios adicionais para uma eventual reformulação do PROÁLCOOL, este trabalho trata da intensidade energética da produção de cana-de-açúcar, particularmente no que se refere à utilização do óleo diesel - o combustível mais problemático da matriz energética nacional.

Objetiva-se fazer uma reflexão crítica a respeito dos padrões produtivos da lavoura canavieira, enfatizando-se sua dependência em relação ao suprimento de óleo diesel, pois ela revela distorções de um programa que foi proposto com uma alternativa energética renovável frente a própria crise petrolífera.

Tem-se como meta, ainda, a elaboração de uma proposta metodológica para a quantificação da demanda de combustíveis na fase agrícola do PROÁLCOOL. Pretende-se, com tal metodologia, realizar simulações no processo produtivo, de forma a avaliar o potencial de conservação e substituição.

A tese está dividida em duas partes e possui um total de 06 capítulos. Seguem abaixo referências sumárias a cada um deles, com o intuito de delimitar o escopo da pesquisa.

No capítulo 2 faz-se um resgate histórico das políticas governamentais para a agricultura, apontando seus desdobramentos em relação ao perfil energético do setor. Enfatiza-se o processo de modernização imposto pelo Estado, a partir da década de 60, pois ele acabou por consolidar um padrão tecnológico fortemente dependente dos derivados de petróleo. Dentro das limitações de uma pesquisa deste gênero, aborda-se a intensidade energética da agricultura sem esquecer sua interdependência com as questões sócio-ambientais.

No capítulo 3 são discutidos os reflexos da política de modernização nas transformações ocorridas no processo produtivo da lavoura canavieira. Desta maneira é feita uma caracterização da base técnica e energética em que foi alicerçado o PROÁLCOOL. As dificuldades com o suprimento de alguns derivados de petróleo e a inserção do álcool na matriz energética nacional também são estudados neste capítulo.

Os capítulos 2 e 3 têm uma importância fundamental, pois possibilitam uma compreensão mais ampla do tema estudado e seu contexto. Esta 1ª parte do trabalho deve apontar os condicionantes estruturais da dependência em relação aos derivados de petróleo, evitando que, na busca de soluções para o problema, se privilegie demasiadamente a situação presente e aspectos conjunturais.

No capítulo 4 é feita uma proposta metodológica para quantificar a demanda de óleo diesel na fase agrícola do PROÁLCOOL. Tal demanda deve ser desagregada a nível de equipamento e operação agrícola, de maneira a permitir simulações no processo produtivo. Uma aplicação da metodologia para o Estado de São Paulo, utilizando dados da safra 89/90, permitirá que se estime o consumo de óleo diesel e se identifique, no processo produtivo, os principais determinantes da demanda.

No capítulo 5 são apresentadas algumas práticas agrícolas que estão sendo incorporadas na lavoura canavieira e, em seguida são estimados os seus respectivos impactos sobre a demanda de óleo diesel. As possibilidades de introdução do álcool hidratado e/ou metano de vinhaça como combustíveis alternativos ao óleo diesel também são avaliadas. Utilizando-se a metodologia proposta no capítulo anterior, faz-se uma estimativa do potencial de conservação e substituição.

Pelo fato de não restringir-se apenas à busca de combustíveis alternativos, mas, abordar o problema também pelo lado da demanda, espera-se que esta 2ª parte do trabalho, constituída pelos capítulos 4 e 5, forneça subsídios importantes na tarefa de desvincular o PROÁLCOOL do suprimento de petróleo.

CAPÍTULO 2

AGRICULTURA BRASILEIRA: EVOLUÇÃO RECENTE E DEMANDA DE ENERGIA

Pretende-se com este capítulo fornecer alguns elementos importantes na caracterização da questão energética na agricultura brasileira. Neste sentido, discute-se os vínculos entre a crescente dependência de combustíveis fósseis e as transformações ocorridas nos processos produtivos agrícolas à partir de meados da década de 60.

A despeito da grande diversidade verificada no perfil energético da agricultura e da importância de seus insumos energéticos indiretos¹, o estudo enfatiza mais fortemente os aspectos relacionados ao consumo direto de óleo diesel na mecanização do processo produtivo. Tal ênfase se justifica em função dos objetivos da dissertação. No entanto, sempre que se fizer necessário, outros energéticos são referenciados a fim de fornecer um panorama geral da evolução do perfil energético da agricultura brasileira.

2.1 O Estado como agente da estratégia de modernização

O início dos anos 60 corresponde à fase final da industrialização pesada no Brasil, onde, as atividades ligadas à petroquímica, siderurgia, material elétrico, etc., já se caracterizavam como um parque industrial montado. À partir de então, a continuidade da expansão industrial passou a exigir um crescimento do mercado interno e, neste sentido, o papel da agricultura passou a ser amplamente discutido, pois, a ela caberia uma fatia considerável deste mercado. No entanto, os vários diagnósticos à respeito do tema indicavam o setor agrícola como um obstáculo à industrialização, visto que ele não poderia se constituir num mercado para a indústria nascente devido ao seu sistema arcaico de produção, que impedia sua vinculação com os demais setores da economia. (Graziano da Silva, 1980)

¹Gastos de energia humana e animal, além do conteúdo energético das máquinas, implementos agrícolas, fertilizantes, defensivos, etc.

Desta forma, iniciou-se no País um processo de modernização da agricultura, através da implementação de um conjunto de políticas pelo Estado. Tais políticas visavam garantir a criação e ampliação de um mercado para as indústrias de bens de produção e insumos básicos para a agricultura², assegurar um fluxo de alimentos para a zona urbana e matéria-prima para a indústria, além de garantir a oferta de produtos qualificados para a exportação. À esse respeito, conclui Manoel(1986, p.30) : *"(...) Percebe-se que a necessidade de modernização da agricultura está intimamente ligada à ampliação dos mercados para o ramo industrial produtor de máquinas, equipamentos e outros insumos modernos para a agricultura. De outro lado, era necessário o aumento da oferta de matérias-primas para a indústria de transformação, especialmente aquele sub-setor que produz bens finais de consumo, assim como a expansão da produção de alimentos de forma a não pressionar o custo de vida urbano e, com isso favorecer a acumulação industrial."*

O Estado colocou-se na origem do impulso da modernização através do seguinte tripé: Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, Sistema Brasileiro de Assistência Técnica e Extensão Rural e o Sistema Nacional de Crédito Rural - SNCR. Estes mecanismos tinham um importante papel na geração, difusão e financiamento do pacote tecnológico destinado a transformar a base produtiva da agricultura.

Dentre estes mecanismos, destaque-se a criação do SNCR como o principal fator na indução do progresso técnico, pois o padrão de financiamento baseado no crédito fortemente subsidiado, com taxas de juros inferiores à inflação, possibilitou a aquisição de tecnologias por parte dos agricultores. *"É através da política de crédito rural que se cria a demanda por insumos modernos e máquinas agrícolas e se favorecem certos setores da produção industrial, através de juros subsidiados, das chamadas linhas especiais de crédito para investimento e da sistemática de obtenção de créditos normais de custeio agropecuário"*(Graziano Neto,1982, p.41). Ainda à respeito do crédito rural, Graziano da Silva (1981, p.100) diz: *"... esse subsídio à aquisição de máquinas e equipamentos agrícolas é condição sine qua non da sua demanda efetiva (...) embora pareça apenas um privilégio do setor agrícola, não deixa de ser um crédito ao consumidor, como tantos financiamentos*

²Tratores, fertilizantes, agrotóxicos, etc.

existentes no País: o Governo paga para que a agricultura ajude a indústria. Mas não a indústria em geral e sim, a grande indústria, o grande capital."

Torna-se claro após estas breves considerações, que a chamada modernização da agricultura está associada às transformações gerais da economia brasileira, ocorridas na década de 60. De fato, a intensificação do emprego de máquinas e insumos está vinculada à constituição de um importante setor industrial produtor de insumos modernos para a agricultura e à montagem, à nível de política de Estado, de um conjunto de instrumentos capazes de viabilizar seu uso por parte dos agricultores. Assim, a modernização se caracteriza como um processo induzido, tornando-se possível somente através da intervenção governamental. Em decorrência deste processo, verifica-se que, "*(...) por volta de 1970, praticamente metade da produção agropecuária e florestal era de interesse imediato dos setores demandantes de matérias-primas (as agroindústrias) e praticamente metade das condições de produção agrícola dependiam dos subsetores da indústria para a agricultura*"(Muller,1989,p.127). É evidente que tal fenômeno conecta a agricultura com a indústria de máquinas e insumos.

Do que foi exposto nesta seção e tendo em vista o escopo desta dissertação, importa salientar que, para alcançar os objetivos da modernização, foram impostas transformações radicais nos métodos de cultivo e trabalho que predominavam na agricultura até então.

2.2 O novos padrões produtivos e a mudança na base energética

Até meados da década de 60, a tecnologia agrícola utilizada na maior parte do País ainda era rudimentar e a proporção dos estabelecimentos rurais que utilizavam insumos de origem industrial era bastante pequena. A utilização de técnicas agrícolas tradicionais até então, permitia que a agricultura produzisse os próprios meios de produção de que necessitava e os bens de consumo final.

Entretanto, com a modernização, a própria produção agropecuária "*(..) cria a necessidade de uma verdadeira produção para a produção, que são os insumos, as máquinas, as construções, etc.*"(Graziano da Silva,1987,p.18). Assim, a agricultura passou gradativamente à uma situação de integração com vários ramos industriais e de serviços que

executam a maior parte do que antes era feito em suas unidades produtoras³. Com esta mudança nas relações entre a agricultura e a indústria, o processo produtivo tornou-se cada vez mais intensivo em recursos externos aos ecossistemas agrícolas, em detrimento dos recursos locais. Desta maneira, verificou-se uma crescente substituição de elementos produzidos internamente pela agricultura, por compras extra-setoriais, tais como máquinas, fertilizantes, defensivos, embalagens, rações, etc. Este processo pode ser confirmado pela elevação no consumo intermediário, como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Participação do consumo intermediário (CI) no valor bruto da produção agrícola (VP) - 1939 à 1980

	1939	1949	1959	1965	1970	1975	1980
CI/VP (%)	10,0	11,0	14,3	21,5	27,6	34,4	38,7
Crescimento anual (%)	1,0	2,7	7,0	5,7	4,5	2,4	----

Fonte: (Graziano da Silva, 1987)

Este aumento na participação do consumo intermediário no valor bruto da produção deu-se, basicamente, pela crescente dependência de insumos industriais, indicando modificações profundas na base técnica da produção. Tais modificações foram orientadas para uma mecanização progressiva do processo produtivo - tratores, pulverizadores, etc. - e a utilização crescente de insumos químicos - fertilizantes e agrotóxicos.

O emprego de tratores, fertilizantes químicos e agrotóxicos caracteriza-se, portanto, como uma medida altamente reveladora do grau de modernização do campo.

Conforme pode-se observar na tabela 2, a frota de tratores na agropecuária cresceu rapidamente à partir da década de 50, quando o fornecimento era feito via importações. No entanto, é à partir dos anos 60, com a produção nacional e o incentivo do crédito rural, que o crescimento foi acelerado. A mesma evolução verificou-se para as colhedadeiras.

³Consultar Delgado(1985) e Muller(1989).

Tabela 2: Evolução da frota de tratores e colhedeiças no Brasil

Anos	Tratores	Colhedeiças
1940	3377	----
1950	8372	----
1960	61324	----
1970	165870	72104
1975	323113	84707
1980	530691	119076
1985	652049	(*)

(*) Dado não disponível

Fonte: FIBGE - Censo Agropecuário - 1985

Uma característica marcante da mecanização agrícola no Brasil foi o aumento gradativo da potência média da frota de tratores, evidenciando uma tendência à utilização de tratores de maior porte, como mostra a tabela 3.

O aumento verificado na potência média da frota de tratores foi resultado do incentivo dado às culturas extensivas no contexto da modernização e à própria estrutura agrária do País, caracterizada por grandes propriedades⁴.

Tabela 3: Vendas de tratores por faixa de potência no Brasil

Potência (CV)	1970 (%)	1975 (%)	1980 (%)	1984 (%)
9 à 50	3685 (25,9)	10773 (19,1)	4340 (9,0)	2049 (5,1)
61 à 100	9913 (69,8)	37201 (66,3)	36189 (75,3)	31474 (78,2)
Acima de 100	614 (4,3)	8185 (14,6)	7505 (15,7)	6694 (16,7)
Potência média	59,5	67,1	71,5	79,2

Fonte: Elaborada pelo autor à partir de dados da ANFAVEA

⁴É importante lembrar também que as facilidades para a aquisição de equipamentos, propiciadas pelo crédito barato na década de 70, facilitava ao agricultor adquirir tratores com potência acima daquela necessária em sua propriedade.

Da mesma forma que ocorreu com a utilização de máquinas agrícolas, nas décadas de 60 e 70 aumentou significativamente o consumo de agrotóxicos e fertilizantes químicos, conforme pode ser observado através da tabela 4.

Tabela 4 Consumo aparente de fertilizantes e agrotóxicos, em 1000 t

PRODUTOS	1964	1979	Variação (%)
Adubos nitrogenados	240,3	3050,6	1169,4
Adubos fosfatados,	544,7	6441,7	1045,8
Adubos potássicos	115,2	2599,9	2156,9
Total de fertilizantes	900,2	12092,2	1243,2
Inseticidas	12,6	41,9	233,6
Fungicidas	3,3	22,4	584,5
Herbicidas	0,4	20,1	5414,2
Total de agrotóxicos	16,3	84,4	421,2

Fonte: (Ferrari,1985)

As alterações na base técnica da agricultura representaram um marco importante na evolução de seu perfil energético, tanto no que se refere às formas de energia utilizadas quanto às quantidades demandadas.

A característica energética básica da modernização dos processos produtivos na agropecuária foi a introdução, em grande escala, dos derivados de petróleo, de duas maneiras: sob a forma indireta, incorporados em insumos como fertilizantes químicos, agrotóxicos, máquinas, etc.⁵ e; sob a forma direta de produtos do refino de petróleo, como GLP, gasolina e, principalmente, óleo diesel como combustível de máquinas agrícolas. Desta maneira, "(...) verificou-se um movimento claro em que fontes energéticas comerciais e não-renováveis, especialmente os combustíveis fósseis, passaram a deslocar as fontes que

⁵A análise do conteúdo energético dos insumos utilizados na agricultura não faz parte dos objetivos desta dissertação. No entanto, é necessário destacar a importância deste aspecto na questão energética do meio rural, pois o processo produtivo de insumos como fertilizantes químicos, agrotóxicos, etc., caracteriza-se por uma alta densidade energética. A esse respeito, consultar Pimentel (1980), Besnosik (1984) e Castanho Filho (1983).

predominavam anteriormente e que eram em boa parte não comerciais e baseadas em recursos naturais renováveis"(Besnosik, 1984). A tabela 5 mostra a modificação no perfil energético da agropecuária brasileira.

Um aspecto importante a ressaltar na evolução do consumo de energia é o rápido declínio da lenha - um recurso local - e o crescimento acelerado na utilização de recursos energéticos supridos à partir de sistemas centralizados, externos ao ambiente agrícola, como é o caso da eletricidade e, principalmente, do óleo diesel. Aliás, a elevação no consumo deste derivado de petróleo revelou-se um processo mais intenso do que o ocorrido nas outras esferas produtivas do País, como mostra a tabela 6.

Tabela 5 Consumo final de energia na agropecuária, em 1000 tep e em %

Anos	Lenha	Eletricidade	Diesel	Outros	Total
1970	4839 (90,6)	92 (1,7)	383 (7,2)	30 (0,6)	5344
1972	4468 (83,4)	130 (2,4)	694 (13,0)	63 (1,2)	5335
1974	4131 (76,1)	190 (3,5)	1010 (18,6)	99 (1,8)	5430
1976	3856 (69,8)	252 (5,4)	1297 (23,5)	117 (2,1)	5522
1978	3549 (63,8)	387 (7,0)	1496 (26,9)	127 (2,3)	5559
1980	3191 (52,5)	591 (9,7)	2174 (35,7)	126 (2,1)	6082
1982	3160 (50,9)	800 (12,9)	2199 (35,4)	52 (0,8)	6211
1984	2765 (44,3)	1112 (17,8)	2336 (37,4)	35 (0,6)	6248
1986	2540 (36,5)	1451 (20,8)	2943 (42,2)	34 (0,5)	6968
1988	2526 (32,6)	1813 (23,4)	3383 (43,6)	34 (0,4)	7756

(*) Carvão vegetal, querosene e óleo combustível

Fonte: Balanço Energético Nacional - 1989

Tabela 6 Consumo final de óleo diesel por setores, em %

Anos	Transporte	Agropecuária	Indústria	Outros
1970	84,4	6,9	5,8	2,9
1972	81,6	10,4	4,8	3,2
1974	81,6	11,5	3,8	3,1
1976	82,5	11,4	3,5	2,6
1978	83,6	11,2	3,0	2,2
1980	80,8	14,1	2,4	2,7
1982	81,2	14,2	2,0	2,6
1984	80,9	14,9	1,6	2,6
1986	80,2	15,9	1,4	2,5
1988	79,4	16,8	1,6	2,2

(*) Comercial, energético e público

Fonte: Balanço Energético Nacional - 1989

Note-se que o consumo de óleo diesel no setor agropecuário apresentou um crescimento superior à 700% no período 1970/1988, tornando as atividades desenvolvidas no meio rural responsáveis pela sexta parte de todo o consumo deste combustível no ano de 1988. É necessário acrescentar, ainda, a utilização crescente de óleo diesel no transporte de insumos, pois, conforme salientou-se anteriormente, o processo produtivo passou a depender cada vez mais de recursos externos ao meio ambiente agrícola.

Assim, Tiezzi (1988, p.148) parece estar com a razão ao afirmar que "(...) a agricultura não só desempenha cada vez menos o papel de capturadora de energia, como, ao contrário, contribui para o processo irreversível de diminuição dos recursos energéticos não-renováveis, deslocando progressivamente seu peso do prato positivo para o prato negativo da balança energética".

2.3 Intensidade energética, modificações no emprego rural e desequilíbrios ambientais: diferentes aspectos da mesma questão

A mudança verificada nas relações entre agricultura e energia não pode ser encarada isoladamente dos problemas ambientais e das alterações - qualitativas e quantitativas - ocorridas no emprego rural, decorrentes do processo de modernização. A decisão pela transformação da base técnica através de um pacote tecnológico desenvolvido nos países industrializados já trazia implícita os estreitos vínculos entre estas questões. Neste sentido, cabe lembrar que a aceleração do processo de modernização da agricultura brasileira ocorreu numa época em que as modernas tecnologias agrícolas, utilizadas naqueles países, seguiam os princípios técnicos da chamada "*Revolução Verde*". Trata-se de um modelo desenvolvido para agricultura de clima temperado, com baixa utilização de mão-de-obra, ampla necessidade de capital, profundamente dependente da pesquisa e produção de variedades híbridas de alta produtividade, intensivo em combustíveis fósseis e orientado para a produção especializada - a monocultura.

Assim, a opção energética na agricultura já havia sido feita a priori, fora do País, e, de certa forma, ela se constituía em parte integrante das "tecnologias modernas". A disponibilidade de combustíveis fósseis, particularmente o petróleo, constituiu-se no elemento viabilizador dos novos padrões produtivos, pois permitiu a introdução das inovações mecânicas e químicas na agricultura, além de garantir o transporte crescente de insumos e produtos.

Em linhas gerais, as inovações mecânicas tem como objetivo principal a elevação da produtividade do trabalho através da substituição de mão-de-obra por maquinaria, enquanto as inovações químicas destinam-se a elevar a produtividade da terra, como é o caso dos fertilizantes, inseticidas, fungicidas, etc. Em algumas situações, as inovações químicas também elevam a produtividade do trabalho, como é o caso dos herbicidas que substituem a capina manual no controle de ervas-daninhas (Graziano da Silva, 1981).

O objetivo explícito da implantação deste modelo no País era o de aumentar a produção via aumento da produtividade⁶. Na medida em que se negligenciou que as condições sócio-econômicas, culturais e ecológicas do Brasil são bastante distintas de onde este modelo é originário, os efeitos perversos se fizeram sentir em larga escala.

A mecanização acelerada reduziu substancialmente o crescimento do emprego rural e, tendo em vista que a mão-de-obra no campo ainda é fator abundante no Brasil, verificou-se um intenso movimento migratório rural-urbano. Convém destacar, ainda, que este processo não atingiu todas as etapas dos ciclos produtivos das principais culturas, tendo se concentrado nas fases de preparo do solo e tratos culturais, o que teve uma implicação fundamental na elevada sazonalidade do emprego agrícola, especialmente nas regiões mais modernas, como é o caso do Estado de São Paulo. Em função destas transformações, o homem do campo se tornou um itinerante. Parte da população expulsa da agricultura dirigiu-se aos centros industriais, engrossando a grande massa urbana em condições miseráveis. A outra parte se fixou na periferia de pequenos centros próximos às áreas de culturas comerciais, ficando na dependência das mesmas e oferecendo-lhes seu trabalho como bóias-frias⁷.

Apesar de não se caracterizar como um fenômeno recente⁸, a crescente degeneração dos solos ocorrida nas últimas décadas é amplamente reconhecida, tendo inclusive suscitado inúmeras pesquisas e discussões a respeito de técnicas de conservação. O manejo inadequado do solo é apontado como o principal fator a explicar a enorme quantidade de terra, nutrientes e agrotóxicos arrastados anualmente pelas águas, empobrecendo as áreas de cultivo e poluindo os recursos hídricos⁹. Deve-se acrescentar, ainda, que o tráfego intenso de máquinas pesadas nas áreas de lavoura favorecem a compactação do solo, o que acentua a erosão. O endurecimento da camada cultivável impede a absorção de água, tornando-a

⁶Os baixos índices de produtividade eram atribuídos, pelas autoridades governamentais, à persistência na utilização de técnicas agrícolas "obsoletas". Tanto o aumento da produção como o aumento dos índices de produtividade eram condicionados à transformação da agricultura tradicional, à ser obtida através de mudanças nos processos produtivos e no uso intensivo das tecnologias modernas. O que caracterizava o discurso dos formuladores das políticas dirigidas para a agricultura era a idéia de que o desenvolvimento e o bem-estar social no espaço rural brasileiro dependem fundamentalmente da transformação de sua base técnica. Consultar Contador (1985) e Santos (1988).

⁷Um estudo aprofundado do tema pode ser encontrado em (D'Incao e Mello, 1977).

⁸O primeiro trabalho que tratou do tema no Brasil foi publicado em 1951. Citado por Fernandes (1985).

⁹Consultar (Primavesi, 1979) e (Galetti, 1984).

suscetível de movimentar-se livremente na superfície, conforme a condição de inclinação do terreno¹⁰ (Fernandes, 1985).

Não obstante os problemas associados à mecanização serem por si só, preocupantes, à eles são acrescidos os efeitos "colaterais" da monocultura. Diversos autores têm alertado para os desequilíbrios causados por esta prática, onde se destaca o descontrole das pragas, que acaba levando os agricultores a intensificar o uso de agrotóxicos, acarretando novos desequilíbrios, como a contaminação de trabalhadores¹¹, dos alimentos e dos recursos hídricos. *"Ao reduzir a diversidade e ao colocar juntas, a curta distância, plantas de uma mesma espécie e em extensas áreas, o homem favorece a reprodução e a sobrevivência de certos herbívoros, os quais, na presença de poucos competidores e inimigos naturais, vêm a constituir populações numerosas, passando a ser considerados pragas. (...) Os agricultores recorrem aos produtos químicos, reduzindo ainda mais a estabilidade do sistema pela morte dos inimigos naturais e fazendo com que novas erupções de pragas voltem a ocorrer com maior intensidade"* (Graziano Neto, 1982, p.102). O autor mostra, ainda, que, entre 1958 e 1976, o número de pragas que atacam nossa cultura aumentou 207%, numa razão de 22 novas pragas por ano.

Os desequilíbrios sócio-ambientais da agricultura brasileira já foram amplamente debatidos por pesquisadores, entidades representativas dos trabalhadores rurais e ativistas ligados à movimentos ecológicos, de maneira que existe, hoje, um número razoável de publicações dedicadas ao tema. No entanto, a maioria dos estudiosos da questão energética não tem dado a devida importância a tais distorções, isolando, equivocadamente, a energia do contexto no qual ela se insere.

A estreita relação entre a intensidade energética e os problemas sócio-ambientais é exposta por Tiezzi(1988,p.168-169): *"Todos os capitais são investidos e concentrados em grandes unidades com tecnologias caras e energívoras: é a opção do tipo capital intensive e*

¹⁰Pesquisas do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR - indicam que nas lavouras de soja e trigo, plantadas em solos argilosos pelo sistema convencional, as perdas anuais pelas enxurradas atingem 144 t/ha.ano, o que corresponde a mais de 1 cm da camada de solo perdido, por hectare durante o ano. Para todo o Brasil, segundo o Instituto Agrônomo de Campinas - IAC - a perda média é de 25 t/ha.ano, correspondendo a um total de 1 bilhão de toneladas de solo perdidas anualmente.

¹¹Segundo a Organização Mundial da Saúde, a cada hora e meia morre uma pessoa no Terceiro Mundo intoxicada por agrotóxicos, num total de 16 por dia. No Brasil não existem estatísticas disponíveis a nível nacional, e, em muitos Estados não há nenhuma espécie de registro. Dados referentes ao Paraná indicam a morte de 100 agricultores entre 1982 e 1984. no Rio Grande do Sul, as estatísticas da Secretaria da Saúde apontam 17 óbitos e 196 intoxicações em 1984. Maiores detalhes podem ser encontrados em (Ferrari, 1985).

energy intensive, que leva necessariamente à inflação, ao desemprego e à destruição da natureza. Assim, o processo produtivo em ato devora cada vez mais capital, recursos e energia, causa cada vez mais prejuízo ao meio ambiente e à saúde e incorpora cada vez menos trabalho às mercadorias".

À esta altura, já ficou claro de que maneira as atividades agrícolas tornaram-se progressivamente dependentes dos combustíveis fósseis e, quais os vínculos entre esta dependência e algumas questões de cunho sócio-ambientais. A seção que segue discute a parcialidade destas transformações, com o intuito de mostrar os segmentos da agricultura onde tais transformações foram mais acentuadas.

2.4 O caráter excludente da modernização e os destinatários do óleo diesel

A modernização agrícola, longe de se caracterizar como um processo homogêneo, realizou-se com intensa diferenciação e exclusão de grupos sociais, regiões econômicas e atividades produtivas¹². É evidente, portanto, que a distribuição de óleo diesel no meio rural também não se caracteriza por sua homogeneidade, mas, pelo contrário, seu caráter marcante é o consumo concentrado nos segmentos privilegiados pelas políticas do Estado. A análise da distribuição do crédito rural no Brasil é a melhor maneira de especificar estes segmentos, pois o crédito está estreitamente vinculado à utilização de máquinas agrícolas.

A tabela 7 apresenta a distribuição percentual do número de contratos e do valor financiado do crédito rural em três classes de produtores: pequenos, médios e grandes. Os dados referem-se aos primeiros 10 anos de funcionamento do SNCR, constituindo-se, portanto, num excelente sinalizador do impulso da modernização.

¹²Estudando o assunto, Manoel (1986, p.34-35) afirma que "(...) o Estado é parte integrante da sociedade e, neste sentido, responde às variadas pressões exercidas por grupos ou classes que possuem poder ou se articulam mais diretamente com os formuladores e/ou executores da política governamental." Isto explica o fato das políticas governamentais não serem neutras com relação à estrutura produtiva da economia.

Tabela 7 Crédito rural: distribuição do número de contratos e do valor financiado, por classes de produtores, em %

ANOS	PEQUENOS(1)		MÉDIOS(2)		GRANDES(3)	
	Contratos	Valor	Contratos	Valor	Contratos	Valor
1966	90,05	34,13	9,51	45,60	0,44	20,27
1968	87,27	31,07	12,22	49,72	0,51	19,21
1970	85,91	27,57	13,25	47,16	0,84	25,27
1972	83,56	20,69	14,92	42,17	1,52	37,14
1974	76,61	15,12	20,88	37,43	2,51	47,45
1976	73,73	11,38	22,93	35,09	3,34	53,53

(1): Contratos até 50 salários mínimos.

(1): Contratos até 50 salários mínimos.

(1): Contratos até 50 salários mínimos.

Fonte: Comissão Coordenadora da Política Nacional de Crédito Rural
Citado em (Manoel, 1986, p.43)

Os dados mostram com muita nitidez que os grandes mutuários se apropriaram da maior parcela do montante de recursos financiados pelo SNCR. Se em 1966 a distribuição já se mostrava desigual, com o passar dos anos ela se acentuou e, em 1976, os grandes produtores se beneficiaram de mais da metade do valor financiado, restando aos pequenos produtores menos de 12% dos recursos.

Entre os Estados e regiões as distorções também são significativas; basta confrontar a parcela de crédito recebido com a participação relativa na produção para cada Estado da federação. Segundo dados da FGV/RJ¹³, em São Paulo a relação da porcentagem de crédito recebido com a respectiva contribuição percentual para o valor de produção nacional é de 2,2. Esta relação é de 1,3 no Paraná; 0,94 no Rio Grande do Sul; 1,0 em Minas Gerais, até chegar em 0,23 no Ceará e 0,07 no Maranhão. É evidente, portanto, que a modernização vem ocorrendo com maior intensidade nas regiões Sul e Sudeste do País. Os dados referentes à tratorização da agricultura confirmam as distorções: 71,53% da frota nacional de tratores concentram-se nos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais, apesar

¹³Citado por Graziano Neto (1982, p.47)

de representarem apenas 4,95% dos estabelecimentos rurais do País (FIBGE, 1980). Saliente-se, ainda, que, em 1980, apenas 7,0% dos estabelecimentos rurais do País dispunham de tratores.

Quanto à distribuição do crédito rural por atividades produtivas, Guedes Pinto (1980,p.28) afirma que, na década de 70, *"(...) 5 produtos (café, soja, cana, algodão e trigo) têm recebido em torno de 60% do crédito e participado com 33% do valor da produção, de outro lado, 3 produtos (feijão, mandioca e milho), apesar de contribuírem com 25 à 35% do valor do produto agrícola, recebem apenas 12% do crédito rural! (..) não é difícil perceber que há uma correlação muito grande entre o tipo de produtor e de produto que são mais beneficiados pela política de crédito rural: os grandes produtores, os mais capitalizados, são justamente aqueles que se dedicam em maior escala ao cultivo dos produtos mais aquinhoados - café, cana, soja."* É evidente, portanto, que os produtos destinados à exportação e ao processamento industrial foram os mais beneficiados, enquadrando-se nos objetivos da modernização¹⁴.

Diante do que foi exposto, é inegável que a modernização da agricultura caracterizou-se por sua parcialidade, restringindo-se a determinados produtos, regiões e tipos de produtores. São justamente nestes "bolsões modernizados" que a mecanização e quimificação dos proces- produtivos ocorreram mais intensamente. Obviamente, o perfil energético da agricultura também apresenta tais características, particularmente no que concerne à utilização de óleo diesel. Neste sentido, para efeito de confirmação, convém verificar onde se concentra a demanda deste combustível na agricultura brasileira.

De início, é preciso destacar que o quadro de contabilidade adotado pelo Ministério das Minas e Energia, publicado anualmente no Balanço Energético Nacional - B.E.N.- impõe um sério limite às possibilidades de descrever a situação energética da agricultura de maneira Ele sugere uma homogeneidade que está muito longe de ser verdadeira, pois as explorações agrícolas podem ser diferenciadas segundo uma ampla variedade de critérios, tais como o tipo de cultura, pessoas ocupadas, dimensão das propriedades, etc. Em função desta limitação, o

¹⁴A estratégia governamental para a agricultura estava em sintonia com um processo mais amplo de crescimento econômico, onde a produção para o mercado externo era vista como o condicionamento básico do desenvolvimento. Neste sentido, as palavras de Antonio Delfim Netto, um dos principais responsáveis pela política econômica dos governos pós-64, é esclarecedora: *"Da mesma forma que na década de 60 o herói nacional foi aquele que substituiu importações, na década de 70, o herói é aquele que for capaz de exportar. Não há saída para esse processo. (...) Ou exportamos ou vamos parar de crescer."* (Sodré, 1987, p.128)

BEN não se presta à abordagem aqui adotada, pois os dados por ele fornecidos são demasiadamente agregados.

O Censo Agropecuário, publicado quinquenalmente pela FIBGE, fornece, por sua vez, o consumo de óleo diesel segundo a dimensão das propriedades. No entanto, no que diz respeito às atividades produtivas, pessoas ocupadas, etc., é necessário fazer uma reordenação das informações.

Este rearranjo nos dados do Censo Agropecuário foi efetuada, resultando nos gráficos apresentados a seguir. As informações referem-se ao ano de 1980, pois os dados de 1985 ainda não foram divulgados integralmente, dispondo-se apenas da sinopse preliminar do Censo de 1985 que, por ser incompleto, não permite a análise aqui realizada.

A figura.1 mostra a participação percentual do consumo de óleo diesel e do número de estabelecimentos rurais existentes no País, por extrato de área. É notória e inegável a extrema desigualdade existente na apropriação deste combustível. Não obstante os estabelecimentos com área até 50 ha representarem mais de 80% do total existente em todo o território brasileiro, eles são responsáveis por apenas 15,2% do óleo diesel consumido na agricultura. Esta desigualdade se deve, por um lado à inadequação tecnológica da mecanização de propriedades pequenas, pois a escala em que devem operar as máquinas é grande e, por outro lado, à injusta distribuição do crédito rural, que privilegiou os grandes proprietários. Basta dizer que, segundo o Censo Agropecuário de 1980, nos estabelecimentos com área inferior á 10 ha o uso de força mecânica limita-se á 15,71% do total, a utilização da força animal atinge 24,56% e, nos demais utiliza-se exclusivamente a força humana através de enxada, facão, foice, etc. É importante lembrar que neste extrato de área encontra-se metade dos estabelecimentos rurais do País.

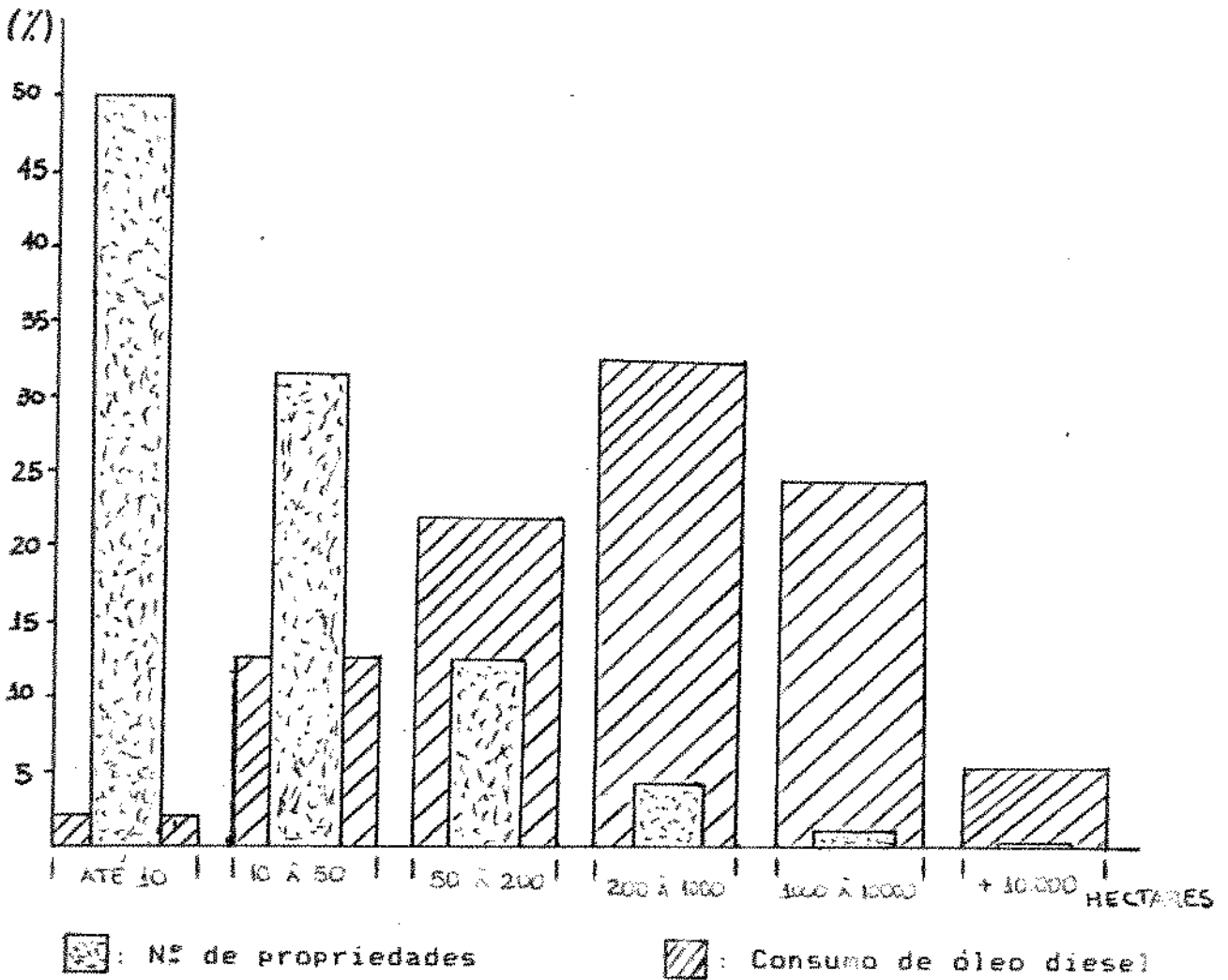


Figura 1 Consumo de óleo diesel e número de estabelecimentos rurais por extrato de área no Brasil - 1980.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da FIBGE.

O baixo nível de mecanização, e o conseqüente consumo reduzido de óleo diesel, não significam que as atividades produtivas desenvolvidas nas propriedades menores tenham pouco importância no conjunto da agricultura. A figura 2 mostra, por extrato de área, a produção dos principais alimentos básicos¹⁵ destinados ao mercado interno e o consumo de óleo diesel.

¹⁵Arroz, feijão, milho, mandioca e batata.

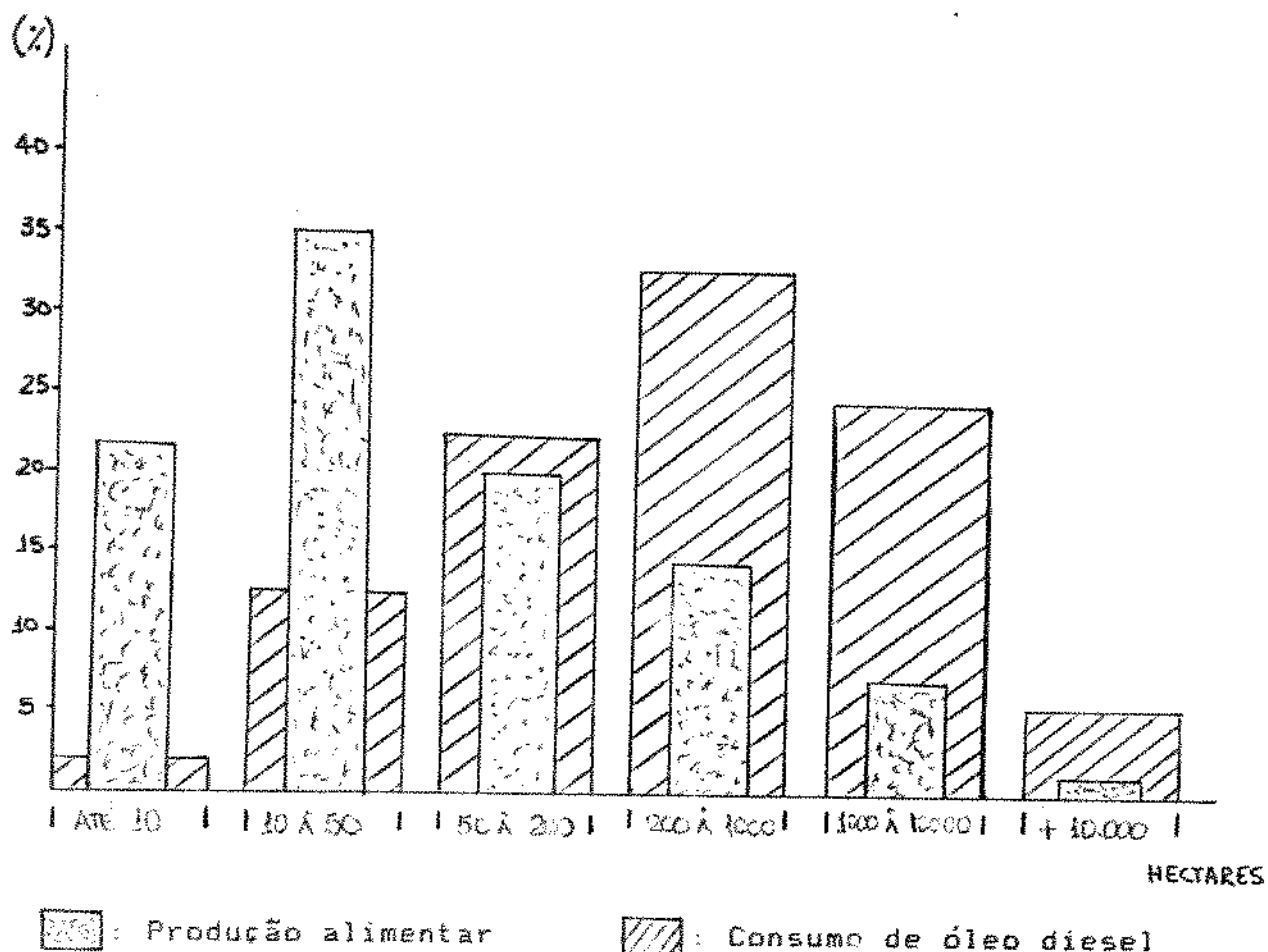


Figura 2 Consumo de óleo diesel e produção alimentar por extrato de área no Brasil - 1980.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da FIBGE.

Note-se que a utilização do combustível é bem mais intensa justamente naqueles extratos de área onde a produção alimentar é menor. Enquanto as propriedades menores que 50 ha¹⁶ produziram quase 60% daqueles alimentos e consumiram 15,2% do óleo diesel destinado à agricultura, nos extratos de área acima de 1000 ha este consumo dobra e a produção alimentar reduz-se à apenas 8,1% do total.

É evidente, portanto, que a introdução maciça de óleo diesel destinou-se à viabilizar a modernização das lavouras de exportação e/ou industrializáveis. Assim, não surpreende o

¹⁶Estas propriedades aglutinam quase 70% da força de trabalho empregada na agricultura e, ainda retém 83% da mão-de-obra familiar não remunerada.

fato da produção de cana-de-açúcar, nos diferentes extratos de área, acompanhar o consumo de óleo diesel, como ilustra a figura 3

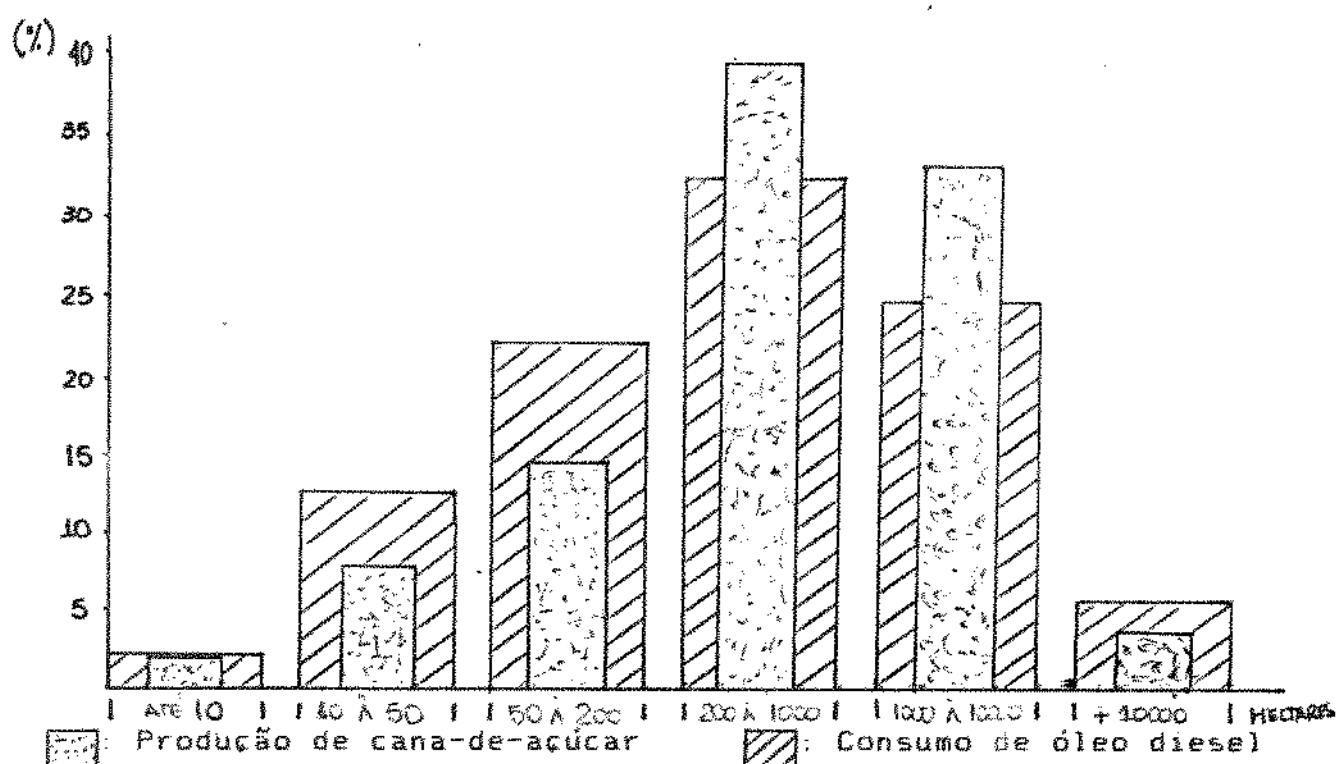


Figura 3 Consumo de óleo diesel e produção de cana-de-açúcar por extrato de área no Brasil, 1980

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da FIBGE

Em função dos desequilíbrios existentes na agricultura brasileira, é evidente que não faz sentido falar da "questão energética" de um modo genérico. De um lado, há uma vasta maioria de pequenos produtores, de nível tecnológico muito baixo que, entretanto, ainda são responsáveis por grande parte do abastecimento alimentar interno, assim como pela maior parte do emprego rural no País. De outro lado, há um segmento modernizado, cujos

processos produtivos baseiam-se num padrão tecnológico intensivo em capital e energia. É à este último segmento que se está referindo quando se discute a utilização de óleo diesel na fase agrícola do PROÁLCOOL.

CAPÍTULO 3

PROÁLCOOL : DO DISCURSO DA RENOVABILIDADE À DEPENDÊNCIA DE UMA FONTE ENERGÉTICA NÃO RENOVÁVEL

Apesar do álcool etílico ter sido proposto como uma alternativa energética renovável frente à crise petrolífera da década de 70, este capítulo levanta alguns aspectos que apontam na direção de uma intensa utilização de óleo diesel na lavoura canavieira.

Nesta etapa do trabalho não se pretende quantificar o consumo deste combustível, mas sim, discutir os fatores estruturais que o revelam e condicionam. Tenciona-se mostrar ainda que ao reforçar tais fatores, tanto no momento de sua criação como durante seu desenvolvimento posterior, o PROÁLCOOL acabou por evidenciar uma profunda incoerência: a produção e o transporte da matéria-prima dependem do óleo diesel como principal insumo energético. Justamente o derivado de petróleo mais problemático da matriz energética nacional.

3.1 Aspectos estruturais da demanda de óleo diesel na fase agrícola do PROÁLCOOL

No sentido de caracterizar o movimento através do qual a oferta de matéria-prima para a produção de açúcar e álcool tornou-se crescentemente dependente da utilização dos derivados de petróleo, especialmente o óleo diesel, é importante resgatar alguns aspectos históricos ligados à agroindústria canavieira do Brasil à partir dos anos 60. O aumento na escala média de produção das usinas e a adoção de tecnologias agrícolas modernas, incentivadas pelas políticas governamentais desde então, acabariam por definir com antecedência a elevada intensidade energética que caracteriza, atualmente, a produção e o transporte de cana-de-açúcar para as unidades industriais ligadas ao PROÁLCOOL.

3.1.1 Modernização e concentração na agroindústria açucareira

Desde a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool - IAA¹ - quando toma corpo um conjunto de mecanismos que passa a orientar e condicionar as atividades da agroindústria canavieira, até a década de 60, a produção de açúcar no Brasil destinava-se prioritariamente ao mercado nacional. O alto custo do açúcar brasileiro em relação ao dos demais países produtores impossibilitava a exportação do produto, à menos que o governo arcasse com a diferença entre o custo interno de produção e os preços vigentes no mercado internacional².

Estes princípios orientadores do planejamento na agroindústria canavieira sofreriam profundas alterações no decorrer dos anos 60. Os mercados externos que, até então, funcionavam como um instrumento subsidiário e complementar do escoamento das safras, ganham significado na economia açucareira nacional, pois o fomento das exportações se torna, nesta época, um dos principais elementos da estratégia de desenvolvimento instaurada no País.

Tendo em vista a necessidade de aumentar a competitividade do açúcar no exterior, de modo a viabilizar sua exportação, o obsoletismo e a baixa rentabilidade da produção agrícola e industrial passou a se constituir na principal preocupação do IAA. Este aumento de produtividade era visto como dependente da dimensão e do aproveitamento da capacidade, além do grau de eficiência do sistema produtivo. Assim, uma política de concentração e modernização do setor é levada a efeito (Manoel, 1986). Dentre os programas criados com o intuito de concretizar a nova política preconizada, destacam-se o Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira e o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar - PLANALSUCAR - criados em 1971.

3.1.1.1 Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira

O Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira, criado pelo decreto-lei nº 1186 de 17/08/71, tencionava dar aos usineiros as condições necessárias para atingir

¹Decreto nº 22789 de 01/06/1933.

²Procurando beneficiar os produtores, o IAA em diversas ocasiões acumulou pesados prejuízos com a exportação de açúcar. À esse respeito, consultar Szmeccsányi (1979).

maiores índices de produtividade e redução nos custos médios de produção. De acordo com o pressuposto da existência de economias de escala na produção de açúcar e álcool, estes objetivos deveriam ser atingidos através da concentração empresarial, via absorção de cotas de outras usinas e fornecedores. Convém lembrar que o diagnóstico oficial relacionava a baixa rentabilidade física industrial³ ao elevado número de usinas de pequeno porte existente na época (Manoel,1986). A principal medida era a concessão de estímulos fiscais e financeiros à fusão, incorporação e realocização de unidades industriais, bem como o financiamento aos fornecedores que incorporassem novas cotas de fornecimento àquelas de que já fossem titulares. Estes financiamentos, concedidos pelo IAA às empresas do setor, foram estabelecidos em condições extremamente favorecidas: ausência de correção monetária, juros baixos e longo prazo de pagamento (Szmrecsányi,1979). Obviamente tais recursos seriam destinados exclusivamente às grandes usinas, pois o próprio decreto lei nº 1186 colocava a restrição de que somente poderiam beneficiar-se das realocizações as usinas que tivessem cotas oficiais acima de 400 mil sacas por safra.

A fusão e incorporação provocaram o desaparecimento de 47 usinas no País, entre as safras 70/71 e 75/76, conforme ilustra a tabela 8. Note-se, ainda, a crescente participação das usinas de maior porte no total produzido, o que explica o crescimento da produção média por usina que, de 328.183 sacos de 60 kg passou para 460.688 no mesmo período. (Gomensoro,1985,p.149).

No Estado de São Paulo, o processo não se deu de forma distinta. Verificou-se, entre as safras 70/71 e 74/75, o desaparecimento de 11 usinas, além de uma elevação de 42% na escala de produção⁴, como mostra a tabela 9.

Não obstante as políticas governamentais terem levado, em décadas anteriores, à uma concentração inequívoca do setor, foi com a criação do referido Programa que o processo se acentuou fortemente. A partir dele, *"...o Governo, através do IAA, fez tudo o que pode para provocar, ou melhor, acelerar o processo de concentração técnica"* (Ramos, 1983,p.65).

³Sacos de açúcar por tonelada de cana moída.

⁴No caso, a escala de produção é medida em termos de toneladas de cana moídas.

Tabela 8 - Número de usinas nas safras 70/71 e 75/76, distribuídas pela quantidade de sacos de 60 kg produzidos

PRODUÇÃO (sacos)	SAFRA 70/71		SAFRA 75/76	
	Nº de Usinas	(%)	Nº de Usinas	(%)
Até 200.000	109	(41,9)	45	(21,1)
Até 320.000	58	(22,3)	47	(22,1)
Até 400.000	20	(7,7)	27	(12,7)
Até 600.000	34	(13,1)	44	(20,7)
Até 800.000	27	(10,4)	29	(13,6)
Até 1.200.000	7	(2,7)	12	(5,6)
Até 1.600.000	4	(1,5)	4	(1,9)
Até 2.650.000	1	(0,4)	5	(2,3)
Total	260		213	

Fonte : (Gomensoro,1985)

Tabela 9 - Número de usinas e escala média de produção no Estado de São Paulo. Safras 70/71 e 74/75

SAFRA	USINAS	CANA MOÍDA (t)
1970/71	92	304.239
1971/72	90	323.143
1972/73	87	365.876
1973/74	84	447.434
1974/75	81	431.275

Fonte: (Moreira,1989,p.53)

3.1.1.2 PLANALSUCAR

O PLANALSUCAR foi criado para fazer frente às baixas produtividades verificadas na lavoura canavieira do Brasil, quando comparadas com outras regiões do mundo. O Programa tinha como objetivo central a elevação da produtividade agrícola através da implantação e execução de projetos de pesquisa que visavam obter novas variedades de cana-de-açúcar com elevado índice de produtividade industrial⁵ e ecológicamente melhor adaptadas (Szmrecsányi, 1979). As pesquisas deveriam ser desenvolvidas dentro do pressuposto de que a elevação da produtividade almejada seria atingida através da substituição da tecnologia tradicional por uma tecnologia moderna na produção agrícola, como deixam bastante claros alguns trechos das justificativas de criação do Programa, divulgadas pelo IAA em 1971.

O documento afirma que a baixa produtividade da lavoura deve ser atribuída à *"tecnologia tradicional que caracteriza a agricultura canavieira, devendo ser superada mediante a adoção de uma tecnologia moderna na produção de cana"*. O mesmo documento afirma ainda que *"A agroindústria açucareira necessita de matéria prima de alto teor de sacarose e pureza, resistente às pragas e doenças, e que ofereça elevada resposta econômica aos insumos oferecidos pela moderna tecnologia agrícola, quais sejam : fertilizantes, irrigação, mecanização, etc. (...) O produtor está ávido de novas variedades, desde que o elevado poder genético de produção é responsável por 40% da produtividade do canavial. Uma variedade com alto poder genético de produção aceita investimentos mais elevados em processos tecnológicos modernos, permitindo dobrar ou triplicar a produção"* (Szmrecsányi, 1979, p.411-418).

Diante das declarações contidas em seu documento de criação, é evidente que o PLANALSUCAR estava em sintonia com a modernização agrícola. A criação do Programa viria referendar e aprofundar o processo de transformação da base técnica, que já vinha ocorrendo na lavoura canavieira por conta dos volumosos recursos do crédito rural, o qual, conforme mostrou-se no capítulo 2, foi fartamente distribuído nesta cultura. Assim, em meados da década de 70 a lavoura canavieira, especialmente no Estado de São Paulo, já se caracterizava como sendo predominantemente capitalizada, na qual já se verificava a maça

⁵Cana com elevado teor de sacarose.

utilização de mão-de-obra assalariada - grande parte dela temporária - bem como equipamentos e insumos típicos da agricultura moderna.

A tabela 10 mostra que as inovações químicas já se encontravam amplamente difundidas na lavoura canavieira na safra 74/75. A utilização de adubos sintéticos e defensivos agrícolas atingia quase a totalidade da área colhida no Estado de São Paulo.

Tabela 10: Área e quantidade colhida de cana-de-açúcar que utiliza insumos químicos no Estado de São Paulo, em % - 1975

Prática utilizada	Área colhida	Quantidade colhida
Adubação	97,9	98,5
Defensivos	78,9	81,0

Fonte: Censo Agropecuário - 1975

No que se refere às inovações mecânicas, a situação não se mostra muito diferente. No decorrer da modernização do processo produtivo, a tecnologia baseada exclusivamente na tração animal, que era comum até meados da década de 60, foi perdendo representatividade nos canaviais paulistas, passando a ganhar expressão a tecnologia de base exclusivamente mecânica. Assim, a quase totalidade da área de reforma na safra 74/75 utilizava tração motorizada no preparo do solo (95,8%), enquanto nas atividades de plantio e tratos culturais a mecanização já atingia praticamente 40% da área trabalhada (Kageyama et alli, 1981).

Do que foi exposto até o momento neste capítulo, fica claro que em meados da década de 70, a agroindústria canavieira paulista se encontrava em meio à um intenso processo de modernização e concentração⁶. Do ponto de vista energético, o aumento substancial da escala média de produção das usinas e a transformação da base técnica evidenciava um movimento através do qual a lavoura de cana-de-açúcar tornava-se cada vez mais intensiva em energia.

O crescente aumento de escala das plantas industriais leva à uma elevação correspondente das necessidades de combustíveis para o transporte de matéria-prima. Tal ocorre porque, ao demandarem uma quantidade mais elevada de cana para moagem, as

⁶Cabe lembrar que, também estava em curso na agroindústria canavieira um intenso processo de concentração fundiária. Consultar Ramos (1983).

usinas maiores necessitam de áreas de lavouras mais extensas e, portanto, menos compactas e mais distantes, fazendo com que o combustível consumido por tonelada transportada seja mais elevado quando comparado com as unidades industriais de menor porte.

Por sua vez, a introdução de inovações químicas e mecânicas nos processos produtivos leva, inevitavelmente, à uma alteração na base energética. No capítulo 2 mostrou-se de forma bastante clara os reflexos da utilização intensiva dessas inovações na demanda de combustíveis na agricultura. Como a cana-de-açúcar representa o retrato fiel do processo de modernização agrícola, não são necessárias maiores argumentações para afirmar que esta cultura passou a demandar quantidades crescentes de energia.

Desta maneira, a fase agrícola da agroindústria canavieira caminhava a passos largos na direção de um perfil energético fortemente marcado pela presença do óleo diesel, utilizado fundamentalmente como combustível para máquinas agrícolas e caminhões canavieiros. É justamente em cima desta mesma base energética que o PROÁLCOOL será implementado.

3.1.2 O advento do Proálcool e a consolidação do óleo diesel na lavoura canavieira

Entre 1967 e 1974 o preço médio de venda do açúcar brasileiro no mercado internacional teve uma elevação superior a 500%, atingindo em novembro daquele ano o nível máximo de US\$ 1.388,56 por tonelada. À partir de então, devido à conjuntura extremamente desfavorável, os preços do produto sofreram uma queda acentuada, reduzindo-se a US\$ 336,12 em maio de 1975.

A reversão das expectativas com o mercado internacional - responsável por metade da produção corrente em 1973 - causou forte impacto na economia açucareira. Como os investimentos realizados através dos programas de modernização e concentração contavam somente com a possibilidade de crescimento da demanda externa para absorver o excedente de produção, a crise no mercado açucareiro mundial levou à formação de imensa capacidade ociosa na agroindústria canavieira do País⁷.

⁷Em decorrência dos investimentos realizados, verificou-se uma grande expansão da capacidade produtiva, haja visto que 71% das usinas do País estavam em processo de ampliação e modernização no início dos anos 70. Esperava-se para o final da década um acréscimo líquido da capacidade de produção de 73,2 milhões de sacos, o equivalente a 4.392.000 t. Isto significava uma expansão sem precedentes, já que, em 1972, foram produzidos 98 milhões de sacos (Gomensoro, 1985).

Devido à preocupação com a ociosidade dos equipamentos recém-instalados e com as perspectivas pouco favoráveis no mercado internacional do açúcar, os interesses dos grupos ligados ao setor se articularam no sentido de garantir a adoção de medidas governamentais de incentivo à produção alcooleira⁸. Tal tarefa foi facilitada pela crise petrolífera que se abatera sobre o mundo a partir de 1973.

Durante o ano de 1975 o Governo tomou diversas medidas para promover o aumento na produção de álcool. A de maior alcance foi a criação do PROÁLCOOL⁹.

Apesar de fazer parte da estratégia adotada pelo País para enfrentar a crise do petróleo, também veio de encontro aos interesses da agroindústria canavieira. Alguns autores chegam, inclusive, a encontrar as razões para a criação do PROÁLCOOL muito mais na crise da economia açucareira do que na realidade energética do País¹⁰.

As evidências apresentadas permitem afirmar que o PROÁLCOOL representava a garantia das atividades da agroindústria canavieira e, neste sentido, ele já trazia implicitamente uma tendência ao "continuismo". E, de fato, nos primeiros anos de sua implantação começaram a se delinear contradições entre o que havia sido proposto quando de sua criação e aquilo que objetivamente vinha ocorrendo na prática.

Tais contradições deram margem ao aparecimento de diversos estudos, que levantavam dúvidas quanto aos reais propósitos do Programa. Dentre estes estudos destaca-se aquele realizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - pois identifica alguns problemas que revelam com nitidez o caráter "continuista"

⁸Além dos próprios usineiros, os interesses dos setores ligados ao fornecimento de meios de produção às usinas também foram afetados pela perda de dinamismo da economia açucareira. *"As indústrias nacionais de bens de capital, fornecedoras de equipamentos para as usinas, começam a perder seus mercados e, por isso, iniciam uma fase de operação com capacidade ociosa"* (CNPq, 1981, p.58).

⁹Decreto nº 76593 de 14/11/1975

¹⁰Gomensoro (1985) atribui a primazia do álcool frente às demais alternativas energéticas a *"...existência de um setor, o açucareiro, que vinha de um imenso processo de expansão e formação de capacidade ociosa"*. Moreira (1989, p.52) vai na mesma direção, afirmando que *"...o setor já havia se expandido e modernizado, necessitando aumentar sua produção para amortizar os investimentos recém-feitos"*. A importância da criação do PROÁLCOOL para os setores ligados à economia açucareira também foi enfatizado pelo próprio Presidente do IAA, no IIIº Seminário Copersucar da Agroindústria Açucareira em 1975: *"Há finalmente no nosso caso, o que poderíamos chamar de válvula de segurança da agroindústria açucareira, e essa válvula foi criada naturalmente, independente mesmo de iniciativa nossa, no exato momento em que os países produtores decidiram dar sua grande cartada, aumentando de forma inesperada e imprevisível o preço do produto, até então comercializado por preço irrisório no mercado internacional (...) o aumento dos preços do petróleo criou, paralelamente, a viabilidade de uma produção alcooleira, como alternativa para a produção de açúcar, situação ímpar e invejável para qualquer país produtor"* (CNPq, 1981, p.67).

assumido pelo PROÁLCOOL no que concerne à realidade agrícola da agroindústria canavieira.

Neste sentido, vale reproduzir um trecho do referido estudo que, de certa forma, resume as orientações básicas do PROÁLCOOL: *"A constatação da ausência de uma real capacidade de elaborar políticas leva à um questionamento fundamental à respeito do próprio PROÁLCOOL. Embora as motivações explícitas iniciais apontassem na direção de uma nobre preocupação com desequilíbrios regionais, com a fixação do homem no campo, com o desemprego e a má distribuição da renda, a configuração institucional resultante aponta na direção de uma crescente capitalização da estrutura agrária, cujas consequências incluem a mecanização e a latifundização a título de estimular a produtividade e o preço mais baixo do litro de álcool, e da qual o Programa é apenas um catalizador eficaz. O que realmente importa é repassar aos empresários dispostos à investir, por pouco que seja, no álcool - e que não necessariamente precisam ser do setor rural - recursos que propiciarão a formação de empresas rurais de porte, cujos insumos são apenas agrícolas. Esta tendência, embora não seja absolutamente nova, não faz parte explícita desse Programa. Se o incentivo à formação de grandes empresas rurais já estava evidente no vocabulário oficial e nos programas de apoio ao setor rural, principalmente em relação aos produtos de exportação - soja, o próprio açúcar, carne - no PROÁLCOOL ele entrou pela porta da ação prática, enquanto ao nível de intenções ele era omitido"* (CNPq, 1981, p.78).

Depreende-se desta avaliação feita pelo CNPq, que a falta de um aparato institucional à altura de um programa estratégico e de repercussão estrutural como é o PROÁLCOOL, já evidenciava uma predisposição em manter os padrões de comportamento tradicionais da agroindústria canavieira. No que interessa mais de perto aos objetivos desta dissertação, importa salientar que o Programa acabou por adotar os mesmos princípios que nortearam as políticas de modernização e concentração implementadas no início dos anos 70.

De um lado, a instalação de novas destilarias se deu no sentido de elevar a escala média de produção alcooleira, pois os recursos, fortemente subsidiados, destinaram-se prioritariamente às unidades industriais de grande porte¹¹. Assim, apesar de todo discurso em

¹¹A esse respeito, consultar Melo (1981).

contrário, o PROÁLCOOL apresentou ao longo dos anos aspectos concentracionistas bastante significativos, como mostra a tabela 11.

De outro lado, a expansão de canaviais para atender a demanda de matéria-prima se deu no sentido de acelerar a mecanização e quimificação do processo produtivo, sem que antes fosse realizada uma discussão mais ampla acerca dos possíveis impactos de tais técnicas sobre o meio ambiente, a geração de empregos, a demanda de energia, a utilização de subprodutos, etc. Assim, as lavouras ligadas ao PROÁLCOOL acabaram por reforçar alguns desequilíbrios da agricultura brasileira, tais como a latifundização, o deslocamento de culturas alimentares, a monocultura, as disparidades regionais, etc.

Tabela 11 Evolução da escala média de produção das usinas e destilarias do Estado de São Paulo, 1975 à 1987

Safras	Unidades em funcionamento	Cana moída (t), por usina	Cana moída (t), por usina (*)
1975/76	80	389.989	419.566
1976/77	78	532.795	448.029
1977/78	80	668.581	527.122
1978/79	82	679.177	626.851
1979/80	85	724.577	690.778
1980/81	87	796.188	733.447
1981/82	96	737.174	752.650
1982/83	115	783.504	772.292
1983/84	130	862.637	794.548
1984/85	138	810.775	818.972
1985/86	147	833.906	835.773
1986/87	146	782.789	809.157
1987/88	147	847.715	821.470

(*) Média trienal.

Fonte: (Moreira, 1989)

Em relação à utilização de energia, a fase agrícola do PROÁLCOOL viria consolidar o perfil energético que vinha se esboçando na agroindústria canavieira desde o final dos anos 60. As grandes distâncias existentes entre as lavouras e as destilarias/usinas e a intensa mecanização da lavoura levaram à uma pesada utilização de combustível na produção e transporte de matéria- prima.

A elevada intensidade energética que caracteriza a fase agrícola do PROÁLCOOL é, por si só, preocupante, entretanto, ela se torna ainda mais grave pelo fato de utilizar-se como combustível para caminhões, tratores e colhedeiças, um derivado de petróleo: o óleo diesel.

Se do ponto de vista de sua destinação, o álcool foi introduzido na matriz energética nacional devido às legítimas preocupações - ao menos à nível de discurso - com a substituição do petróleo, do ponto de vista de sua produção, as autoridades responsáveis pela implementação do PROÁLCOOL viraram as costas para a realidade energética do País. O óleo diesel, como mostra a seção seguinte, é o combustível mais problemático da matriz energética brasileira.

3.2 A Questão Diesel e o papel do PROÁLCOOL no Brasil

3.2.1 A política energética brasileira frente à "crise" do petróleo

A forte ascensão dos preços do barril de petróleo no mercado internacional constitui o pano de fundo do panorama energético mundial na década de 70. A decidida atuação da OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo - na defesa de seus interesses no mercado petrolífero em fins de 1973 e os acontecimentos políticos no Irã em 1979 acabaram por provocar bruscas alterações no preço do produto como ilustra a tabela 12.

Estes acontecimentos, comumente designados como os "choques do petróleo", causaram forte impacto na economia mundial, pois a enorme expansão industrial ocorrida entre o pós-guerra e o início dos anos 70 apoiou-se em padrões tecnológicos altamente dependentes desta fonte energética. *"Foi só nos anos 60 deste século que o petróleo arrebatou ao carvão a primazia no balanço energético mundial. Mas, antes disso, já estava delineado o cenário de uma civilização do petróleo, ou seja, um estilo de desenvolvimento*

cujos padrões de produção e consumo de bens e de serviços se caracterizam pela utilização intensa do petróleo e, portanto, pressupõem a sua fartura" (Boa Nova, 1985, p.75). Viviam-se a era do petróleo farto e barato.

Tabela 12: Evolução do preço do petróleo exportado pela OPEP - 1972 à 1980

ANOS	US\$/Barril	Índice
1972	2,14	100
1973	2,85	125
1974	11,27	453
1975	10,93	401
1976	11,74	409
1977	13,25	436
1978	13,02	400
1979	18,20	513
1980 (*)	30,13	776

(*) Até junho

Fonte: (Calabi et ali, 1983).

Não obstante a brusca elevação dos preços do petróleo ter afetado todas as nações que dependiam pesadamente deste energético, nas economias do Terceiro Mundo seus efeitos foram mais graves. Nestas, verificou-se um duplo encarecimento da pauta de importações, ocasionada, além do petróleo, pelos bens e serviços procedentes dos países industrializados¹². Assim, os "choques do petróleo" representaram um forte fator de desequilíbrio da balança comercial dos países subdesenvolvidos.

O Brasil, cuja estrutura produtiva baseava-se nos mesmos moldes e marcos dos países industrializados e, dada sua relação de dependência para com estes, não poderia ter ficado imune à crise. A tabela. 13 mostra a crescente participação do petróleo no balanço energético

¹²Grandes exportadores de bens e serviços, os países industrializados acabaram transferindo para seus clientes comerciais boa parte dos custos advindos do encarecimento do petróleo.

nacional à partir dos anos 40, chegando a representar 43,8% do consumo total de energia primária, por ocasião do 1º choque do petróleo.

Tabela 13 Evolução do consumo de energia primária no Brasil, em %

Fontes	1941	1952	1967	1974	1981	1983
Petróleo	9,2	28,2	33,8	43,8	40,5	35,0
Gás Natural	---	---	0,2	0,4	0,8	1,3
Carvão Mineral	7,0	6,1	4,0	2,9	4,2	4,3
Hidroeletricidade	7,0	11,3	16,5	22,5	28,8	30,7
Lenha	72,8	49,9	37,4	22,0	15,6	15,1
Carvão vegetal	2,6	2,7	1,9	3,0	2,7	3,0
Bagaco	1,3	2,1	5,5	5,2	5,3	7,0
Álcool	---	---	0,7	0,2	2,1	2,9
Total	100	100	100	100	100	100

Fonte: (Sicsú, 1985).

Entretanto, este crescimento do consumo não foi acompanhado pela produção nacional, só se tornando viável com a importação maciça para o atendimento da demanda. Desta forma, o Brasil tornou-se profundamente dependente do suprimento externo, tanto que no início da década de 70 importava 77,8% de todo o petróleo consumido internamente.

A estratégia do governo brasileiro no enfrentamento do problema resumiu-se fundamentalmente em adotar políticas orientadas para a ampliação da oferta de energia. Não foi tomada nenhuma medida de grande envergadura destinada à provocar alterações no padrão de consumo, pois para tanto seriam necessárias mudanças profundas na organização de alguns setores da economia, que o Governo não tinha interesse ou, em alguns casos, condições de realizar. Assim, as ações concretas junto aos determinantes da demanda praticamente não ocorreram e adotou-se como premissa a manutenção das mesmas opções

tecnológicas, mesmo padrão de consumo, etc¹³. Como afirma Lutzenberger (1980,p.36), *"Parte-se da premissa de que, de uma maneira ou outra teremos que encontrar alternativas para o petróleo, para que possa continuar crescendo o consumo de energia, por mais fúteis que sejam suas aplicações. Não se encara sequer a alternativa de consumir menos e mais racionalmente, de eliminar o esbanjamento"*.

Diante desta abordagem da questão energética, a solução apontada pelo Governo para solucionar a crise não poderia ser outra senão a ampliação da oferta de petróleo e/ou, na melhor das hipóteses, o incentivo à utilização de combustíveis alternativos.

Argumentando com a necessidade de redução no déficit do balanço de pagamentos¹⁴, uma série de medidas foram tomadas. Além de empenhar-se decididamente na tarefa de elevar a produção nacional de petróleo, o Governo adotou o álcool etílico como substituto da gasolina e incentivou a utilização do carvão em substituição ao óleo combustível. Percebe-se, portanto, que a introdução de combustíveis alternativos na matriz energética não se constituía numa proposta de substituição do petróleo, mas sim, de dois derivados apenas.

3.2.2 Óleo diesel : o combustível "gargalo" da matriz energética.

Em decorrência do enorme esforço exploratório¹⁵, a produção brasileira de petróleo elevou-se consideravelmente, passando de 166 mil bpd em 1973 para 550 mil em 1985, mantendo-se em torno deste nível até os dias atuais. Apesar desse esforço, o País continua dependente do suprimento externo, pois o consumo também apresentou um comportamento ascendente no período: 43%. Desse modo, em 1988 foi necessária a importação de 642 mil bpd.

Depreende-se daí, que a utilização de alguns combustíveis alternativos não foi suficiente para tornar segura a situação energética do País frente ao problema do petróleo. Se

¹³Boa Nova (1985) procura mostrar que o motivo para tal enfoque da questão energética está na recusa, por parte do regime autoritário da época, em fazer uma avaliação crítica do padrão de desenvolvimento do País frente à nova realidade energética mundial. Um exemplo elucidativo é o sistema de transportes, que, para o deslocamento dos cidadãos continuou priorizando o transporte individual em detrimento do transporte coletivo e, para o transporte de cargas, manteve a supremacia das rodovias em detrimento das ferrovias e hidrovias.

¹⁴A participação do petróleo nas importações totais passou de 12% em 1973 para 23% em 1974 (La Rovere, 1984).

¹⁵Os investimentos da PETROBRÁS situaram-se entre 3 e 4 bilhões de dólares anuais no início dos anos 80, quando do pico das obras de desenvolvimento da Bacia de Campos (PETROBRÁS, 1988).

até meados da década de 70 era a gasolina quem comandava as importações de petróleo, a partir de então esse papel passou a ser exercido pelo óleo diesel.

Em relação à demanda de petróleo, o que se verificou na verdade foi uma modificação na participação relativa de cada um de seus derivados. Enquanto a gasolina e o óleo combustível apresentaram uma queda acentuada em virtude da substituição por álcool etílico e carvão, reforçada pela política de preços adotada à partir de 1973, o óleo diesel e o glp continuaram com demandas crescentes.

O crescimento substancial da participação do óleo diesel deve-se tanto ao intenso processo de "dieselização" do sistema de transportes e à mecanização da agricultura, como à ausência de políticas efetivas de conservação e substituição deste combustível. A tabela 14 mostra com clareza a modificação na participação relativa de cada um dos derivados de petróleo.

Tabela 14 Consumo final de derivados de petróleo no Brasil, em %.

Derivados	1973	1979	1983	1988
Óleo Diesel	22,9	27,0	34,0	37,4
Óleo Combustível	29,8	31,0	19,8	17,8
Gasolina	29,9	18,8	15,1	10,1
GLP	5,0	5,2	8,3	9,5
Nafta	2,6	3,6	7,9	9,9
Querosene	4,4	4,3	5,1	4,2
Outros	5,4	10,1	9,8	11,2

Fonte: Balanço Energético Nacional

Esta modificação na participação de cada um dos derivados na demanda de petróleo tem levado a PETROBRÁS a alterar continuamente o perfil de refino, desviando diversas frações para a produção de óleo diesel, de maneira a garantir o abastecimento interno.

Entretanto, já em 1987 tornou-se necessário refinar um adicional de cerca de 100 mil bpd de petróleo¹⁶ para evitar uma escassez de óleo diesel.

Apesar da flexibilidade de que dispõem as refinarias para converter um componente em outro, o volume e as direções de tais mudanças são limitadas por considerações técnicas e pela necessidade de pesados investimentos de capital; além disso, a interdependência entre os derivados pode levar à uma situação indesejável, onde alguns produtos são continuamente produzidos em excesso.

Ao que tudo indica, a capacidade de atendimento à demanda de óleo diesel à partir de alterações no perfil de refino está no limite máximo ou, pelo menos, muito próxima dele. Segundo estudos recentes efetuados pela PETROBRÁS(1989), se forem mantidas as atuais tendências de consumo em 1995 o País apresentará um elevado déficit de óleo diesel, que terá que ser importado. Além disso, seriam produzidos grandes excedentes de gasolina¹⁷ que, somados àqueles decorrentes da substituição pelo álcool, teriam difícil colocação no mercado internacional. A matriz de abastecimento prevista certamente seria inviável, pois o País não só poderá continuar dependente de petróleo importado como ainda ficará na dependência de outros dois mercados: gasolina para exportação e óleo diesel para importação. À esse respeito, o referido estudo afirma que a demanda de óleo diesel poderá atingir 650 mil bpd, o que implicaria num déficit de 140 mil bpd.

Assim, qualquer tentativa de redução da dependência em relação ao petróleo importado, bem como de restabelecimento do equilíbrio entre oferta e demanda de seus derivados, deve incorporar propostas para o "problema diesel".

Tais propostas devem, no entanto, evitar a busca de soluções centradas exclusivamente na oferta. É necessário compreender que o petróleo está estreitamente ligado à finitude dos recursos naturais e à deterioração do meio-ambiente. Assim, a opção só pela ampliação da produção interna revela-se um caminho demasiadamente perigoso.

¹⁶Apesar da demanda total de derivados de petróleo ter atingido 1.100 mil bpd, foi necessário refinar cerca de 1.200 bpd.

¹⁷220 mil bpd.

3.2.3 A tendência ao esgotamento e os impactos ambientais dos combustíveis fósseis

A utilização maciça de petróleo é indesejável não apenas porque o País depende de sua importação para garantir o abastecimento interno. É necessário lembrar que, em se tratando de um combustível fóssil, o petróleo possui uma tendência natural ao esgotamento e, sua queima está associada a graves problemas ambientais, como a chuva ácida - à nível regional - e o efeito estufa - à nível planetário.

Quanto ao fato do petróleo caracterizar-se como um recurso não renovável, não implica na afirmação que o problema é seu esgotamento material, mas sim, a contínua escalada de seu preço. Diversos autores apontam a crescente elevação dos custos de produção como uma das principais limitações no aproveitamento futuro de recursos não renováveis.

Sachs(1986, p.136) afirma que *"limite não deve ser entendido como um teto preciso e definitivo, mas sim como a entrada em um regime onde custos e outros problemas iniciam uma escalada acentuada e os retornos diminuem"*.

Commoner(1986, p.8-26), estudando o esgotamento dos combustíveis fósseis, argumenta: *"a preocupação com a energia não renovável não possui sentido físico e sim econômico: perderemos a capacidade de dispor dela antes que acabe totalmente. (...) à medida que a reserva de combustível diminui, os custos de produção começam a crescer exponencialmente, de modo que o esgotamento não fica muito evidenciado pela diminuição dos suplementos de combustíveis e sim pelo rápido aumento de seus preços"*

Capra(1982,p.217) vai na mesma direção, afirmando que, *"quando a base de recursos declina, as matérias-primas e a energia devem ser extraídas de reservas cada vez mais degradadas e inacessíveis; e, por conseguinte, mais e mais capital é necessário ao processo de extração"*¹⁸.

No que se refere aos impactos ambientais, os efeitos previstos do contínuo e acelerado consumo de combustíveis fósseis são inúmeros e complicados. Os produtos químicos

¹⁸Em dezembro de 1988 a PETROBRÁS divulgou, através de um documento intitulado "Plano de Ação do Setor Petróleo - PASP", a intenção de partir para a produção de petróleo em águas profundas na Bacia de Campos. A avaliação dos recursos necessários indica que os investimentos diretos atingiriam US\$ 45 bilhões até 1997. Tais investimentos correspondem a, pelo menos, duas vezes mais que a média nacional até o presente, para praticamente a mesma capacidade de produção, o que confirma as palavras de Capra à respeito dos recursos não renováveis.

liberados pela queima de derivados de petróleo tem contribuído sobremaneira para o agravamento da, já precária, situação ambiental do planeta.

À nível regional, as reações químicas entre o vapor d'água existente no ar e o dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x) liberados na queima de combustíveis dão origem ao ácido sulfúrico e ao ácido nítrico, respectivamente, que se precipitam sobre a terra na forma de chuva, orvalho, etc. Tal fenômeno, mundialmente conhecido como chuva ácida, provoca variações no PH de solos, rios e lagos, afetando sériamente as espécies vivas aí existentes (Tiezzi, 1988).

À nível planetário, o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, decorrente da queima de combustíveis fósseis, pode provocar, segundo pesquisadores de todo o mundo, o chamado efeito estufa. A dimensão de tal efeito pode, seguramente, perturbar o equilíbrio do planeta com graves consequências para toda a humanidade. A gravidade do problema é tal que, um estudo realizado pela National Academy of Science nos EUA conclui: *"o fator limitativo primário na produção de energia à partir de combustíveis fósseis no futuro poderá ser constituído pelos efeitos climáticos da liberação de CO₂"*¹⁹.

As diferentes limitações associadas à utilização de derivados de petróleo - custos crescentes, impactos ambientais e, no caso brasileiro, dependência externa - remetem à horizontes temporais distintos para efeito de planejamento. No entanto, em qualquer dos casos, o bom senso aponta para a necessidade de redução da participação do petróleo na matriz energética nacional. Tendo em vista que o óleo diesel se constitui no principal derivado a pressionar a demanda de petróleo, é inegável a necessidade imperiosa de medidas destinadas à sua conservação e substituição.

¹⁹Tiezzi(1988) apresenta estimativas realizadas por diferentes estudos, indicando que, mantidas as tendências atuais, antes de meados do próximo século teremos uma duplicação de CO₂ na atmosfera. Tal concentração levaria à um aumento médio de 3 C na superfície terrestre - 7 a 8°C no polo norte - e um incremento médio anual de energia radiante de 4 watts/m². Estes efeitos são da ordem de grandeza das diferenças de temperaturas que separam as maiores eras geológicas e podem induzir graves variações físicas e biológicas da mesma magnitude das que caracterizaram tais épocas, porém num período de tempo muitíssimo menor.

3.2.4 A importância da conservação e substituição do óleo diesel na fase agrícola do PRÁLCOOL.

Um dos argumentos mais comuns encontrado na maioria dos discursos realizados em defesa do PROÁLCOOL trata das vantagens oferecidas por uma fonte renovável de energia. Assim, não é raro encontrar opiniões do tipo: *"Na presente conjuntura, quando todo o planeta se encontra ameaçado pela exaustão do petróleo, existe um país - o Brasil - que parece dispor de condições de entrar pioneiramente na era pós-petróleo (...) Então este país disporá de auto-suficiência em matéria de combustível automotivo renovável e produzido continuamente. (...) Calcula-se que apenas 2% das terras cultiváveis serão suficientes para garantir ao País a conquista da confortável conjuntura de ser o primeiro país do mundo auto-suficiente em matéria de combustível automotivo indefinidamente renovável"* (UNESCO, 1981, p.32). Um outro exemplo está em "Isto É" (1979, p.84): *"É evidente que o Brasil não pode ficar importando de 7 a mais bilhões de dólares de petróleo por ano. Pode, porém, investir num produto renovável, inacabável, de fabricação razoavelmente fácil e barata - o álcool"*.

Ora, não faz muito sentido falar-se da renovabilidade do álcool etílico quando se sabe que o principal insumo energético da lavoura canavieira é o óleo diesel. Além disso, a dependência em relação à este combustível mostra que o encarecimento futuro do petróleo terá repercursões indesejáveis na produção alcooleira.

Desta forma, o álcool etílico, nas condições em que atualmente é produzido no Brasil, não pode ser considerado uma alternativa energética renovável, adequada à substituição de derivados de petróleo. Tiezzi (1988, p.151-155) coloca a utilização de derivados de petróleo como uma das sérias restrições ao aproveitamento da biomassa energética: *"É necessário identificar os modos de explorar essa enorme reserva de energia renovável, sem tirar alimento do homem, sem utilizar os combustíveis fósseis e sem devastar o ecossistema. (...) O PROÁLCOOL brasileiro segue de fato o modelo de desperdício, da exploração indiscriminada da natureza, dos grandes investimentos, da centralização energética, das tecnologias não integradas, sendo estruturado em enormes empresas que cultivam a cana-de-*

²⁰A utilização de óleo diesel não é o único fator que coloca em xeque a renovabilidade do álcool. Embora a biomassa seja um recurso renovável, o solo onde ela cresce não o é.

açúcar em grandes extensões, devendo ser transportada à destilaria percorrendo grandes distâncias, o que incide negativamente no balanço energético". Esta mesma questão é levantada por Lutzenberger(1980) ao concluir uma avaliação à respeito do PROÁLCOOL: "Por último, eu duvido que o Programa do Alcool, da maneira como está concebido, possa dar uma real contribuição ao problema energético. Nós sabemos que a agricultura empresarial moderna tem balanço energético negativo. Nós gastamos mais energia nos insumos da agricultura moderna do que a energia que nós entregamos ao consumidor, em forma de alimento ou matéria-prima".

Não se pretende, aqui, verificar se o balanço energético da produção de álcool é positivo ou não. As evidências apresentadas são suficientes para mostrar que, independente dos resultados de um balanço desta natureza, é necessário buscar a conservação e substituição do óleo diesel. Não se pode privar de tais medidas, caso se pretenda que o álcool tenha um papel significativo na tarefa que o País inevitavelmente enfrentará, qual seja, a redução na utilização do petróleo.

Acrescente-se, ainda, que a conservação e substituição do óleo diesel na lavoura canavieira também se faz necessária quando se contempla horizontes de tempo mais próximos. Medidas com esse objetivo contribuiriam para reduzir a pressão sobre a demanda interna deste combustível, atualmente com enormes dificuldades de ser atendida. Além disso, dada a dimensão do PROÁLCOOL e a enorme participação da cana-de-açúcar no conjunto das atividades agrícolas, tais medidas poderiam atuar como um balizador e até mesmo um estímulo à adoção de providências semelhantes em outros ramos da chamada agricultura moderna.

CAPÍTULO 4

QUANTIFICAÇÃO DA DEMANDA DE ÓLEO DIESEL NA FASE AGRÍCOLA DO PROÁLCOOL

Os capítulos anteriores mostraram que a questão energética na fase agrícola do PROÁLCOOL não se resume apenas na busca de possíveis combustíveis alternativos. Ainda que a substituição dos derivados de petróleo, principalmente o óleo diesel, seja um objetivo por si só desejável, faz-se necessário também abordar a questão pelo lado da demanda, almejando modificações no processo produtivo que propiciem uma redução na utilização de insumos energéticos e permitam, sempre que possível, proporcionar uma nova qualidade ao trabalho e ambiente agrícola.

Assim, o objetivo deste capítulo é quantificar a utilização de combustíveis na lavoura canavieira, através de uma metodologia, que permite avaliar os impactos de eventuais alterações no processo produtivo. Uma aplicação desta metodologia para a safra 89/90 no Estado de São Paulo possibilita a localização, à nível do processo, dos principais problemas e suas magnitudes.

4.1 Caracterização do processo produtivo da cana-de-açúcar

Com o intuito de possibilitar aos estudiosos de outras áreas do conhecimento, que não a agricultura, compreenderem as necessidades básicas da cultura canavieira, convém descrever alguns aspectos do processo produtivo antes de mostrar o procedimento adotado no cálculo da demanda de óleo diesel.

A cana-de-açúcar é uma planta da família das gramíneas, cultivada em regiões tropicais e sub-tropicais de todo o mundo. Embora seu caule e folhas sejam usados na alimentação animal como forragem, a maior parte da área cultivada com cana-de-açúcar tem como finalidade o processamento industrial de seus colmos. Os principais produtos deste

processamento são o açúcar, o álcool e a aguardente. Geram-se, ainda, vários subprodutos, tais como o bagaço, o melaço, a torta de filtro, a vinhaça, etc.

O bom aproveitamento industrial da cana-de-açúcar requer, além da existência de nutrientes no solo, um período com abundância de água quando se dá o crescimento da planta, seguido por um período seco quando ocorre a maturação, isto é, o aumento da quantidade de açúcares no colmo.

No Estado de São Paulo, o plantio é feito geralmente de janeiro a março, estando a cana ideal para o corte num período de cerca de 18 meses. Após o primeiro corte, o período normal dos novos cortes é a cada 12 meses, com uma média, no Estado, de 4 a 5 cortes, quando então é realizada a reforma do canavial.

A renovação ou reforma do canavial consiste no plantio de novas mudas e ocorre por decisão do produtor, pois o rendimento agrícola declina em função do número de cortes praticado. Denomina-se usualmente de "cana-planta" aquela resultante do primeiro corte e de "cana-soca" a dos cortes subsequentes.

A produção de cana-de-açúcar pode ser dividida em quatro etapas, de acordo com a sequência de atividades agrícolas realizadas: preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita. Tais etapas, necessárias para garantir a produção e entrega de matéria-prima às unidades industriais, podem ser realizadas de maneiras distintas, de acordo com o nível de mecanização, tipo de equipamento empregado, operação agrícola adotada, etc.

No presente capítulo pretende-se expor as várias etapas da lavoura canavieira e a forma como tais etapas tem sido desenvolvidas nas condições vigentes no Estado de São Paulo. Possíveis mudanças no processo produtivo, que venham a ocorrer no futuro ou que já se verificam atualmente na lavoura mas ainda de forma incipiente, serão discutidas no capítulo 5.

4.1.1 O preparo do solo

O preparo do solo destina-se a modificar o estado físico do solo, de maneira a criar condições favoráveis para a germinação e crescimento da cultura, desenvolvendo satisfatoriamente tanto seu sistema radicular como sua parte aérea. As operações agrícolas

relacionadas a esta fase da lavoura não são apenas aquelas que afetam a estrutura física do solo, mas também aquelas ligadas aos fatores que determinam um pH e ambiente adequados para a absorção dos nutrientes minerais (Freitas, 1987). Neste sentido, o preparo do solo pode ser entendido como o revolvimento periódico de uma camada de terra, de modo a proporcionar os seguintes benefícios: possibilitar a livre circulação de ar no solo; permitir uma melhor penetração, movimentação e retenção de água; picar, aprofundar e incorporar matéria orgânica, fertilizantes e corretivos; nivelar o terreno para o plantio e conservação do solo (Fernandes, 1985).

Até meados da década de 60, o preparo do solo na lavoura canavieira era realizado com uma tecnologia baseada fundamentalmente na tração animal. Atualmente, máquinas de grande porte executam este preparo através das seguintes operações: transporte e distribuição de calcário, arrancamento das soqueiras do canavial anterior, gradagens, terraceamento e subsolagem.

A aplicação de calcário - calagem - é efetuada com o intuito de corrigir a acidez do solo, uma vez que o pH constitui-se num fator de grande importância no desenvolvimento da cana-de-açúcar. Nesta operação, o calcário é transportado em caminhões convencionais até as áreas de lavoura e posteriormente aplicado no solo através de carretas distribuidoras, acopladas a tratores (Casagrande & Araújo F^o, 1983).

A destruição das soqueiras é realizada com o objetivo de erradicar a cana-soca juntamente com as raízes, incorporando simultaneamente o calcário distribuído na operação anterior. Atualmente o arrancamento das soqueiras é feito mecanicamente, através de grades aradoras tracionadas por tratores de alta potência, geralmente dotados de esteiras.

As gradagens subsequentes, mostradas na figura 4, tem por finalidade dar sequência à destruição das soqueiras remanescentes e nivelar o terreno para o plantio. Após a passagem da grade aradora realizada na operação anterior, a superfície do solo se apresenta como uma mistura de blocos de terra e raízes, que necessitam ser separadas para facilitar a decomposição dos restos culturais. O número de passadas do implemento dependerá da qualidade ou tipo de solo, além das condições climáticas. Em geral são realizadas até 4 passagens, sendo que a última é realizada com grades leves, imediatamente antes do plantio,

para nivelar o terreno. Assim como na erradicação das soqueiras, as grades são tracionadas por tratores de alta potência.

O terraceamento é uma operação em que são construídas leiras de terra - os terraços - acompanhando as curvas de nível; sua finalidade é evitar o escoamento do excesso de água superficial, causador de erosão.



Figura 4: Operação de gradagem pré-plantio

Fonte: (Álcool & Açúcar, 1986)

Na lavoura canavieira são utilizados tanto os terraços embutidos - figs. 5 e 6 - como os terraços em forma de calha. Para a construção dos terraços são empregados motoniveladores e tratores de esteiras dotados de lâminas, ou, então, podem ser empregados implementos denominados terracedores (Orlando & Zambello, 1983).

O tráfego cada vez mais intenso de máquinas e implementos pesados nas áreas de lavoura vem provocando e intensificando a compactação dos solos cultivados. A camada de solo endurecida pode atingir até 50 cm de profundidade, impedindo a penetração da água e o desenvolvimento das raízes, o que influi negativamente na produtividade do canavial. Na tentativa de remediar o problema, é promovida a descompactação do solo através da operação

conhecida como subsolagem - figura 7. Para sua realização são utilizados implementos denominados subsoladores, tracionados por tratores de alta potência.

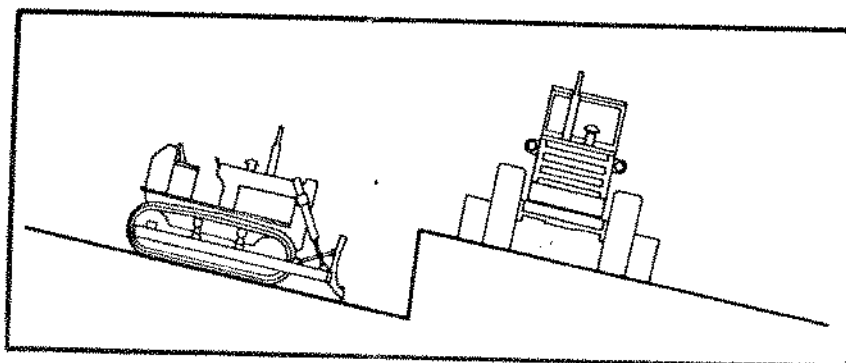


Figura 5. Construção de terraço embutido

Fonte: (Orlando & Zambello, 1983,p.64)

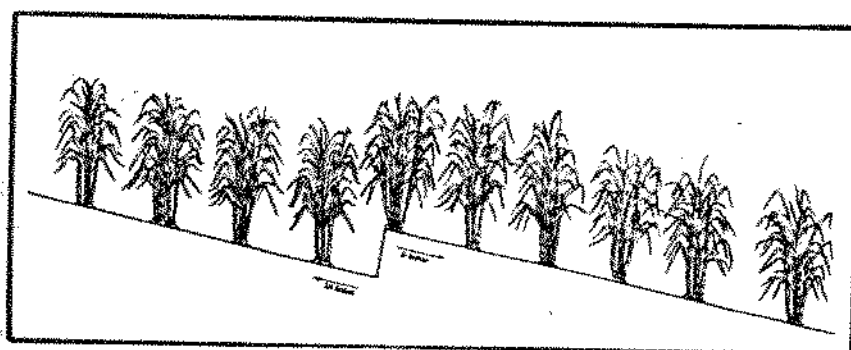


Figura 6. Plantio no terraço embutido

Fonte: (Orlando & Zambello, 1983,p.64)

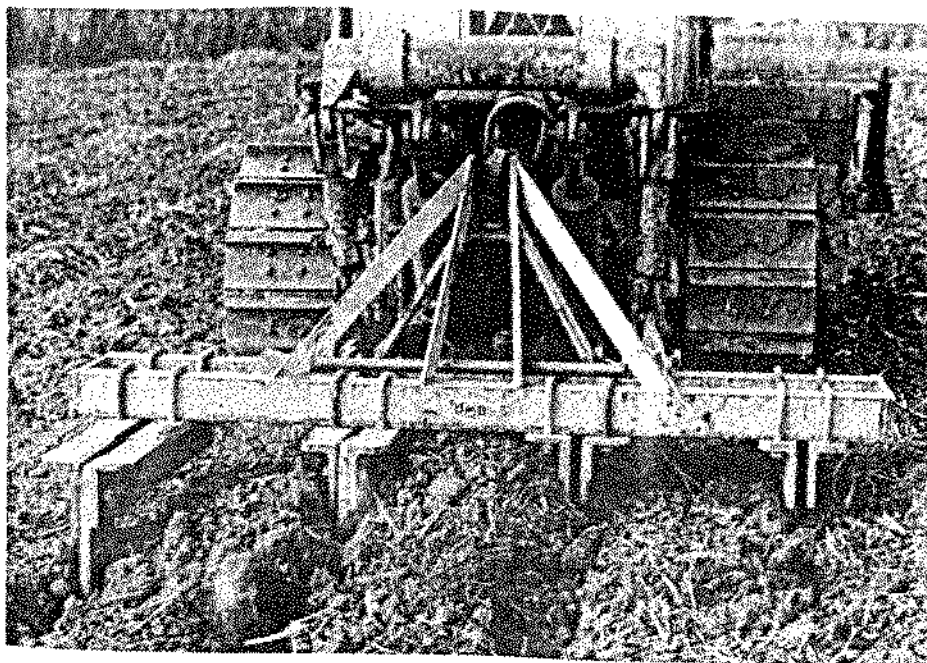


Figura 07. Operação com subsolador de 04 hastes

4.1.2 O plantio

Uma vez preparado o solo, o terreno encontra-se apto para receber as operações relacionadas à etapa do plantio. Aqui são realizados: o sulcamento e adubação; o corte, carregamento, transporte e distribuição de mudas; além do cobrimento dos sulcos com terra (Coleti, 1987).

Embora a abertura dos sulcos que receberão as mudas possa ocorrer como uma operação isolada, na região centro-sul ela é normalmente realizada juntamente com a adubação, utilizando o implemento conhecido como sulcador adubador, como mostra a figura 8. O número de linhas executadas em uma única passada varia de 1 à 3, sendo mais empregados os implementos de 2 linhas.

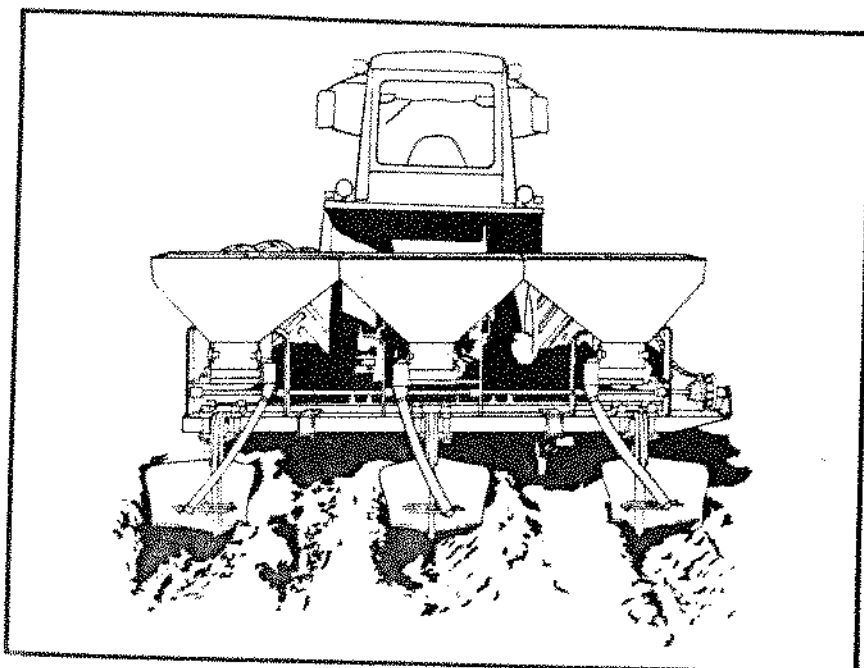


Figura 8. Operação de sulcação/adubação com implemento de 03 linhas

Fonte: (Orlando Fº, 1983,p.339)

No que se refere à adubação, cabe notar que o adubo orgânico tem sido utilizado de maneira crescente como complementação ao adubo mineral e grande parte das usinas e destilarias tem aplicado a torta de filtro¹ nos sulcos de plantio. O material é transportado em caminhões desde a unidade industrial até a lavoura, onde é aplicada por carretas acopladas a tratores (Coleti,1987).

A distribuição de mudas nos sulcos é realizada à partir de caminhões ou de carretas tracionadas por tratores, com lançamento manual como mostra a figura 9.

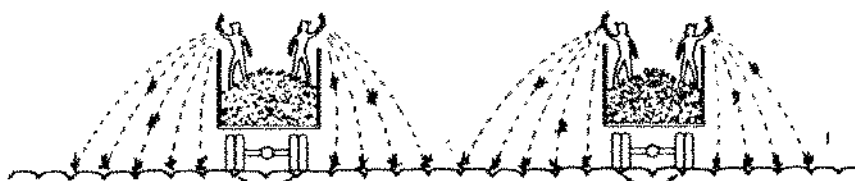


Figura 9. Distribuição de mudas nos sulcos

Fonte: (Stolf et alli, 1987, p.21)

¹A torta de filtro é um "resíduo" do processo de fabricação do açúcar. Entretanto, as destilarias autônomas que possuem o sistema de clarificação do caldo também obtém este sub-produto.

4.1.3 Os tratos culturais

Apesar de ser uma cultura rústica, a cana-de-açúcar necessita de cuidados especiais após a germinação, de forma a garantir o desenvolvimento normal da cultura até a colheita (Corbini,1987). Como existem algumas diferenças entre os tratos culturais efetuados em cana-planta e cana-soca, convém separá-los para facilitar a compreensão.

4.1.3.1 Cana-planta

Por tratos culturais de cana-planta entende-se todas as práticas efetuadas após o plantio, destinadas basicamente a manter a lavoura livre da infestação de "plantas-daninhas", insetos e fungos; além de complementar a adubação realizada durante o plantio.

O controle das plantas daninhas pode ser efetuado através de capinas manuais, mecânicas ou químicas. A capina manual com o auxílio da enxada é normalmente utilizada como complemento a outras técnicas, principalmente em áreas de difícil topografia. A capina mecânica é realizada por cultivadores ou discos rotativos tracionados por tratores. A capina química, por sua vez, é efetuada através do uso de herbicidas, que são produtos químicos com propriedade de matar ou inibir drasticamente o desenvolvimento das plantas. Sua aplicação é feita por barras de pulverização acopladas a tratores. O controle químico tem sido, de longe, o método de combate às ervas daninhas mais utilizado na lavoura canavieira.

No que se refere ao combate a insetos e fungos, o método mais adotado é a aplicação de inseticidas e fungicidas. Apesar da lenta introdução do controle biológico, a utilização de agrotóxicos ainda predomina nas lavouras paulistas.

4.1.3.2 Cana-soca

Os tratos culturais de cana-soca diferem em alguns aspectos daqueles realizados em cana-planta. Além do controle de plantas daninhas, insetos e fungos, é necessário limpar a área onde foi realizada a colheita, descompactar o solo endurecido e adubar as soqueiras.

Enleiramento é o nome dado à operação destinada a limpar a área onde foi realizada a colheita, pois uma enorme quantidade de palha e restos culturais permanece no terreno, inibindo a rebrota da cana e dificultando os tratos da soqueira. Esta operação é realizada mecânicamente por um implemento denominado ancinho rotativo enleirador, acionado por tratores, como mostra a figura 10.

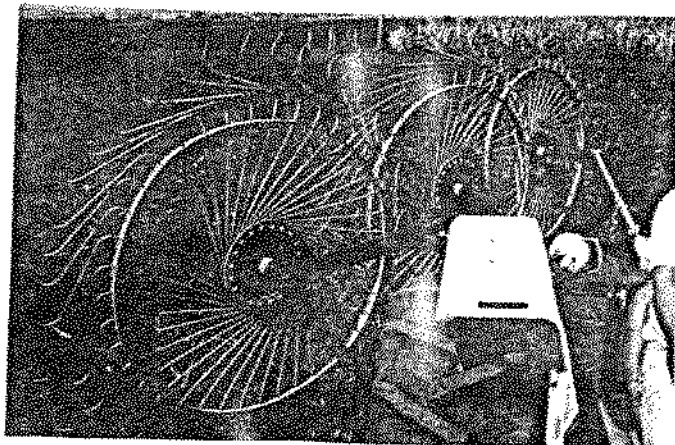


Figura 10. Enleiramento com ancinho rotativo

Fonte: (Álcool & Açúcar, 1984, p.14)

A descompactação do solo e a adubação das soqueiras são efetuadas pelo implemento conhecido como "cultivador de tríplice operação" - figura 11 - que, numa única operação, faz a subsolagem na entrelinha da cana, fornece adubo e realiza uma pequena gradagem para incorporá-lo ao solo.

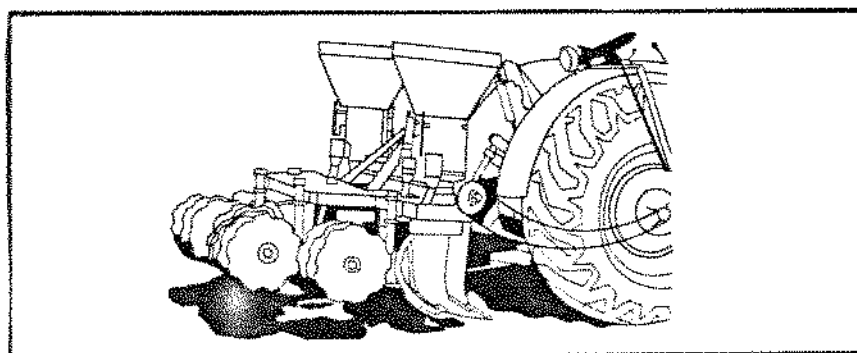


Figura 11. Cultivador de tríplice operação

Já se tornou bastante comum a aplicação de vinhaça em substituição parcial à adubação mineral de soqueiras. Seu aproveitamento na lavoura é recomendado principalmente devido à sua riqueza em matéria orgânica e nutrientes minerais, onde se destaca o potássio e, em menor quantidade o cálcio (Rosseto, 1987).

Distingue-se dois grandes sistemas de aplicação da vinhaça na lavoura: os caminhões-tanque, que transportam o produto diretamente das unidades industriais para a lavoura; e a aspersão com canhão hidráulico acionado por moto-bomba, que succiona a vinhaça diretamente de canais construídos ao longo da lavoura - figuras 12 e 13. No Estado de São Paulo predomina amplamente o uso de caminhões-tanque, enquanto a aspersão fica restrita às áreas próximas das usinas.

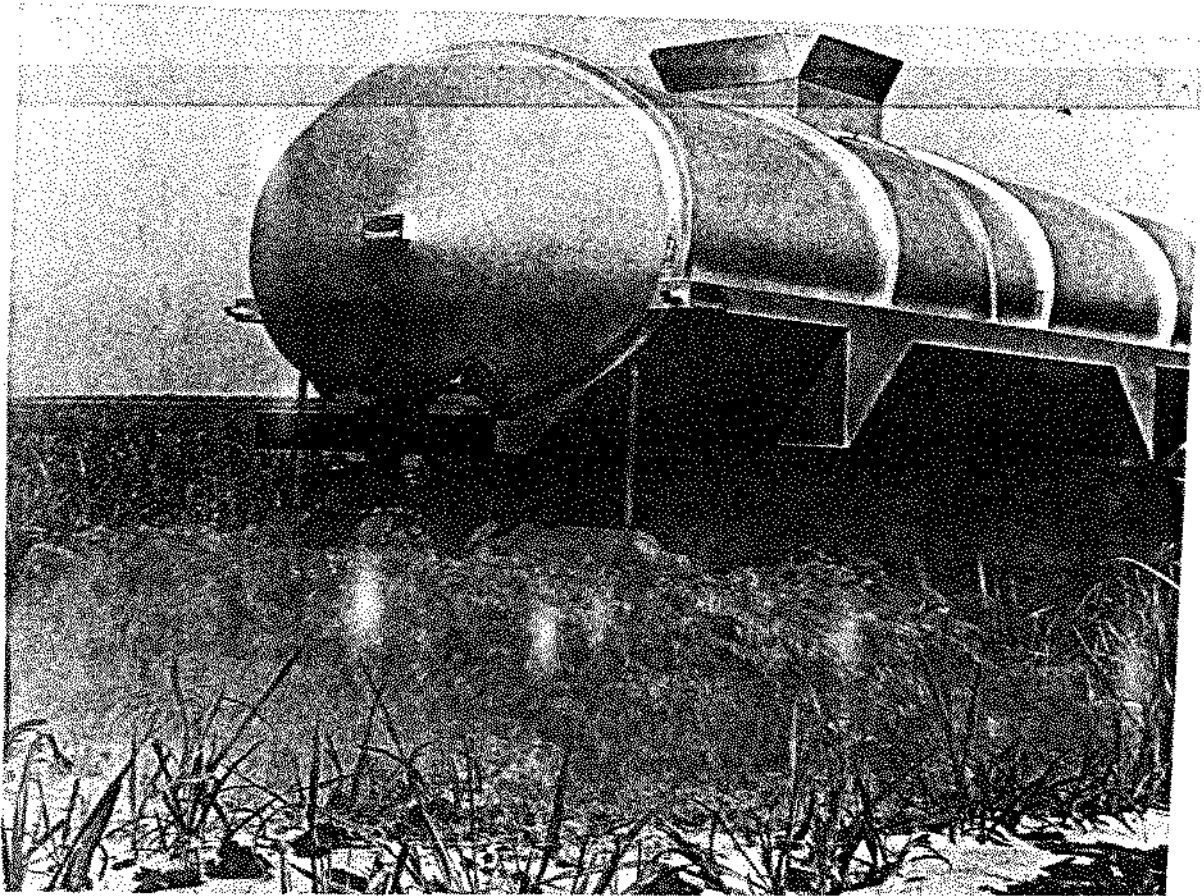


Figura 12. Aplicação de vinhaça com caminhão-tanque

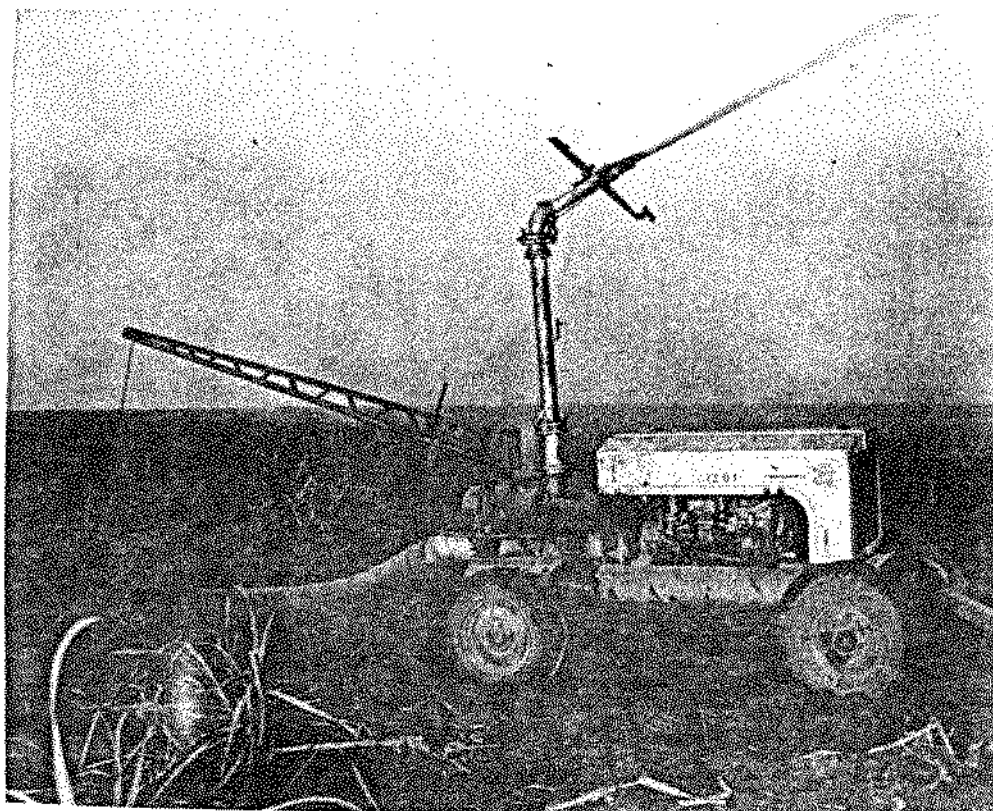


Figura 13. Aspersão de vinhaça com canhão hidráulico

Fonte : (Robin e Yamashita, 1989, p.29)

No que se refere ao controle de ervas-daninhas, insetos e fungos, os métodos utilizados não diferem muito daqueles adotados para cana-planta.

4.1.4 Colheita

Esta última etapa da produção de cana-de-açúcar envolve o corte, carregamento e transporte da cana até as unidades industriais.

O corte manual da cana-de-açúcar ainda predomina em todo o País, caracterizando-se como a operação mais intensiva em mão-de-obra de todo o complexo sucro-alcooleiro e, dadas as difíceis condições de trabalho das pessoas envolvidas, tal operação também se caracteriza por seus perversos desdobramentos sociais.

Nesta operação o trabalhador se utiliza de um facão para eliminar o material vegetal sem interesse para o processamento, tais como ponteiros, raízes, etc. Os colmos cortados são

depositados adequadamente sobre o terreno, para facilitar o trabalho das carregadeiras mecânicas, já que no Estado de São Paulo praticamente inexistente o carregamento manual.

A operação de carregamento pode ser realizada tanto por carregadeiras acopladas a tratores - figura 14 - como pelas auto-propelidas, introduzidas no mercado a partir da década de 80.

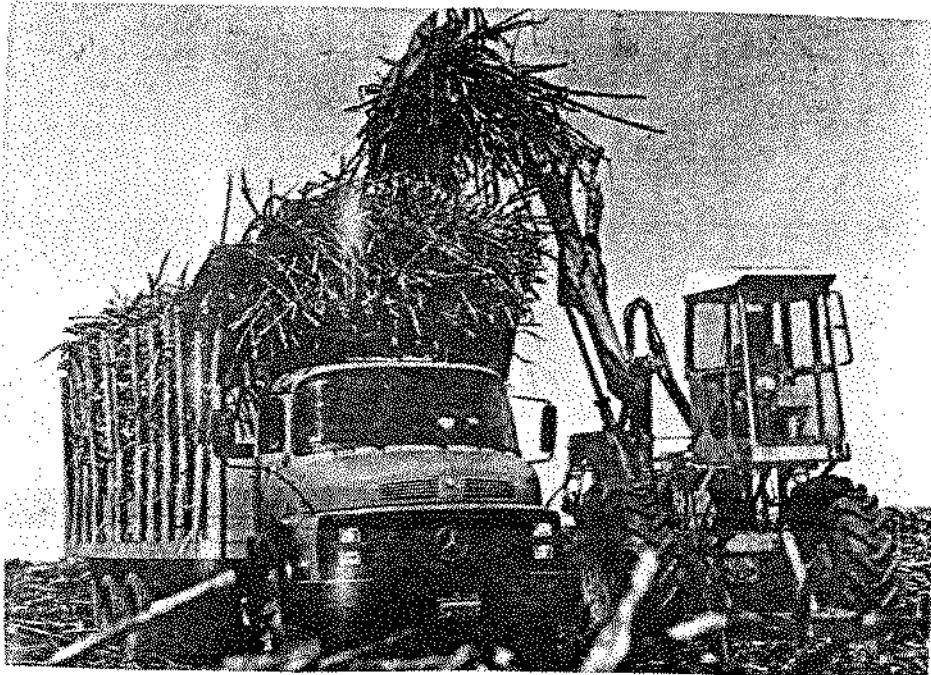


Figura 14. Operação de carregamento da cana-de-açúcar

Fonte: (Robin & Yamashita, 1989, p.29)

No caso do corte mecânico - figura 15 - as colhedoras ou combinadas realizam o corte basal, eliminam os ponteiros e colocam a cana cortada diretamente nos caminhões, dispensando o emprego das carregadeiras e, evidentemente, dos trabalhadores braçais.

Com raríssimas exceções, toda a matéria-prima é transportada pela malha rodoviária e o domínio dos caminhões no transporte de cana-de-açúcar é indiscutível.

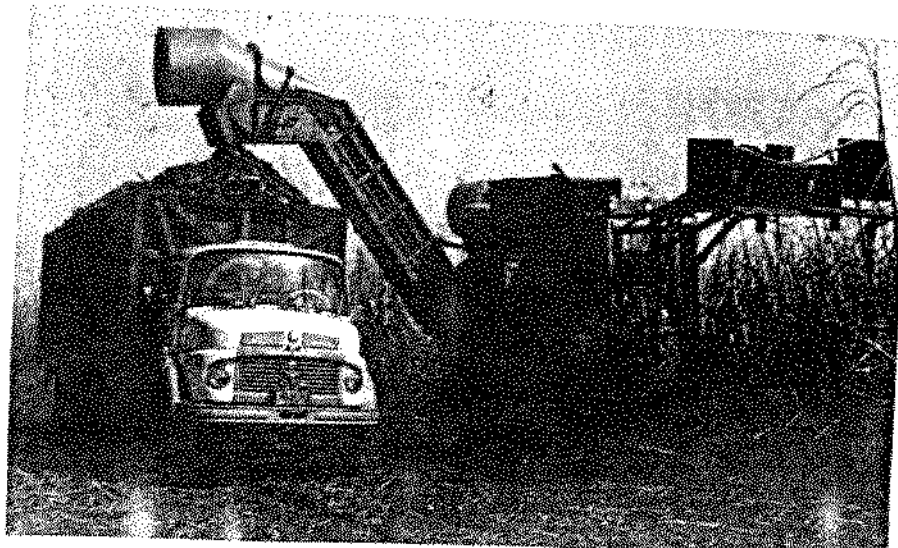


Figura 15. Corte mecanizado da cana-de-açúcar

Fonte: (Robin & Yamashita, 1989, p.29)

4.2 Proposta metodológica

Na agricultura, assim como nos demais setores, a demanda de energia está vinculada à própria concepção do processo produtivo. Dependendo das técnicas adotadas para satisfazer as necessidades da lavoura, ter-se-á diferentes perfis de demanda de combustível. Noutras palavras, *"(...) a energia em si mesma não é necessária, mas assim se torna para satisfação de outras necessidades. (...) De acordo com o modo de utilização e o equipamento empregado, o mesmo nível de satisfação de uma necessidade pode ser obtido com quantidades físicas de energia bem diferentes"* (CEE, 1986, p.41-43).

Assim, se o objetivo é atuar ao nível da demanda de óleo diesel, a metodologia empregada para quantificá-la deve permitir, também, simulações de eventuais mudanças para o futuro, não apenas pela substituição do combustível, mas também pela supressão, substituição e/ou modificações em equipamentos e práticas agrícolas que se caracterizem como fortes determinantes desta demanda.

Com o intuito de quantificar a demanda de óleo diesel na lavoura, bem como testar alterações no processo produtivo capazes de conservar ou substituir este combustível, propõe-se a desagregação da demanda à nível da cada equipamento e operação agrícola, ordenando

as informações numa "Tabela de Detalhamento da Demanda" com as seguintes características:

- a) Nas linhas, são discriminadas as operações agrícolas que compõem as diferentes fases do processo produtivo e os respectivos equipamentos empregados;
- b) Nas colunas, são especificados, para cada operação agrícola: o nível de mecanização, a participação da referida operação em relação à área total e a demanda de combustível correspondente.

O nível de desagregação das informações contidas na referida tabela possibilita a localização, no processo produtivo, dos principais determinantes da demanda, facilitando, por conseguinte, a elaboração de simulações, tanto no que se refere ao combustível utilizado como à prática agrícola adotada. Desta maneira, é possível estimar o impacto de propostas alternativas ao sistema de produção de cana-de-açúcar atualmente em vigor sobre o perfil energético.

A seguir se apresenta o significado dos coeficientes técnicos utilizados na metodologia e seu papel na configuração da demanda. Na seção 4.3 deste capítulo é efetuada a quantificação do consumo de óleo diesel na safra 89/90, através da aplicação da metodologia proposta.

4.2.1 Coeficientes técnicos e procedimentos necessários para o cálculo da demanda de combustível

Considerando que, para atender às necessidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar em 1 ha, são realizadas "n" operações agrícolas, então, para uma dada safra, a demanda de combustível pode ser obtida pela seguinte relação:

$$D_T = A_T * \sum_{i=1}^n D_{opi} \quad (4.1)$$

onde,

D_T : demanda total de combustível, em l;

A_T : área total de cana-de-açúcar, em ha; e

D_{opi} : demanda de combustível na operação "i", em l/ha.

É importante notar que a área total " A_T " referenciada difere da área colhida para moagem, pois, a primeira engloba também as áreas destinadas à reforma e à produção de mudas.

A demanda de combustível na operação "i" é, por sua vez, encontrada através da seguinte relação:

$$D_{opi} = C_{eqi} * F_{1i} * F_{2i} \quad (4.2)$$

onde,

C_{eqi} : consumo operacional do equipamento utilizado na operação "i", em l/ha;

F_{1i} : fator de utilização do equipamento. Indica qual a fração da área destinada à operação "i", na qual o equipamento especificado é empregado. Por exemplo, se na operação de corte da cana-de-açúcar forem utilizadas máquinas colhedeiças em 10% da área e, no restante, trabalhadores braçais, tem-se $F_{1i} = 0,10$.

F_{2i} : fator de difusão da operação. Reflete a fração da área total, A_T , abrangida pela operação especificada. Assim, se, por exemplo, a colheita for realizada em 85% da área, ficando o restante para a reforma do canavial, tem-se $F_{2i} = 0,85$.

Percebe-se, portanto, que a demanda de combustível no processo produtivo pode sofrer alterações sem que para isso ocorra qualquer mudança nas características do equipamento empregado. A equação (4.2) mostra que a demanda pode sofrer variações decorrentes tanto do avanço da mecanização como da difusão de uma nova prática agrônômica - o cultivo mínimo por exemplo.

Com o intuito de trabalhar com mudanças à nível de equipamento, bem como obter seu consumo operacional " C_{eqi} ", propõe-se a utilização das seguintes relações, de acordo com o tipo e finalidade do equipamento empregado:

• TRATORES:

$$C_{eqi} = \frac{C_{si}}{N_{opi}} \quad (4.3)$$

onde,

C_{si} : consumo específico do equipamento, em l/h;

N_{opi} : capacidade operacional do equipamento, em ha/h.

• CARREGADEIRAS E COLHEDEIRAS:

$$C_{eqi} = P_s * \frac{C_{si}}{N_{opi}} \quad (4.4)$$

onde:

P_s : produtividade agrícola, em t/ha;

N_{opi} : capacidade operacional, em t/h.

• CAMINHÕES CANAVIEIROS:

$$C_{eqi} = \frac{S * P_s}{K_i * C_{si}'} \quad (4.5)$$

onde:

S : distância média lavoura-destilaria-lavoura, em km;

K_i : carga transportada por viagem, em t;

C_{si}' : consumo específico, em km/l.

• CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DE INSUMOS:

$$C_{eqi} = \frac{S * I_i}{K_i * C_{si}'} \quad (4.6)$$

onde:

I_i : insumos aplicados na operação em t/ha.

• VEÍCULOS PARA TRANSPORTE DE TRABALHADORES:

$$C_{eqi} = \frac{S'_i * T_i}{N_{ii} * C'_{ii}} \quad (4.7)$$

onde:

T_i : trabalhadores envolvidos na operação, em homens-dia/ha

N_{ii} : trabalhadores transportados por viagem;

S'_i : distância média cidade-lavoura-cidade, em km.

4.3 Aplicação da metodologia para a safra 89/90 no Estado de São Paulo

É importante, de início, explicitar as principais dificuldades encontradas na aplicação da metodologia proposta na seção 4.2.

A primeira limitação decorre da existência de uma certa heterogeneidade entre os produtores de cana-de-açúcar no que se refere à condições edafo-climáticas, sistema gerencial, facilidades de financiamento, assistência técnica, etc., impedindo a existência de um rígido perfil tecnológico no setor. Tal heterogeneidade impõe dificuldades na determinação de um "equipamento padrão" para cada uma das operações agrícolas realizadas na lavoura; entretanto, tendo em vista o propósito desta dissertação, concluiu-se que é perfeitamente factível trabalhar com as tecnologias mais disseminadas nos canaviais paulistas, desconsiderando aquelas de caráter mais pontual.

Uma outra limitação digna de nota decorre da impossibilidade de obter, à partir de uma única fonte, o grande volume de informações para compor a base de dados exigida pela metodologia. Assim, para a construção das tabelas de cálculo, foi preciso reunir informações provenientes de visitas técnicas, anais de congressos, livros e periódicos especializados, além de coeficientes técnicos utilizados em levantamentos de custos de produção da cana-de-açúcar.

4.3.1 Tabela de Detalhamento da Demanda

A tabela 15, montada à partir das equações (4.2) e (4.3), permite a visualização da demanda de óleo diesel - D_{opi} - em cada uma das operações realizadas na lavoura. Para uma maior compreensão da referida tabela, convém atentar para as seguintes considerações:

a) Excetuando-se as capinas mecânicas (ops. 18 e 26), a aplicação de vinhaça (ops. 23 e 24) e o corte e carregamento da cana-de-açúcar (ops. 28 e 29), o fator de utilização do equipamento foi considerado $F_1 = 1,0$, pois os equipamentos especificados trabalham em toda a extensão da área abrangida pelas respectivas operações agrícolas. Admitiu-se a capina mecânica em 20% da área, tanto no caso da cana-planta como nas soqueiras; no corte são utilizados trabalhadores braçais em 80% da área de colheita. No que se refere à aplicação de vinhaça, verificar o ítem "c" desta seção.

b) Foi considerado um ciclo de 05 anos para a cana-de-açúcar, onde são realizados 01 reforma, 03 tratos culturais de soqueira e 04 cortes. Assim, o fator de difusão da operação - F_2 - assume os seguintes valores: 0,20 para operações de reforma; 0,60 para os tratos de soqueira e 0,80 para as operações de colheita. Excessão deve ser feita à vinhaça (ítem "c") e às seguintes operações que não se ajustam a tais valores:

b1) Subsolação (op.7): segundo Nogueira(1987), uma análise de compactação do solo possibilita uma redução da área subsolada em aproximadamente 30% da área de reforma. Portanto, $F_2 = 0,7*0,2 = 0,14$.

b2) Transporte e aplicação da torta de filtro (ops.13 e 14). O volume total de torta produzida pela usina não é suficiente o bastante para sua aplicação em toda a área reformada. No limite, é possível sua aplicação em 42%² da área, portanto, $F_2 = 0,80*0,2 = 0,16$.

c) Aplicação de vinhaça. Mاتيoli (1989) apresenta um estudo indicando que a utilização de caminhões-tanque predomina nos canaviais paulistas, atingindo 80% da área total irrigada com vinhaça. Na área restante a vinhaça, depois de diluída com águas residuais, é aplicada através de aspersão com canhão hidráulico em montagem direta. Assim,

²Considerando uma produtividade agrícola de 75 t/ha, e uma produção de 35 kg de torta por tonelada de cana processada, tem-se uma produção de 2625 kg de torta úmida/ha colhido. Como são aplicados, em média, 12 t (úmidas)/ha, seria possível adubar, aproximadamente, uma área correspondente à 20,0% da área colhida, ou, 80% da área de reforma (Coleti, 1987).

para a operação 23 tem-se $F_1 = 0,80$; para a operação 24, $F_1 = 0,20$. Quanto ao fator de difusão da operação, cabe lembrar que, se toda vinhaça produzida fosse destinada à lavoura, seria possível sua aplicação em 75% das soqueiras; entretanto, segundo uma pesquisa realizada pela Copersucar(1989), 40% da vinhaça produzida no Estado de São Paulo não é aproveitada³. Assim, $F_2 = 0,60 \cdot 0,75 \cdot 0,60 = 0,27$ Segundo Matioli(1989), o consumo específico de óleo diesel no sistema de aspersão varia entre 9,24 e 12,24 l/h para uma aplicação de 128 à 140 m³/h. Admitindo-se um valor médio de 0,08 l/m³ e sabendo-se que são aplicados 500 m³, tem-se $C_{eq} = 40$ l/ha.

d) Para um maior esclarecimento à respeito das características operacionais dos equipamentos, assim como dos valores de "Ceq", convém recorrer às tabelas 16 à 20.

³A quantidade de vinhaça produzida pelas destilarias depende do teor alcoólico obtido na fermentação, de modo que a proporção pode variar de 10 à 18 litros para cada litro de álcool produzido (Rosseto, 1987). Considerando uma média de 14 l, pode-se afirmar que são produzidos 84000 l para cada ha colhido. Como são aplicados, em média, 150.000 l/ha, sua produção é suficiente para irrigar uma área correspondente à 56,0% da área de colheita, ou seja, 75% das soqueiras (Copersucar, 1989).

Tabela 15 Detalhamento da demanda de óleo diesel na lavoura canavieira do Estado de São Paulo, na safra 89/90

Nº	Operação agrícola	Ceqi (l/ha)	F1	F2	Dopi (l/ha)
01	Transporte de calcário	2,5	1,0	0,20	0,50
02	Distribuição de calcário	8,6	1,0	0,20	1,7
03	Erradicação de soqueiras	33,0	1,0	0,20	6,6
04	Gradagem pesada	32,0	1,0	0,20	6,4
05	Gradagem leve	13,6	1,0	0,20	2,7
06	Gradagem de nivelamento	12,5	1,0	0,20	2,5
07	Subsolagem	30,0	1,0	0,14	4,2
08	Terraceamento	12,5	1,0	0,20	2,5
09	Reforma de carregadores	7,6	1,0	0,20	1,5
10	Sulcação e adubação	15,0	1,0	0,20	3,0
11	Carregamento de mudas	20,3	1,0	0,20	4,1
12	Transporte de mudas	9,9	1,0	0,20	2,0
13	Transporte de torta de filtro	4,8	1,0	0,16	0,8
14	Aplicação da torta de filtro	6,0	1,0	0,16	1,0
15	Cobrimento dos sulcos	3,1	1,0	0,20	0,6
16	Transporte de fertilizantes	2,1	1,0	0,20	0,4
17	Capina química	2,0	1,0	0,20	0,4
18	Capina mecânica	5,2	0,2	0,20	0,2
19	Adubação de cobertura	2,9	1,0	0,20	0,6
20	Transporte de trabalhadores I	10,3	1,0	0,20	2,1
21	Enleiramento da palha	3,6	1,0	0,60	2,2
22	Tríplice operação	13,0	1,0	0,60	7,8
23	Aplicação de vinhaça (veículos)	113,6	0,8	0,27	24,5
24	Aplicação de vinhaça (aspersão)	40,0	0,2	0,27	2,2
25	Capina química	2,0	1,0	0,60	1,2
26	Capina mecânica	6,2	0,2	0,60	0,7

26	Capina mecânica	6,2	0,2	0,60	0,7
27	Transporte de trabalhadores II	4,2	1,0	0,60	2,5
28	Corte da cana-de-açúcar	56,7	0,2	0,80	9,1
29	Carregamento	20,3	0,8	0,80	13,0
30	Transporte da cana-de-açúcar	94,0	1,0	0,80	75,2
31	Transporte de trabalhadores III	11,2	0,8	0,80	7,2
Subtotal :					189,4
Produção de mudas ⁴					5,9
TOTAL					195,3 l/ha

Nas tabelas 16 e 17 estão especificadas as características técnicas dos tratores, colhedeiros e carregadeiras empregados na lavoura canavieira, discriminados por operação agrícola. Os consumos operacionais, "Ceqi", foram calculados através das equações (4.3) e (4.4); os consumos específicos, "Csi", e as capacidades operacionais, "Nopi" e "Nopi", foram obtidos à partir das fontes citadas em cada tabela.

⁴Para a produção de mudas considerou-se o mesmo processo produtivo, exceto a colheita mecanizada. Segundo Nogueira(1987), são necessárias 12 t/ha, assim: $189,4 * 0,2 * (12/75) = 5,9$ l/ha.

Tabela 16 Consumo de óleo diesel nos tratores utilizados na lavoura canavieira, por operação agrícola

Nº	MÁQUINA/IMPLEMENTO	Csi (l/h)	Nopi (ha/h)	Ceqi (l/ha)
02	FORD 6600 (79CV) / carreta distrib.	6,0	0,7	8,6
03	CAT D6 (165CV) / grade 16d x 32"	33,0	1,0	33,0
04	CAT D6 (165CV) / grade 16d x 32"	32,0	1,0	32,0
05	VALMET 128 (122CV) / grade 24d x 26"	15,0	1,1	13,6
06	VALMET 128 (122CV) / grade 24d x 26"	15,0	1,2	12,5
07	CAT D6 (165CV) / subsolador 03 hastes	27,0	0,9	30,0
08	CAT D6 (165CV) / lâminas	25,0	2,0	12,5
09	CAT 120B/lâminas	25,0	3,3	7,6
10	VALMET 128(122CV)/sulcador adubador	12,0	0,8	15,0
14	MF 265 (61CV)/carreta	6,0	1,0	6,0
15	MF 275 (69CV)/cobridor traseiro	5,4	1,8	3,1
17	FORD 4600 (64CV) / bomba de herbicida	4,0	2,0	2,0
18	VALMET 86 ID (79CV) / cultivador	5,2	1,0	5,2
19	FORD 6600-TR (79CV) / adubadeira	6,7	2,3	2,9
21	FORD 4600 (64CV) / enleiradeira	3,3	0,9	3,6
22	VALMET 128 (122CV) / cultivador triplo	13,0	1,0	13,0
25	FORD 4600 (63CV) / bomba de herbicida	4,0	2,0	2,0
26	FORD 6600 (79CV) / cultivador	6,8	1,1	6,2

Fontes:(Peticarrari & Ide, 1986); (Freitas, 1987); (Nogueira, 1987);(SOPRAL, 1989); (Usina Sta. Adélia, 1989) e consulta sistemática aos periódicos da Sociedade dos Técnicos Alcooleiros do Brasil.

**Tabela 17 Consumo de óleo diesel nas carregadeiras e colhedei-
ras utilizadas na lavoura canavieira, por operação agrícola.**

Nº Op.	Equipamento	Csi (l/h)	Nop'i (t/h)	Ceqi (l/ha)
11	MF65-R/carregadeira	5,4	20,0	20,3
28	Colhedeira Toft 6000	41,1	54,4	56,7
29	MF65-R/carregadeira	5,4	20,0	20,3

Fonte: (Nogueira, 1987)

A tabela 18, montada à partir da equação (4.5), mostra o consumo "Ceqi" dos caminhões transportadores de cana. Verificou-se a existência de uma certa discrepância entre as diferentes fontes de dados. Optou-se, aqui, pela utilização da distância proposta pela Sopral(1988).

Tabela 18 Consumo de óleo diesel no transporte de cana-de-açúcar

Nº Op.	Equipamento	Ki (t)	Csi (km/l)	S (km)	Ceqi (l/ha)
30	MB 2213	13,3	1,8	30,0	94,0

Fontes: (Olivério & Miranda, 1988) e (SOPRAL, 1989)

Na tabela 19 são especificadas as características técnicas dos caminhões empregados no transporte de insumos (fertilizantes, calcário, mudas, etc.), discriminadas por operação agrícola. Os consumos "Ceqi" foram calculados através da equação (4.6). As demais informações foram obtidas à partir da literatura citada.

Tabela 19 Consumo de óleo diesel nos caminhões de transporte de insumos, por operação agrícola

Nº Op.	Equipamento	I (t/ha)	Ki (t)	Csi (km/l)	S (km)	Ceqi (l/ha)
01	FORD-13000	2,0	12,0	2,0	30	2,5
12	MB 2213	12,0	13,5	1,8	20	9,9
13	FORD-13000	5,0	8,0	2,6	20	4,8
16	FORD-13000	2,1	12,0	2,5	30	2,1
24	MB 2213	150,0	12,0	2,2	20	113,6

Fontes: (SOPRAL, 1989); (Nogueira, 1987) e (COPERSUCAR, 1989)

Na tabela 20, o consumo "Ceqi" dos veículos utilizados no transporte de trabalhadores é calculado à partir da equação (4.7), para cada uma das fases do processo produtivo da cana-de-açúcar: reforma (op.20), tratos de soqueira (op.27) e colheita (op.31). O número de trabalhadores necessário em cada uma das fases foi obtida à partir de estudos realizados pelo IEA(1989), enquanto a distância "S" foi resultado de um estudo efetuado pela SOPRAL(1988).

Tabela 20 Consumo de óleo diesel no transporte de trabalhadores da lavoura canavieira

Nº Op.	Equipamento	Ti (hd/ha)	Nvi	Csi (km/l)	S (km)	Ceqi (l/ha)
20	MB LPO-1313	14,0	35	3,0	90	10,3
27	MB LPO-1313	5,7	35	3,0	90	4,2
31	MB LPO-1313	15,3	35	3,0	90	11,2

Fontes: (SOPRAL, 1989); (IEA, 1989) e (Usina Sta. Adélia, 1989)

4.3.2 Análise dos resultados obtidos

Na safra 89/90 foram moídas 124,6 milhões de toneladas de cana no Estado de São Paulo, o que representa uma área colhida de 1.661.334 ha, considerando-se a produtividade agrícola média de 75 t/ha. A área total cultivada com cana-de-açúcar, incluindo a de reforma, foi de 2,08 milhões de ha. Através da equação (4.1), chegou-se a um consumo de $406,2 \times 10^3$ m³ de óleo diesel, o que significa uma necessidade de refino da ordem de 7,3 milhões de barris de petróleo.

Devido ao elevado nível de desagregação obtido no cálculo da demanda de óleo diesel, é possível identificar seus principais determinantes e, assim, estabelecer as prioridades a serem assumidas no caso de adoção de políticas visando alterações no perfil energético. Tal tarefa será desenvolvida no capítulo 5 e, por ora, basta destacar os pontos mais evidentes.

A figura.16 apresenta, de forma sintética, os resultados obtidos. Note-se que a fase da colheita caracteriza-se como a principal consumidora de combustível (55,1%), seguida pela reforma (23,2%) e pelos tratos de soqueira (21,7%). No que se refere ao consumo realizado por tipo de equipamento, os caminhões destacam-se tanto na colheita como nos tratos culturais, enquanto na reforma do canavial são os tratores que determinam a intensidade do consumo. É evidente, portanto, que a colheita deve ser olhada com atenção redobrada em qualquer programa de conservação e/ou substituição de combustíveis que venha a ser implantado na lavoura canavieira.

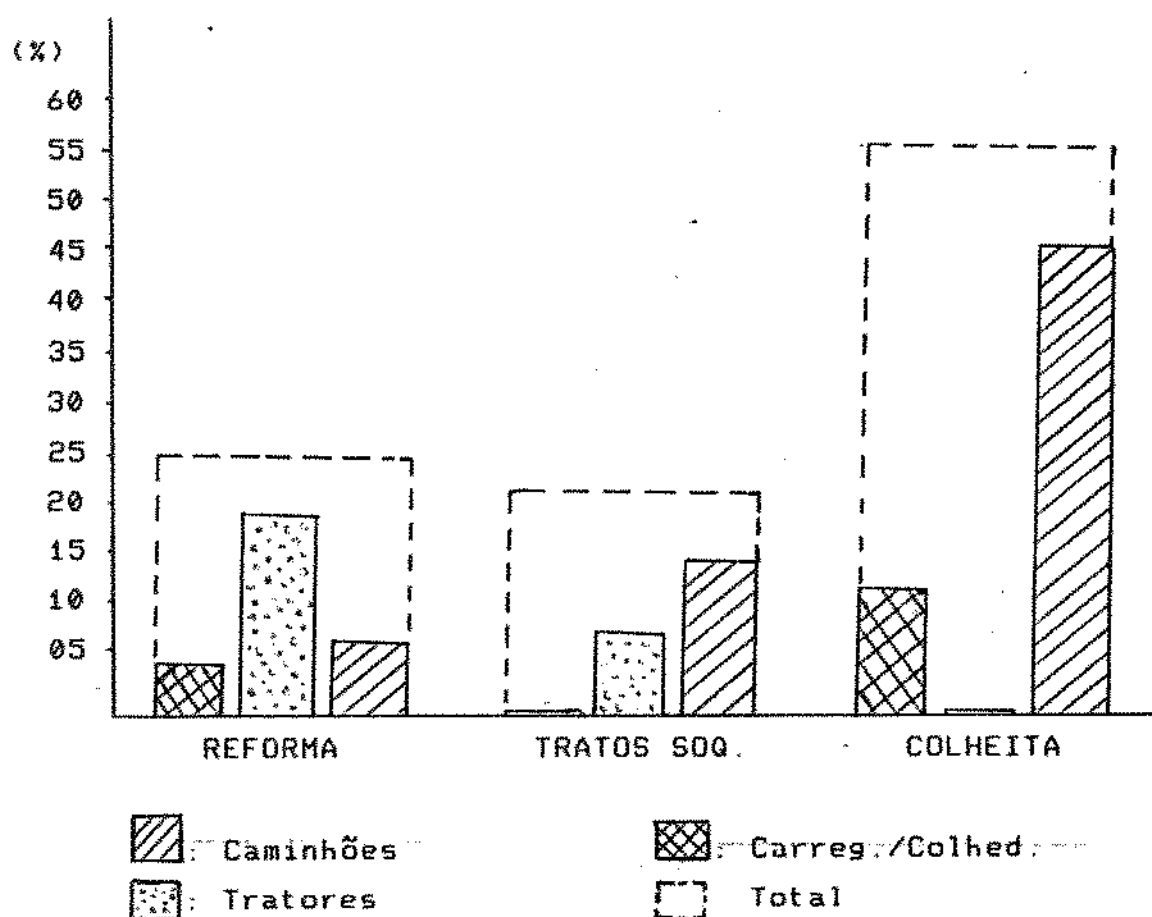
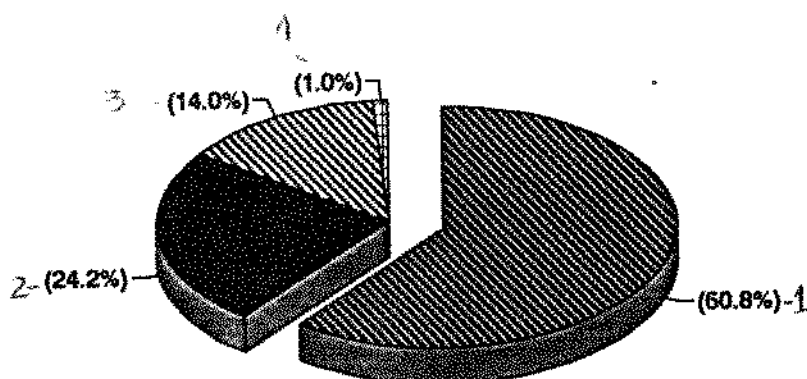


Figura 16. Consumo de óleo diesel na lavoura canvieira, discriminado por fase do processo produtivo, em %

A figura 17 mostra que os caminhões são responsáveis por 60,8% do diesel consumido, confirmando-se, assim, a elevada intensidade energética associada ao fluxo de cargas e pessoas ao longo do processo produtivo. Os tratores, por sua vez, respondem por 24,2% deste consumo, concentrados principalmente na reforma do canavial, quando o revolvimento do solo é intenso. Assim, no que se refere aos equipamentos, os caminhões devem ser priorizados caso se pretenda a redução da uso de combustíveis.



1. Caminhões
2. Tratores
3. Colhedeiras/carreg.
4. Motores estac.

Figura 17 Consumo de óleo diesel na lavoura canavieira, por tipo de equipamento, em %

Entre as operações realizadas com caminhões, o transporte de cana-de-açúcar e a aplicação de vinhaça caracterizam-se como as mais intensivas no consumo de combustíveis, conforme mostra a tabela 21. Assim, caso se pretenda atuar sobre a demanda de combustíveis em caminhões, tais operações merecem ser destacadas. Note-se, ainda, que o transporte da matéria-prima responde por quase metade do consumo total.

Quanto ao consumo realizado pelos tratores, a tabela 22 mostra que o preparo do solo responde por 61,4%, indicando que esta etapa do processo produtivo deve ser tratada com prioridade, caso se pretenda uma redução no consumo energético das máquinas agrícolas.

Tabela 21 Participação dos caminhões no consumo de óleo diesel da lavoura canavieira, discriminada por aplicação, em %

	% dos transp.	% do total
Transporte de cana	67,0	41,8
Aplicação de vinhaça	21,3	13,0
Transporte de trabalhadores	10,2	6,2
Outras (*)	1,5	0,9

(*) Fertilizantes, calcário e torta de filtro.

Tabela 22 Participação dos tratores no consumo de óleo diesel da lavoura canavieira, discriminada por tipo de aplicação, em em %

	% dos tratores	% do total
Preparo do sol	61,4	15,0
Plantio	10,0	2,5
Preparação de soqueiras (*)	21,8	5,3
Outras (**)	6,8	1,7

(*) Enleiramento e tríplice operação

(**) Capinas e adubação

É necessário um certo cuidado na utilização dos resultados apresentados caso se pretenda fazer comparações com o álcool produzido, pois parte da cana moída é utilizada na produção de açúcar. Para evitar que o combustível consumido na lavoura destinada a produção de açúcar seja atribuído à produção alcooleira, convém trabalhar com os consumos por unidade de área. Para determinar a relação energética entre o álcool produzido e o diesel consumido, deve-se utilizar o valor energético destes combustíveis, ou seja, para o álcool - PCI = 5495 kcal/kg - e, para o óleo diesel - PCI = 9.235 kcal/kg (Nogueira, 1987). Assim, para 1 ha:

- Energia associada ao álcool:

$$75(\text{t/ha}) \times 80(\text{l/t}) \times 0,80 \times 5495(\text{kcal/l}) = 2637,6 \times 10^4 \text{ kcal/ha}$$

- Energia associada ao diesel:

$$195,3(\text{l/ha}) \times 9235(\text{kcal/l}) = 180,4 \times 10^4 \text{ kcal/ha}$$

Desta maneira, a relação energética é de 1 l de óleo diesel consumido para 14,6 l de álcool produzido. Comparando-se volumetricamente a relação é de 30,7.

É importante lembrar, no entanto, que, se o objetivo é a procura de propostas para a redução na utilização do óleo diesel, não faz muito sentido diferenciar as lavouras destinadas à produção de álcool daquelas destinadas a produção de açúcar, pois os equipamentos e o processo produtivo são os mesmos. Neste sentido, qualquer estratégia para enfrentar o problema deve trabalhar com a lavoura canavieira em sua totalidade.

Outros trabalhos já foram publicados com o objetivo de analisar a utilização de energia na produção de açúcar e álcool. No Brasil, destacam-se três.

O primeiro deles, realizado por Silva et alii(1976), computou o consumo de energia na lavoura canavieira⁵, incluindo os insumos energéticos indiretos. No que se refere ao óleo diesel, o trabalho indica um consumo de 2.635.083 kcal/ha, o que corresponde à 311,7 l/ha, considerando-se o poder calorífico adotado pelos autores. O consumo adicional de 61% em relação à tese ora apresentada parece encontrar explicação, principalmente, na grande diferença de capacidade de carga entre os caminhões adotados em ambas as pesquisas : 7,0 t no trabalho supra citado contra 13,3 t nesta tese.

O segundo trabalho que vale ser citado, foi realizado por Serra et alii(1979) e considerou o consumo de energia tanto na fase agrícola como na fase industrial da produção alcooleira⁶. Neste caso, os autores não especificaram as características operacionais dos equipamentos e o consumo de óleo diesel foi fornecido em conjunto com gasolina, óleo combustível e lubrificantes, o que dificulta a comparação dos resultados. De qualquer forma, é importante registrar que o consumo de energia, na forma de combustíveis, foi calculado em 4025 Mcal/ha, o que significa 446 l/ha, considerando-se o poder calorífico adotado pelos autores.

⁵São analisadas também as lavouras de mandioca e sorgo sacarino.

⁶Diversas outras culturas são analisadas no trabalho.

O terceiro trabalho que tratou do tema foi realizado por Nogueira(1987). Apesar do autor ter se debruçado mais detidamente na análise energética da fase industrial da produção sucro-alcooleira, o trabalho traz também uma caracterização tecnológica dos equipamentos mais utilizados na lavoura canavieira do Estado de São Paulo, apontando para um consumo de óleo diesel de 154,4 l/ha. Inferior, portanto, em 20% ao consumo calculado aqui. Tal diferença parece residir principalmente no transporte de trabalhadores e na fertirrigação de vinhaça, onde o autor considera uma aplicação de 100 m³ /ha.

CAPÍTULO 5

PERSPECTIVAS DE MUDANÇAS NO PERFIL ENERGÉTICO DA LAVOURA CANAVIEIRA

Neste capítulo são discutidas possibilidades de alterações na intensidade de utilização do óleo diesel no processo produtivo da cana-de-açúcar. Tais alterações podem ocorrer tanto pela utilização de combustíveis alternativos como pela adoção de novas técnicas culturais que tenham, entre outros efeitos, um impacto significativo sobre a demanda daquele derivado de petróleo.

É importante notar que, enquanto a introdução de um combustível alternativo tem como propósito principal a modificação do perfil energético, o mesmo não se pode afirmar quando se trata de adotar uma nova prática cultural, pois, neste último caso, nem sempre a motivação principal é a questão energética. Afinal, o esforço de um sistema de P&D pode ser orientado para sistemas mais sofisticados, exigindo uma maior participação do componente tecnológico, ou para sistemas que exijam um maior emprego do fator terra e/ou mão-de-obra, estes menos exigentes em tecnologia (Pelin & Pinazza, 1982). É evidente que, dependendo do sentido de tal orientação, ter-se-á impactos distintos sobre a demanda de combustível. Assim, são apresentadas, neste capítulo, as principais e prováveis alterações no processo produtivo da cana-de-açúcar e seus respectivos impactos sobre a demanda de combustível. São discutidas, ainda, as possibilidades da introdução de combustíveis alternativos ao óleo diesel, particularmente o metano e o álcool etílico.

5.1 A Adoção de novas práticas culturais e sua influência sobre a demanda de óleo diesel

5.1.1 A expansão do cultivo mínimo na reforma do canavial

A preocupação com a melhoria das atividades de preparo do solo na agricultura não é nova. Tais melhorias, entretanto, tem sido orientadas mais no sentido de aumentar a capacidade de trabalho do conjunto máquina/implemento e raramente no sentido de aperfeiçoar a técnica de preparo do solo propriamente dita. Noutras palavras, as mudanças ocorridas têm se orientado, quase que exclusivamente, no sentido de se preparar maiores áreas em uma mesma unidade de tempo, através da utilização de máquinas cada vez mais potentes. Só recentemente tem havido uma certa preocupação em se avaliar os efeitos da mecanização pesada na conservação dos solos e na demanda energética (Seguy et alli, 1984).

No caso da lavoura canavieira, a ampla disponibilidade de tratores com potência na faixa de 110 à 150 HP ofereceu aos produtores, nas últimas décadas, a possibilidade de efetuar um preparo do solo mais fundo e agressivo, além de elevar a eficiência operacional. No entanto, o tráfego de maquinaria pesada também contribuiu para agravar o problema da compactação dos solos e, no caso de solos de textura média ou arenosa e de topografia ondulada, o intenso revolvimento do solo vêm provocando a ocorrência de erosão hídrica (Peticarrari, 1986). Assim, nos últimos anos tem se verificado um intenso questionamento acerca da validade de algumas práticas realizadas durante a reforma do canavial. É justamente devido a tais problemas que foi introduzido o conceito de cultivo mínimo.

O cultivo mínimo é definido como um sistema de preparo do solo e plantio em que se efetua uma movimentação mínima do solo, necessária para colocar as mudas em profundidade, oferecendo ainda condições físicas de solo satisfatórias para a brotação e posterior desenvolvimento do sistema radicular. Para atingir tal intento, são focalizadas as operações com implementos de profundidade (grades e subsoladores), as quais a nova técnica pretende suprimir como práticas de preparo do solo para o plantio. Dentro desse quadro, o cultivo mínimo tem se destacado como uma alternativa à reforma convencional do canavial, principalmente devido a preservação da estrutura do solo e à proteção contra erosão hídrica.

Conforme mostrou-se no capítulo 4, o preparo do solo é responsável por 60,3% do óleo diesel consumido em tratores e por 15% do consumo total no processo produtivo da cana-de-açúcar. Convém, portanto, verificar o impacto causado pela introdução do cultivo mínimo sobre a utilização de combustíveis.

À exemplo do que foi efetuado anteriormente para o preparo convencional do solo, a demanda de óleo diesel associada ao cultivo mínimo deve ser calculada a nível de cada equipamento e operação agrícola. Desta forma, pode-se efetuar as devidas comparações e verificar se ocorre uma redução ou um acréscimo na utilização deste combustível. Tomando-se como referência a tabela 15, tem-se que:

- A erradicação de soqueiras (op.03), antes realizada por grades acopladas a tratores de esteiras, é efetuada no cultivo mínimo utilizando-se de um implemento denominado eliminador mecânico de soqueira - figura 18 - tracionado por tratores de menor potência. Tal operação pode também ser efetuada através da aplicação de herbicida - o glifosato.
- As gradagens posteriores à destruição das soqueiras (ops.04, 05 e 06), normalmente não se fazem necessárias no cultivo mínimo.
- A subsolagem (op.06) é realizada no cultivo mínimo conjuntamente com a sulcação, destorroamento e adubação, através do implemento denominado SSD, acoplado a tratores com uma potência média de 120 CV, realizando, em média, duas linhas por vez.

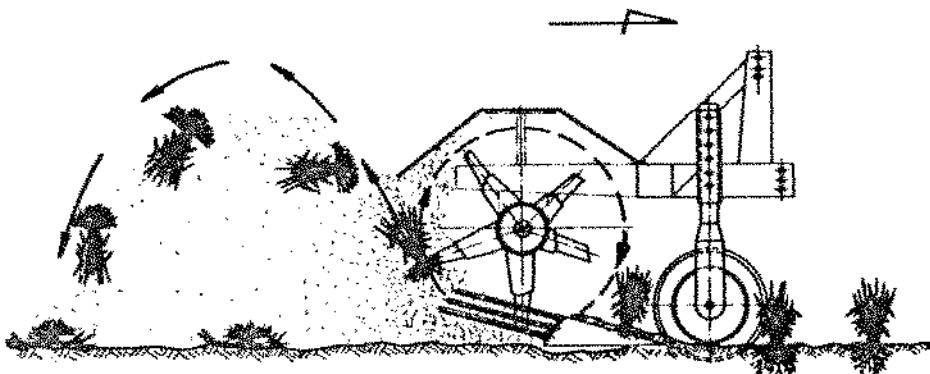


Figura 18 Erradicação mecânica de soqueiras

Fonte: (Peticarrari & Ide, 1986)

Na tabela 23 estão especificadas as características técnicas e o consumo "Ceqi" dos conjuntos máquina/implemento utilizados na destruição das soqueiras - op.3' - e na sulcação/adubação - op.10'.

Tabela 23 Coeficientes técnicos dos tratores utilizados no cultivo mínimo da cana-de-açúcar.

Operação	Máquina/implemento	Csi (l/h)	Nopi (ha/h)	Ceqi (l/ha)
3i	MF265/pulverizador	5,0	3,5	1,4
	Valmet 118x4/arranc.soq.	10,0	0,9	11,1
10i	Valmet 118x4/SSD-2	12,0	0,8	15,0

Fonte: (Peticarrari & Ide, 1986)

Ao se comparar o consumo "Ceqi" realizado no cultivo mínimo (Ops.3' e 10') com aquele obtido no preparo convencional (Ops. 3, 4, 5, 6, 7 e 10 da tabela 16), percebe-se uma alteração significativa no consumo de óleo diesel, reduzindo-se de 136,1 para 16,4 l/ha ou 26,1 l/ha, dependendo se as soqueiras são destruídas química ou mecanicamente. Entretanto, sabe-se que a reforma do canavial corresponde apenas à uma parcela da área total destinada à lavoura e, assim, o impacto destes sistemas alternativos sobre a demanda total de combustível é relativamente limitado. Além do mais, o cultivo mínimo é recomendado para solos arenosos, com teor de argila menor que 35% (Peticarrari & Ide, 1986), o que reduz ainda mais a área abrangida por esta técnica de preparo do solo.

Para que se tenha uma estimativa do impacto sobre a demanda de óleo diesel provocado por uma eventual introdução do cultivo mínimo na lavoura canavieira, basta simular as devidas alterações nas operações diretamente afetadas pela nova técnica. Em tais simulações tomar-se-á como referência a safra 89/90, admitindo-se que as operações não envolvidas diretamente na alternativa testada permaneçam inalteradas.

Considerando um ciclo de 05 anos para a cana-de-açúcar, a demanda de óleo diesel nas operações de cultivo mínimo pode ser obtida à partir da tabela 21 e da equação (4.2): 3,28 l/ha, no caso de erradicação química da soqueira e, 5,22 l/ha para a erradicação

mecânica. No caso do preparo convencional do solo, as operações 3, 4, 5, 6, 7 e 10 demandam 25,4 l/ha, conforme mostrou-se na tabela 15.

Desta forma, a demanda de óleo diesel para uma eventual introdução do cultivo mínimo pode ser obtida à partir das seguintes relações:

$$Dq = (187,4 - 25,4 + 5,9) + 25,4(1-Xa) + 3,28Xa$$

ou

$$Dq = 193,3 - 22,12Xa \quad (5.1)$$

onde,

Xa : fração da área de reforma em que se efetua o cultivo mínimo. Devido às limitações impostas pelo tipo de solo, $Xa < 0,40$;

Dq: demanda de óleo diesel, em l/ha, considerando-se o cultivo mínimo com erradicação química da soqueira.

Analogamente,

$$Dm = 193,3 - 20,18Xa \quad (5.2)$$

onde:

Dm: demanda de óleo diesel, em l/ha, considerando-se o cultivo mínimo com erradicação mecânica da soqueira.

A simulação de tais alternativas aponta para uma redução máxima na demanda de óleo diesel da ordem de 8,8 l/ha (4,5%) no caso da utilização de herbicidas e 8,1 l/ha (4,2%) com o eliminador mecânico, como mostra a tabela 24. Adotando-se como referência a safra 89/90, isto representaria uma economia de $16,8 \times 10^3$ m³, que, em termos de refino, equivalem a 305 mil barris de petróleo.

Tabela 24 Influência do cultivo mínimo sobre a demanda de óleo diesel na lavoura canavieira

	$X_a = 0,10$	$X_a = 0,20$	$X_a = 0,30$	$X_a = 0,40$
Dq (l/ha)	193,1	190,9	188,7	186,5
Dm (l/ha)	193,3	191,3	189,2	187,2

5.1.2 A disseminação da colheita mecanizada

O corte mecanizado da cana-de-açúcar é uma prática que há anos vem sendo objeto de estudos por parte de indústrias e pesquisadores do ramo canavieiro, principalmente nos EUA e Austrália, onde, praticamente 100% da matéria-prima é colhida por máquinas colhedoras.

No Brasil, depois de algumas experiências isoladas, o processo de mecanização da colheita teve início a partir de 1973, no Estado de São Paulo. Entretanto, seu desenvolvimento tem se dado a passos lentos, devido à grande disponibilidade de mão-de-obra barata para o corte manual e à vários problemas de ordem técnica e administrativa não solucionados na agroindústria canavieira.

Segundo os técnicos do setor, além do baixo custo da mão-de-obra, a disseminação da colheita mecanizada é limitada pelos seguintes fatores:

a) Na colheita mecânica os colmos são fracionados em toletes de 30 a 40cm, resultando que, embora não dependa de lavagem, porque vem isenta de impurezas, ocorre, porém, uma incidência maior de infecções prejudiciais ao caldo, antes mesmo de iniciada a fase industrial. Além disso, a cana em toletes, quando comparada com a cana inteira, suporta um tempo bem menor de armazenamento sem que haja inversão da sacarose. Requer-se, então, a elaboração de um planejamento e acompanhamento do processo produtivo agrícola, com cuidados especiais na programação do corte, carregamento e transporte, de modo que a cana picada seja dirigida, de preferência, diretamente do campo para a esteira da usina.

b) O sistema de transporte e o sistema de recepção de matéria-prima na usina também devem ser adequados à movimentação da cana em toletes. É necessário a utilização de caminhões equipados com "gaiolas" para evitar perdas de cana no transporte; na recepção é

indicada a sistemática de tombamento das cargas. Evidentemente, a necessidade de tais procedimentos demanda investimentos consideráveis.

c) No que se refere à lavoura propriamente dita, são vários os fatores limitantes. A declividade do terreno deve ser no máximo de 12%, pois a máquina possui altura elevada, o que ocasiona condições instáveis para o seu equilíbrio. O comprimento dos sulcos de plantio, o espaçamento entre-linhas, o tamanho dos talhões e sua geometria, além da sistematização do terreno, devem ser adaptados ao sistema de colheita mecanizada.

d) As características morfo-fisiológicas da cana-de-açúcar tem grande influência na colheita mecânica. Em princípio, as colhedeiças operam melhor em canas eretas, vigorosas, de sistema radicular profundo, com pouco "palmito" (ponteiro), folhas de boa combustibilidade, perfilhação das soqueiras e alturas dos colmos com certa homogeneidade e produtividade agrícola por volta de 70 à 120 t/ha.

Torna-se claro, portanto, que o baixo índice de mecanização da colheita de cana-de-açúcar, mesmo no Estado de São Paulo, não se deve apenas à grande disponibilidade de mão-de-obra. Existem outros fatores que impedem o avanço das colhedeiças. Entretanto, por ora, não se pretende discutir a factibilidade da mecanização ocorrer num ou noutro prazo. O que se pretende agora é verificar o impacto que tal sistema de colheita provocaria na demanda de óleo diesel.

A exemplo do que foi feito para o cultivo mínimo, a safra 89/90 será adotada como referência e as simulações serão realizadas apenas nas operações em que a demanda de óleo diesel é diretamente afetada pela disseminação da alternativa estudada. Neste sentido, convém lembrar que a utilização de colhedeiças mecanizadas dispensa a operação de carregamento da cana-de-açúcar e, além disso, como ela substitui o corte manual, o transporte de trabalhadores tem sua importância bastante reduzida.

Tomando-se como referência a tabela 15, nota-se que as operações 28, 29 e 31 seriam diretamente afetadas pela mecanização. Assim, a demanda de óleo diesel na lavoura, considerando-se eventuais modificações no nível de mecanização, pode ser obtida a partir de:

$$Dc = (187,4 - 29,3 + 5,9) + 45,4Xb + 16,3(1-Xb) + 9,0(1-Xb)$$

ou

$$Dc = 189,3 + 20,1Xb \quad (5.3)$$

onde,

Xb: fração da área de colheita em que são utilizadas colhedeiças;

Dc: demanda de óleo diesel, em l/ha, considerando-se a utilização de colhedeiças.

A tabela 25 mostra que a mecanização de 50% da colheita provocaria um acréscimo de 6,1 l/ha (3,1%) na demanda de óleo diesel, o que representa o refino adicional de 229 mil barris de petróleo, tomando-se como referência a safra 89/90.

Tabela 25 Influência da colheita mecanizada sobre a demanda de óleo diesel na lavoura canavieira

	Xb = 0,20	Xb = 0,30	Xb = 0,40	Xb = 0,50
Dc (l/ha)	195,3	197,3	199,3	201,4

É importante registrar ainda que a mecanização da colheita representa uma drástica redução na oferta de empregos do setor sucro-alcooleiro. O avanço das colhedeiças até atingir 50% da área colhida teria como efeito uma diminuição da ordem de 60 a 70 mil empregos diretos na lavoura.

5.1.3 Introdução de sistema alternativo de aplicação de vinhaça

Diversos são os processos que visam ao aproveitamento da vinhaça ou a sua eliminação final na lavoura canavieira. Vários deles são propostos na literatura, tais como a biodigestão, a queima direta, etc.; mas, em termos práticos, os processos mais utilizados nos canaviais paulistas são a aplicação na lavoura - fertirrigação - e o despejo em áreas de sacrifício.

Em função dos benefícios agrônômicos propiciados pela vinhaça, é possível a substituição parcial da adubação mineral e, desta forma, é natural contar com a ampliação do

seu uso na agroindústria canavieira através da fertirrigação. Além disso, a aplicação deste produto nas lavouras coloca em prática a idéia de reciclagem, já que devolve ao campo pelo menos parte do que dele foi extraído.

Entretanto, tal ampliação pode revelar-se dificultosa ou mesmo inviável, pois as áreas nas quais ainda não se aplica a vinhaça são principalmente aquelas de topografia mais desfavorável e/ou mais distantes das destilarias, o que tornaria a aplicação através de caminhões-tanque ainda mais intensiva em energia e capital, dado o aumento do raio de ação da frota.

A tendência para a ampliação do volume de vinhaça aplicado na lavoura (atualmente em torno de 60% do total produzido) tem motivado a elaboração de uma série de pesquisas que procuram mostrar as distâncias máximas econômicas de aplicação com caminhões tanque em função da adubação mineral substituída (Matioli et alli, 1988). O resultados destes estudos indicam que a aplicação de vinhaça à partir deste sistema apresenta remotas possibilidades de ampliação devido à limitações de ordem econômica, e, assim, é sugerida a complementação à partir de sistemas alternativos de fertirrigação.

Do ponto de vista da demanda de óleo diesel, uma eventual ampliação do uso de caminhões tanques também aponta para uma situação pouco promissora. Basta dizer que, se toda a vinhaça produzida fosse destinada à fertirrigação através deste sistema e, admitindo-se que a distância média estivesse em torno de 25 km, isto representaria uma demanda adicional de óleo diesel da ordem de 15,3 l/ha (7,8%), que, em termos de refino, representa 694 mil barris de petróleo/safra.

Matioli(1989) estudou em profundidade diferentes sistemas de aplicação de vinhaça - sulcos de infiltração, aspersão e transporte dutoviário - e concluiu pela necessidade de utilização de circuitos hidráulicos dispostos na lavoura, de modo a possibilitar a diversificação das estações de carregamento de caminhões-tanque em pontos estratégicos na lavoura. Tal sistema, denominado transporte dutoviário e também proposto por Menezes(1984), consiste na substituição de parte do percurso dos caminhões pelo transporte através de tubulações e/ou canais. Assim, em vez de um ponto de carregamento centralizado na unidade industrial, passa-se para uma situação de vários pontos distribuídos pela lavoura. Isso permite que a aplicação de vinhaça ocorra com um número reduzido de caminhões e

com um menor consumo de combustível, uma vez que a distância média da área de aplicação ao ponto de carregamento é substancialmente reduzida. Os autores apontam ainda como vantagens do transporte dutoviário, a redução dos custos de aplicação e o uso de energia elétrica produzido pela própria unidade industrial, uma vez que o transporte dutoviário depende de recalques cujas bombas podem ser acionadas por motores elétricos.

Uma outra modificação no transporte de vinhaça, que já se encontra em franca expansão nas lavouras, é a substituição dos tanques de 12 m³ por tanques de 15 m³, elevando a capacidade de carga dos caminhões e reduzindo o consumo específico de combustível, quando medidos em l/t.km.

Pesquisas de campo realizadas com o objetivo de levantar as características operacionais da aplicação de vinhaça à partir de transporte dutoviário em complemento aos caminhões-tanque, mostraram que este sistema permitiu a redução da distância média percorrida pelos caminhões para 10 km, além de uma queda de 40% no custo de aplicação¹.

Com o objetivo de verificar o impacto de tais mudanças sobre a demanda de óleo diesel, utilizou-se a metodologia apresentada no capítulo 4, incorporando os novos coeficientes técnicos. Considerando-se a nova distância média (S) como sendo 10 km e uma capacidade de carga por viagem (K) igual a 15 m³, o novo consumo "Ceqi" pode ser obtido a partir da eq. (4.6) : 50 l/ha. Entretanto, conforme mostrou-se anteriormente, F1 = 0,80 e F2 = 0,27 e, além disso deve-se considerar o combustível consumido na aspersão da vinhaça (op.24, tabela 15). Tomando-se a safra 89/90 como referência, a adoção do sistema de aplicação de vinhaça através do transporte dutoviário em complemento aos caminhões-tanque possibilitaria uma redução no consumo total da ordem de 13,7 l/ha (7,1%), o que representa, em termos de refino de petróleo, 516 mil barris/safra.

Considerando-se, agora, a ampliação da vinhaça aplicada até atingir o montante produzido, teríamos então F2 = 0,45 e, ainda assim haveria uma redução de 5,8 l/ha (3,0%). Isto significa que, caso o novo sistema de aplicação de vinhaça seja disseminado em larga escala na lavoura canavieira, será possível aplicar toda a vinhaça produzida sem um correspondente aumento na demanda de óleo diesel!

¹As pesquisas realizaram-se na Usina São Geraldo, onde foram instalados três pontos de carregamento de caminhões-tanque localizados a 2, 12 e 17 km da unidade industrial. Para maiores detalhes, consultar Menezes & Paixão (1984)

5.1.4 Modificações nas operações de transporte da cana-de-açúcar

As operações relacionadas ao transporte, conforme mostrou-se no capítulo 4, constituem-se no principal determinante da demanda de óleo diesel na fase agrícola da produção sucro-alcooleira. Desta forma, é de importância capital verificar o impacto de eventuais modificações na capacidade de carga e consumo específico das unidades de transporte.

A principal modificação que tem sido verificada nas operações de transporte, diz respeito à recente introdução de caminhões para transporte de cana dotados de 1 ou 2 reboques adicionais, mais conhecidos como "Romeu e Julieta (RJ)" e "Treminhão (TR)" - figuras 19 e 20. Tratam-se de unidades de transporte que, sob determinadas condições, apresentam vantagens em relação aos caminhões tradicionais devido à sua maior capacidade de carga para um mesmo consumo de combustível, além de apresentar um menor custo por tonelada de cana transportada.



Figura 19 Transporte de cana com caminhão "RJ"

Fonte: (Revista Usineiro, 1991)

O consumo de combustível em unidades de transporte é expresso normalmente em km/l. Entretanto, quando se trata de obter valores comparativos entre categorias diferentes de caminhões, é conveniente considerar o consumo relativo à tonelada de cana transportada por quilômetro, ou seja, l/t.km. A título de exemplificação, considere-se o consumo de 1,8 km/l

do MB 2213 (13,3t) com o consumo de 1,33 km/l do MB2219 "RJ" (28t): a vantagem do primeiro é apenas aparente, pois a maior capacidade de carga do caminhão com reboque - o "RJ" - torna o transporte de cana menos intensivo em combustível; 0,027 l/t.km contra 0,041 l/t.km.

Com o intuito de estimar o impacto sobre a demanda de óleo diesel causado por uma eventual disseminação de tais veículos, adotou-se como referência os caminhões MB 2219 (RJ) e o SC 112 E (TR). Em se tratando de economia de combustível, a vantagem dos caminhões que trafegam com reboques é bastante acentuada quando comparados com os caminhões convencionais: através da equação (4.5) verifica-se que o consumo de óleo diesel - "Ceq" - no transporte de cana reduz-se à metade no caso dos treminhões e à 64% com os caminhões "RJ".

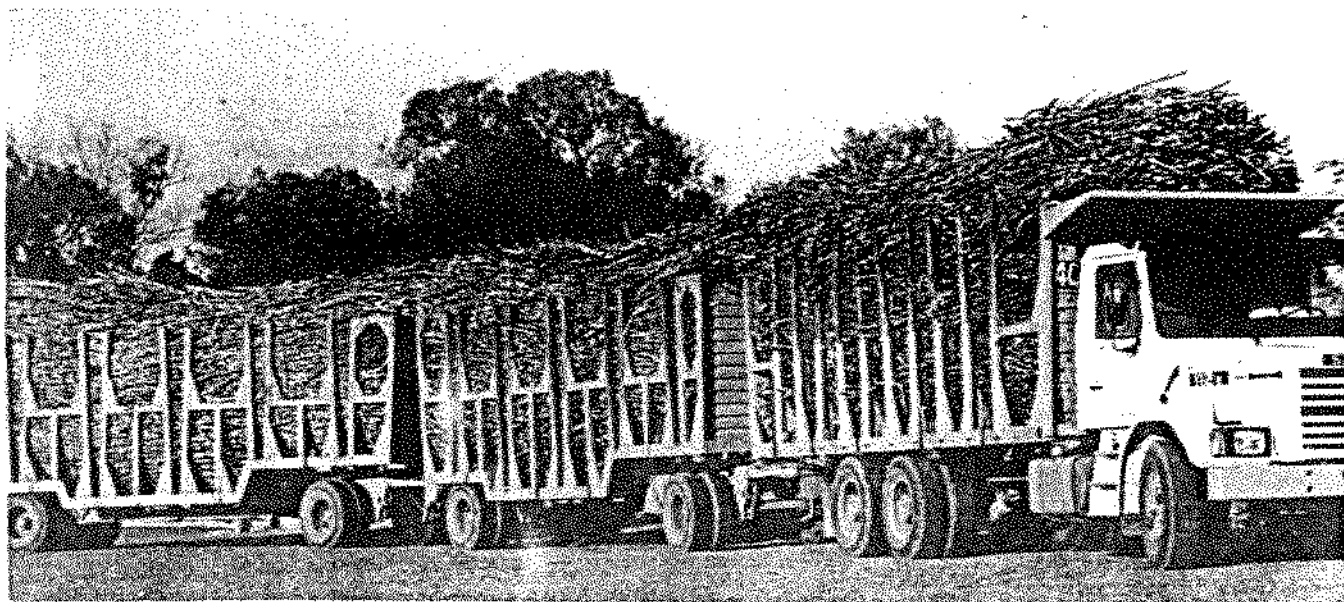


Figura 20 Transporte de cana-de-açúcar com caminhão "TR"

Apesar da substancial economia de combustível, não se pode contar com a substituição pura e simples de toda a frota canavieira, pois as unidades de transporte que operam com maior capacidade de carga são mais apropriadas para percursos mais longos; onde as vantagens econômicas são mais evidentes. Estudos realizados pelas usinas Sta Elisa, São José e Nova América mostram que os caminhões sem reboque são mais indicados para distâncias menores que 40 km, os veículos "RJ" para distâncias entre 40 e 75 km, e, à partir daí, os treminhões apresentam melhor desempenho. Evidentemente que tais faixas de distância devem apresentar flutuações em função de variações nos custos considerados no cálculo, particularmente o óleo diesel.

Tomando-se como referência a safra 89/90, admitiu-se as seguintes distâncias médias para o cálculo do consumo "Ceq" : 19, 32 e 85 km para o caminhão convencional, o "RJ" e o "TR", respectivamente. Os resultados são mostrados na tabela 26.

Tabela 26 Coeficientes técnicos dos caminhões "RJ" e "TR" no transporte de cana-de-açúcar

Operação	Caminhão	Ki (t)	Csi (km/l)	S (km)	Ceq (l/ha)
29i	MB 2213	13,3	1,80	19	59,5
	MB 2219/RJ	28,0	1,33	32	64,4
	SC 112E/TR	42,0	1,18	85	128,6

Fonte: (Gago, 1986); (Reis, 1987)

Para calcular a variação na demanda total de óleo diesel, ocasionada pela introdução dos caminhões "RJ" e "TR" até o limite estabelecido pelas faixas de distâncias econômicas, pode-se utilizar a seguinte relação:

$$Dt = 193,3 - 75,2 + (59,5Xc + 64,4Xrj + 128,6Xtr)*0,8$$

ou

$$Dt = 118,1 + 47,8Xc + 51,5Xrj + 102,9Xtr \quad (5.4)$$

onde,

X_c : parcela da área colhida, situada até 40 km da unidade industrial;

X_{rj} : idem, para uma distância situada entre 40 e 75 km; e

X_{tr} : idem, para uma distância maior que 75 km.

Tendo em vista a ausência de estudos e/ou informações à respeito da variação da área cultivada com cana em função da distância em relação às unidades industriais², faz-se necessário estimar a parcela da área total colhida, na qual a cana-de-açúcar seria transportada por cada uma das unidades de transporte. Optou-se por trabalhar com uma certa margem devido à incerteza que, inevitavelmente, acompanha esta estimativa. Assim, admitiu-se: 10 a 20% para o "TR", 25 a 35% para o "RJ" e, 45 a 65% para os caminhões convencionais.

A tabela 27 mostra que, na hipótese de utilização dos caminhões "RJ" e "TR" até o limite estabelecido pelas faixas de distâncias econômicas, seria possível uma conservação de 15,1 a 21 l/ha (8 à 11%) de óleo diesel, o que corresponderia, em média, ao refino de 690 mil barris de petróleo/safra.

Tabela 27 Influência dos caminhões "RJ" e "TR" no consumo de óleo diesel da lavoura canavieira

	$X_{rj} = 0,25$	$X_{rj} = 0,30$	$X_{rj} = 0,35$
	$X_{tr} = 0,10$	$X_{tr} = 0,15$	$X_{tr} = 0,20$
Dt (l/ha)	174,3	177,3	180,2

5.1.5 As alterações em conjunto e o potencial de conservação

Nesta etapa do trabalho, é estimado o potencial de conservação de óleo diesel na lavoura canavieira do Estado de São Paulo, considerando-se a introdução conjunta das modificações no processo produtivo apresentadas neste capítulo. Para tanto, admitiu-se :

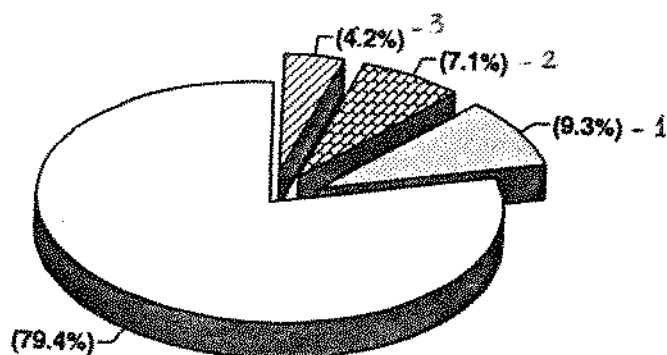
²É importante se ter em mente que as áreas cultivadas com cana-de-açúcar apresentam uma dispersão crescente, proporcional ao seu afastamento das unidades industriais.

- a) Adoção do cultivo mínimo como sistema alternativo de reforma do canavial nas áreas onde o tipo de solo permitir. A erradicação das soqueiras é feita através do eliminador mecânico.
- b) Aplicação de vinhaça através do sistema misto: transporte dutoviário + caminhões-tanque.
- c) Intensificação da utilização dos caminhões com reboques no transporte da cana-de-açúcar, até o limite estabelecido pelas faixas de distâncias econômicas.

Os resultados apontam para a possibilidade de uma redução de 39,8 l/ha (20,6%), o que representa 82,8 x 10³ m³/safra. Em termos de petróleo refinado, esta economia significa 1,5 milhões de barris.

A fig. 21 mostra o potencial de conservação proporcionado por cada uma das inovações no processo produtivo, em relação ao consumo total verificado na safra 89/90. Note-se que nenhuma delas propicia uma redução maior que 10% na utilização de óleo diesel. Persistindo, portanto, a grande dependência do PROÁLCOOL em relação à este derivado de petróleo.

Ora, se considerarmos, agora, a hipótese da aplicação de toda a vinhaça produzida e um pequeno avanço na mecanização da colheita - 30% da área colhida - então as perspectivas de uma redução na utilização do óleo diesel ficam ainda menos promissoras: 14% em relação à safra 89/90.



1. Utilização de caminhões "RJ e TR"
2. Transporte dutoviário de vinhaça
3. Adoção do cultivo mínimo

Figura 21 Potencial de conservação do óleo diesel na fase agrícola do PROÁLCOOL, em (%)

O potencial de conservação de óleo diesel apontado acima não deve ser tomado como definitivo. É necessário lembrar que as faixas de distâncias econômicas utilizadas para o transporte de cana através de reboques foram calculadas considerando os preços do óleo diesel nos níveis atualmente praticados. Parece evidente que um eventual encarecimento deste combustível deve atuar no sentido de favorecer a utilização de veículos mais pesados no transporte de cana, já que os caminhões com reboque seriam viabilizados em distâncias menores. Do ponto de vista da conservação de óleo diesel, uma maior utilização destes veículos seria benvinda, conforme mostrou-se na seção 5.1.4. Basta recordar que o consumo específico em l/t.km dos caminhões "RJ" e "TR" é bastante inferior ao apresentado pelos caminhões convencionais.

5.1.6 A importância da distância lavoura-usina na demanda de óleo diesel

Um importante parâmetro associado às operações de transporte, que influi diretamente na intensidade energética do processo produtivo canavieiro, são as longas distâncias percorridas pelos caminhões. Verificou-se ao longo deste capítulo que, dada a importância deste parâmetro na demanda de combustível e na formação de custos da cana-de-açúcar, já se verificam modificações em operações e equipamentos com vistas a enfrentar as restrições impostas. Exemplo disso é a proposta de bombeamento da vinhaça através de tubulações em substituição parcial aos caminhões-tanque e a introdução de caminhões com maior capacidade de carga no transporte de cana. Ora, tendo em vista que essas modificações tem sido propostas até mesmo diante de um contexto energético "favorável" - particularmente devido aos preços artificialmente baixos do óleo diesel - não resta dúvida que a implementação de uma política de preços mais realista para este combustível pode comprometer sobremaneira a produção sucro-alcooleira.

Mesmo reconhecendo que as possibilidades de alteração na distância média lavoura-usina são limitadas, dada sua estreita relação com a própria escala de produção industrial e com o grau de dispersão das áreas de lavoura, convém estimar a importância desta variável na demanda de óleo diesel. Para tanto, basta fazer simulações à partir da Tabela de Detalhamento da Demanda (capítulo 4) e das equações (4.5) e (4.7), tomando-se como referência a safra 89/90³.

Os resultados das simulações confirmam a distância média (S) como uma variável importante na demanda de óleo diesel:

- À cada km adicional na distância média entre a lavoura e a unidade industrial, verifica-se um acréscimo no consumo de óleo diesel de 7,3 l/ha (3,8%), o que significa um refino anual 275 mil barris de petróleo. Essa quantidade de combustível praticamente equivale àquela economizada com uma eventual disseminação do cultivo mínimo.
- Uma variação de 3 km levaria à uma necessidade adicional de 22 l/ha (11,4%) ou um refino anual 825 mil barris. Quantidade suficiente para superar a economia de combustível obtida com a introdução dos caminhões "RJ" e "TR".

³Foram simulados apenas o transporte de cana e a aplicação de vinhaça., pois as demais operações de transporte apresentam pequena participação na demanda de combustível.

5.2 Perspectivas de substituição do óleo diesel na lavoura canavieira

É sabido que, decorridos quase vinte anos desde o primeiro choque do petróleo, ainda não se verifica a substituição, nem ao menos marginal, do óleo diesel utilizado na agricultura brasileira. No que se refere especificamente à lavoura canavieira, a década de 80 foi marcada por algumas tentativas de substituição maciça deste derivado de petróleo pelo álcool hidratado e, mais recentemente, pelo gás metano obtido à partir da biodigestão da vinhaça.

Entretanto, apesar do esforço conjunto realizado por parte de algumas usinas, destilarias e montadoras de caminhões/tratores, que realizaram testes de campo com estes combustíveis, ainda hoje predomina o óleo diesel como principal insumo energético da lavoura canavieira. Acrescente-se, ainda, que nem mesmo a portaria nº 206, promulgada em 1984 pelo CNP, prevendo a suspensão gradativa do fornecimento de óleo diesel para unidades produtoras de álcool, aguardente e cana-de-açúcar foi suficiente para modificar este quadro⁴.

À seguir são apresentados os resultados das experiências realizadas na frota canavieira com o álcool hidratado e com o metano, na tentativa de compreender os principais impedimentos à penetração destes combustíveis. É necessário salientar antecipadamente que tais estudos se resumiram às tradicionais avaliações técnico-econômicas.

5.2.1 As experiências com álcool hidratado na frota canavieira

No início dos anos 80 foram realizados estudos por parte de duas empresas montadoras de caminhões e uma de tratores, objetivando a substituição do óleo diesel por álcool hidratado em motores de ciclo Otto. Tais estudos foram dirigidos especificamente para as frotas canavieiras, operando nas condições típicas à atividade.

O primeiro estudo, publicado em 1982⁵, não apontou nenhum impedimento técnico à opção álcool hidratado e, no que se refere ao aspecto econômico, o estudo também concluiu pela viabilidade: os caminhões à diesel apresentaram custos 10,1% superiores aos similares à

⁴A suspensão das cotas, prevista pela portaria nº 206/84, deveria ser feita na seguinte seqüência: 15% em 1985, 40% em 86, 60% em 87, 75% em 88, até a completa proibição à partir de janeiro de 1989.

⁵Nesta pesquisa foram investidos US\$ 3 milhões e os caminhões foram testados num total de 4.000.000 km rodados sob controle. Para maiores informações, consultar Volkswagen Caminhões Ltda(1982).

álcool. Em decorrência destes resultados, a Volkswagen Caminhões lançou no mercado os modelos canavieiros E-11, E-13, e E-21, com motores ciclo Otto. As palavras de Jorge Boihagian, gerente da referida empresa, talvez traduzam, resumidamente, o resultado das pesquisas : *"Hoje, já podemos fazer uma afirmação categórica - nossos caminhões à álcool estão viabilizados técnica e economicamente às operações daquele segmento de mercado. (...) É bastante evidente que essa viabilidade dependerá em grande parte da política adotada em relação à tratamento fiscal, crédito ou de preço de combustível. Dependendo da coerência e constância na aplicação dessa política, teremos ou não essa viabilização"* (SOPRAL, 1983, p.61-62)

O segundo estudo, publicado em março de 1983⁶, também conclui pela viabilidade técnica do caminhão à álcool. Entretanto, no que se refere à avaliação econômica, os resultados apontam os custos do similar à diesel como sendo 29% inferiores. Pelin(1986), estudando o assunto, afirma que a diferença de custos entre os dois estudos deve-se ao fato de terem sido realizados por empresas concorrentes, *"ainda mais sabendo que a primeira já produzia caminhões à álcool (Volkswagen), enquanto a segunda, pelo menos à época da realização dos testes, produzia e vendia somente caminhões à diesel (Mercedes-Benz)"*. Apesar de tais resultados, em 1985 a Mercedes-Benz também colocou no mercado caminhões à álcool com motor do ciclo Otto, depois de ter feito experiências com o álcool aditivado entre 1983 e 1984.

No que se refere ao consumo de combustível, ambos os estudos apresentam resultados bastante próximos : a relação volumétrica é da ordem de 2,0 litros de álcool para cada litro de diesel.

O terceiro estudo foi realizado pela Companhia Brasileira de Tratores - CBT - em 8 usinas/destilarias do Estado de São Paulo e os resultados foram publicados pela SOPRAL(1983). Tal estudo faz comparações entre os tratores CBT 2105 (diesel) e o CBT 3000 (112CV-álcool), trabalhando em diversas operações características da lavoura canavieira. Assim como no caso dos caminhões, os resultados concluíram pela viabilidade técnico-econômica dos tratores à álcool. No que se refere ao consumo de combustível, a relação volumétrica varia de 1,53 a 1,72 l de álcool para cada l de diesel, dependendo da

⁶Marques, W. "Diesel x álcool aditivado x álcool hidratado", 1983. Citado por Pelin(1986).

operação agrícola realizada. Em 1985 estavam disponíveis no mercado diversas opções de tratores à álcool (até 112 CV), inclusive de outras montadoras (Revista do Álcool, 1985).

Apesar dos resultados bastante favoráveis apresentados pelos estudos citados, os planos iniciais de "alcoolar" a frota canavieira não foram concretizados. A política de subsídio ao óleo diesel praticada pelo Governo aliada às incertezas quanto ao futuro do PROÁLCOOL constituíram-se nos principais fatores a dificultar a substituição do óleo diesel por outro combustível. No que se refere aos caminhões, de 2613 unidades comercializadas em 1984, o mercado passou para 1894 em 1985, 1514 em 1986, caindo para apenas 128 em 1988 (ANFAVEA, 1989). Quanto aos tratores, basta dizer que não existe atualmente nenhum modelo à álcool no mercado. Como se verá à seguir, este é também o caso do metano.

5.2.2 A proposta de utilização do metano obtido na biodigestão da vinhaça

A biodigestão anaeróbia da vinhaça com vistas à obtenção de biogás não é uma proposta nova, pois são vários os estudos já realizados à respeito do tema. Entretanto, apenas recentemente, quando o processo da biodigestão avançou no sentido de terem-se biodigestores mais eficientes, operando com baixos tempos de retenção, é que se passou a considerar a viabilidade da biodigestão (SOPRAL, 1983).

No que se refere especificamente à substituição do óleo diesel por metano obtido à partir da biodigestão de vinhaça, deve-se destacar, indubitavelmente, as experiências que vêm sendo realizadas desde 1987 pela Destilaria S. João, pertencente ao Grupo Dedini. Os relatórios com os resultados dos testes efetuados foram publicados pela referida empresa e, tal como ocorreu nas experiências com o álcool hidratado, concluiu-se pela viabilidade técnica da opção metano, enquanto a viabilidade econômica estaria condicionada à evolução do preço do óleo diesel (Olivério & Miranda, 1988) e (DEDINI, 1988).

Na planta de produção de metano instalada na Destilaria S. João, o reator anaeróbico trata 900 m³/dia de vinhaça, produzindo perto de 9600 m³ de biogás, com uma composição média de 65% de metano, 24% de CO₂, 0,5% de H₂S e 0,5% de outros gases (Sant'Anna, 1988). Para utilizá-lo nos caminhões, o biogás é purificado até atingir 96% de metano e,

depois, comprimido e armazenado em cilindros com 200kgf/cm² de pressão. A relação volumétrica metano/vinhaça é, portanto, 6,7.

Motores à gas e motores bi-combustível (diesel/gás) foram desenvolvidos pela Mercedes-Benz e Volkswagen à pedido da Dedini, com o objetivo de estabelecer comparações com os caminhões movidos à diesel e à álcool, nas operações de transporte de cana e vinhaça. A tabela. 28 apresenta os resultados comparativos, medidos na safra 88/89⁷.

Tabela 28 Desempenho comparativo dos caminhões à gás, diesel e álcool nas operações de transporte da lavoura canavieira

MB - 2215	VW - 22160	MB - 2213	MB - 2215
1,54 (1)	1,17 (1)	1,84 (2)	0,920 (2)
0,0475 (3)	0,0613 (3)	0,0392 (4)	0,0793 (4)

(1) km/m³ (3) m³/t.km

(2) km/l (4) l/t.km

De acordo com os resultados apresentados e considerando-se o caminhão MB-2215, a gás, para efeito de substituição, a relação volumétrica metano/diesel é de 1212. Considerando-se, agora, os poderes caloríficos de 8170 kcal/m³ para o gás e 9235 kcal/l para o diesel, a relação é de 1,07.

5.2.3 Potencial de substituição do óleo diesel na lavoura canavieira

Com o objetivo de estimar o potencial de substituição do óleo diesel, serão considerados os resultados obtidos nos diferentes testes realizados com álcool hidratado e metano, tomando-se como referência, para efeito de comparação, o consumo deste combustível verificado na safra 89/90. Tal estimativa será feita com o propósito de avaliar a quantidade de álcool e/ou metano necessária para realizar a substituição do óleo diesel, no momento em que as variáveis econômicas, políticas, sociais, ecológicas, estratégicas, etc,

⁷O caminhão bi-combustível apresentou problemas de aquecimento dos bicos injetores que o impediram de terminar a safra e, assim seu desempenho não consta na tabela.

interagirem de forma à exigí-la. Neste sentido, quatro cenários de substituição se apresentam:

1. Substituição total do óleo diesel por álcool hidratado, sem considerar as possibilidades de conservação apresentadas na seção 5.1.
2. Idem ao anterior, porém, considerando-se o cultivo mínimo, o transporte dutoviário de vinhaça e a introdução dos caminhões "TR" e "RJ".
3. Substituição de óleo diesel por metano nos caminhões e por álcool hidratado nos tratores, sem considerar as medidas de conservação.
4. Idem ao anterior, porém, considerando-se o cultivo mínimo, o transporte dutoviário de vinhaça e a introdução dos caminhões "RJ" e "TR".

No cenário 1, verifica-se a necessidade de $752,8 \times 10^3$ m³ de álcool hidratado. Para produzir esta quantidade seria necessário um aumento na área cultivada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo da ordem de 160 mil ha, ou 7,7%.

No cenário 2, considerando as medidas de conservação, a quantidade de álcool necessária é $593,7 \times 10^3$ m³, o que em termos de área representa 124 mil ha adicionais, ou 6,0%.

No cenário 3, considera-se a penetração dos dois combustíveis e os resultados apontam para a necessidade de $258,4 \times 10^3$ m³ de álcool hidratado e $299,6 \times 10^6$ m³ de metano. Isto representa a necessidade de um incremento de 54 mil ha na área cultivada com cana-de-açúcar e o tratamento de $44,7 \times 10^6$ m³ de vinhaça - perto de 44% do total produzido.

No cenário 4, são necessários $231,1 \times 10^3$ m³ de álcool hidratado e $219,4 \times 10^6$ m³ de metano. Em termos de área cultivada representa um acréscimo de 48 mil ha e, no que se refere à vinhaça tratada, são $32,7 \times 10^6$ m³ - 33% do total produzido.

Do ponto de vista energético, o cenário 4 revela-se bastante favorável, pois, além de contar com uma menor expansão da área cultivada com cana-de-açúcar e com a redução substancial do potencial poluente da vinhaça, ele vislumbra a geração de um considerável excedente de metano. Em tal cenário, o tratamento de toda a vinhaça produzida possibilita a geração de uma quantidade de gás suficiente para substituir $557,2 \times 10^3$ m³ de óleo diesel, o

que significa algo em torno de 10% do consumo total verificado no Estado de São Paulo. Em termos de petróleo refinado são 10,1 milhões de barris/safra.

Assim, descontado o gás utilizado na própria lavoura canavieira, estima-se a geração de um excedente suficiente para substituir 376×10^3 m³ de óleo diesel. As frotas de ônibus urbanos de municípios produtores de açúcar e álcool constituem-se em bons exemplos de possíveis mercados para o combustível excedente⁸.

⁸Experiências com a utilização de metano de vinhaça nos transportes coletivos urbanos vêm sendo realizadas na cidade de São João da Boa Vista. Entretanto, dada a precariedade dos dados existentes, ainda não é possível externar um julgamento mais apurado à respeito de tais experiências.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

Incentivados pelo Estado, através de linhas de crédito subsidiado, alguns segmentos da agricultura brasileira experimentaram, à partir dos anos 60, mudanças significativas em suas condições de produção. Este processo, conhecido como "modernização da agricultura", viabilizou e induziu a introdução de insumos de origem industrial na produção agrícola. Desta forma, verificou-se que os processos produtivos tornaram-se fortemente dependentes de recursos externos ao meio ambiente agrícola, em substituição aos recursos locais. Mostrou-se na dissertação que, do ponto de vista energético, os novos padrões produtivos significaram uma pesada utilização de óleo diesel.

Ao analisar a distribuição do crédito rural subsidiado, observou-se que a cana-de-açúcar, foi uma das lavouras mais beneficiadas e, assim, não surpreende o fato dela ter se transformado no retrato mais fiel do processo de modernização. Adicionalmente, no início dos anos 60, a agroindústria açucareira recebeu volumosos recursos e estímulos fiscais por conta do Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira, cujo resultado foi uma substancial elevação da escala de produção das usinas. A dissertação mostrou que tais transformações acabaram por tornar a fase agrícola da produção alcooleira profundamente dependente do óleo diesel, tanto para movimentação de máquinas agrícolas como para o transporte de cana-de-açúcar a longas distâncias.

Apesar de todo o discurso em contrário, passados alguns anos de sua criação, o PROÁLCOOL acabou reproduzindo diversas distorções que, anteriormente, já vinham se verificando na agroindústria açucareira. Conforme mostrou-se no trabalho, os elevados subsídios embutidos no financiamento do Programa destinaram-se, prioritariamente, às unidades industriais de grande porte. Assim, a instalação de novas destilarias deu-se no sentido de elevar a escala média de produção. Quanto à expansão de canaviais para atender a demanda de matéria-prima, verificou-se uma reprodução dos padrões produtivos vigentes até então, sem um estudo mais aprofundado acerca das repercussões sobre o nível de emprego, o

meio ambiente, o aproveitamento de sub-produtos e a dependência em relação aos derivados de petróleo.

Assim, efetuou-se uma proposta metodológica para quantificar a demanda de óleo diesel. Como tal metodologia foi concebida para realizar também, simulações de eventuais mudanças no processo produtivo, ela permite a desagregação da demanda à nível de cada equipamento e operação agrícola. A metodologia foi aplicada para a safra 89/90 no Estado de São Paulo.

Apesar da reconhecida heterogeneidade existente entre os produtores de cana-de-açúcar, mesmo no âmbito do Estado de São Paulo, foram utilizados coeficientes técnicos médios obtidos de diferentes fontes especializadas no assunto. Adotou-se tal procedimento devido à precariedade das informações existentes, pelo menos no que se refere ao nível de detalhes exigido pela metodologia. Os resultados obtidos para a safra 89/90 confirmam a magnitude do problema: o consumo de óleo diesel foi da ordem de $406,02 \times 10^3$ m³, o que significa, em termos de petróleo refinado, 7,3 milhões de barris. Entre os principais determinantes desta demanda confirmou-se as operações de transporte como as mais importantes, perfazendo 60,8% do total. Destaque-se aí o transporte de cana-de-açúcar com 40,8%, uma participação maior que a soma total das demandas verificadas para os tratores, carregadeiras, colhedoras e motores estacionários. Note-se que nenhuma das operações realizadas com tratores apontaram para uma participação maior que 5%.

Através da metodologia proposta, simulou-se algumas modificações que já estão sendo incorporadas no processo produtivo, mas que ainda não são representativas em relação à área total cultivada. De forma a estimar o impacto sobre a demanda de óleo diesel, foram simulados o corte mecanizado da cana-de-açúcar, o cultivo mínimo nas áreas de reforma, o transporte dutoviário de vinhaça e o emprego dos caminhões dotados de reboques no transporte de cana.

Verificou-se que o cultivo mínimo proporciona uma conservação de óleo diesel da ordem de 4,2%. Apesar do impacto relativamente modesto, trata-se de uma prática recomendável, pois sua introdução na lavoura canavieira deve-se muito mais aos benefícios proporcionados ao solo do que à economia de combustível.

Quanto ao corte mecanizado, constatou-se um impacto menor do que supunha-se à princípio: a utilização de colhedeiros em 50% da área representa uma demanda adicional de 3,1%. Vale lembrar que a introdução desta inovação na lavoura revela um problema que transcende questões de natureza energética. A disseminação das colhedeiros numa sociedade que, pelo menos por ora, não demonstra capacidade de absorção de mão-de-obra e nem disposição para efetuar um assentamento de trabalhadores rurais sem terra, revela-se uma opção inadequada do ponto de vista social.

O transporte dutoviário de vinhaça e o aumento da capacidade de carga dos caminhões-tanque revelaram-se inovações favoráveis à conservação de óleo diesel, pois as simulações indicaram uma redução de 7,1% na demanda. No que se refere ao transporte de cana-de-açúcar, verificou-se que a introdução dos caminhões dotados de reboque - RJ e TR - também apresenta aspectos positivos: a economia de óleo diesel é da ordem de 10%.

Na hipótese das inovações serem incorporadas conjuntamente, mostrou-se que o potencial de conservação é da ordem de 20,4%, o que, em termos de petróleo refinado, significa 1,5 milhões de barris/ safra.

Ainda no que se refere às possibilidades de conservação, constatou-se as longas distâncias percorridas pelos caminhões como um fator limitante. As simulações indicaram que a cada km adicional nas operações de transporte, verifica-se um acréscimo de, aproximadamente, 3,8% na demanda de óleo diesel. Tal constatação revela um aspecto complexo do problema, pois relaciona-se com o próprio padrão de produção do PROÁLCOOL, que, implantado com base nas grandes unidades industriais, acarretou em transporte de matéria-prima à longas distâncias. Assim, a elevada escala de produção das atividades sucro-alcooleiras, que se articula com a distribuição espacial dos canaviais, restringe o leque de opções disponíveis, pois torna impraticável uma mudança na geografia dos transportes. Conclui-se, portanto, que as possibilidades de conservação de óleo diesel nas operações de transporte limitam-se, praticamente, à reestruturação tecnológica, através da introdução dos caminhões "RJ" e "TR".

Quanto às possibilidades de substituição do óleo diesel, verificou-se que o álcool hidratado e o metano obtido à partir da biodigestão anaeróbia da vinhaça já foram testados nas frotas de algumas usinas e destilarias, tendo sido apontados como alternativas

prioritárias. Com base no desempenho operacional dos veículos avaliados, foram realizadas, nesta dissertação, algumas simulações no processo produtivo com o propósito de estimar a quantidade de metano e álcool necessários na lavoura canavieira do Estado de São Paulo, em caso de substituição. Os resultados mostraram que, do ponto de vista energético, o cenário mais favorável indica um incremento de 41 mil ha na área cultivada com cana-de-açúcar, para fazer frente à demanda de álcool hidratado em tratores, carregadeiras e colhedadeiras. Além disso, 33% da vinhaça produzida deve ser tratada em biodigestores, de modo a atender a necessidade de metano para movimentação dos caminhões. Estimou-se, ainda, que, na hipótese de tratamento de toda a vinhaça produzida, é possível a geração de um excedente de metano correspondente à 376 x 103 m³ de óleo diesel, o que equivale ao refino de 6,8 milhões de barris de petróleo/ safra. Lembrou-se, também, dos benefícios ambientais proporcionados pela redução substancial do potencial poluidor da vinhaça.

Entretanto, conforme mostrou-se no trabalho, esta modificação na realidade energética da lavoura canavieira encontra um sério impedimento para que se torne realidade. Limitando-se às tradicionais avaliações técnico-econômicas, os poucos estudos que tratam desta questão, diagnosticam que, se por um lado o álcool e o metano têm sua viabilidade técnica comprovada, por outro, a viabilidade econômica está na dependência da evolução futura dos preços do óleo diesel.

Independentemente dos resultados destas avaliações econômicas, convém abordar dois aspectos que mostram a viabilidade da substituição do óleo diesel como uma questão que continua em aberto:

a) Na comparação entre os diferentes energéticos, não tem sido considerados os objetivos sócio-econômicos, políticos e ambientais implícitos nos respectivos preços. Destaque-se, ainda, que o critério adotado pela PETROBRÁS na formação dos preços dos derivados não tem sido colocados em pauta. Sabe-se que, devido a tal critério, o óleo diesel tem seu preço mantido artificialmente baixo quando comparado com outros combustíveis. Assim, seus preços não possuem um significado econômico direto, e, tal fato, gera distorções nas comparações entre alternativas energéticas.

b) O subsídio ao óleo diesel tem sido defendido com base no argumento da função social devido à sua maciça utilização em diversos segmentos produtivos do País. Entretanto,

pelo menos no que se refere à agricultura, este trabalho deixou bastante claro que, longe de se caracterizar pela homogeneidade, a utilização deste combustível ocorre com intensa diferenciação de grupos sociais, atividades produtivas e regiões econômicas. Como seu consumo concentra-se nos segmentos já amplamente privilegiados pelas políticas de Estado, o subsídio a este combustível transforma-se, na verdade, num equivocado instrumento de transferência de renda entre os diferentes setores da sociedade.

É evidente, portanto, que a definição pela viabilidade ou não da substituição do óleo diesel deve ser precedida por uma revisão na política nacional de preços dos combustíveis, de modo a torná-la mais realista.

Finalizando, aponta-se, à seguir, algumas questões que merecem ser estudadas futuramente, já que não puderam ser tratadas com a devida profundidade nesta dissertação:

- Na aplicação da metodologia proposta, constatou-se a precariedade das informações existentes à respeito da heterogeneidade das tecnologias e práticas culturais utilizadas na fase agrícola do PROÁLCOOL. Desta forma, a elaboração de um "inventário tecnológico" da lavoura canavieira, discriminado por tamanho das propriedades, lavouras próprias/fornecedores, escala de produção das usinas, etc, se constituiria numa importante e necessária contribuição futura.
- As possibilidades de simulação no processo produtivo da cana-de-açúcar não foram esgotadas neste trabalho. À menos que a disponibilidade de informações existentes não permita, é recomendável utilizar o ferramental metodológico proposto para estimar o efeito de outras inovações sobre a demanda de óleo combustível.
- Estudos sobre o aproveitamento da vinhaça para geração de metano excedente, à exemplo daqueles atualmente realizados com o bagaço, revelam-se extremamente importantes. Um maior aproveitamento da pluralidade de produtos e subprodutos que caracteriza as unidades produtivas de biomassa é recomendável, pois acarreta num aumento da eficiência do sistema, tanto do ponto de vista energético como ambiental. Além disso, a utilização do metano nas proximidades das usinas e destilarias serviria para atenuar um desequilíbrio bastante comum nos grandes projetos de geração de energia: enquanto os benefícios proporcionados pelo empreendimento são experimentados nas regiões mais distantes, os custos sociais e ambientais são verificados no próprio local de produção.

•A interdependência entre a utilização de óleo diesel e a produtividade agroindustrial do álcool, em l/ha, também é uma questão que merece estudos mais aprofundados.

CAPÍTULO 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANFAVEA - Anuário Estatístico da Indústria Automobilística; ANFAVEA, São Paulo, 1989.
2. Besnosik, R.I. - Modernização da Agricultura e Demanda de Energia; COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Tese de Mestrado, 1984.
3. Boa Nova, A.C. - Energia e Classe Sociais no Brasil; Loyola, São Paulo, 1985.
4. Brasil, Ministério das Minas e Energia - Balanco Energético Nacional; Brasília, 1990.
5. Braunbeck, O.A. e Figueiredo, O. - "Transporte de Cana"; Boletim Técnico Copersucar, nº23, São Paulo, 1983.
6. Braunbeck, O.A. e Gago, J.S.N. - "Corte, Carregamento e Transporte: Análises de Custos e Desempenho"; Boletim Técnico Copersucar, nº35, Piracicaba, 1986.
7. Calabi, A.S.; Fonseca, E.G.; Saes, F.A.M.; Kind, E.; Lima, J.L.; Leme, M.I.P.; Reichstul, P. - A Energia e a Economia Brasileira; FIPE/Pioneira, São Paulo, 1983.
8. Capra, F. - O Ponto de Mutação; Cultrix, São Paulo, 1982.
9. Casagrande, A.A. - "Culturas Subsidiárias à Cana-de-Açúcar"; Revista STAB, Piracicaba, 1983.

10. Castanho F^o, E.P. e Chaberiberi, D. - Perfil Energético da Agricultura Paulista; IEA, São Paulo, 1982.
11. CCE - Energia e Desenvolvimento: Quais desafios? Quais métodos?; AIE/COPPE & Marco Zero, Rio de Janeiro, 1986.
12. CNPq - Avaliação Tecnológica do Álcool Etílico; CNPq, Brasília, 1981
13. Coleti, J.T. - "Técnica Cultural de Plantio"; Cana-de-Açúcar: Cultivo e Utilização, V.1, Sérgio Paranhos(org.), Fundação Cargill, Campinas, 1987.
14. Contador, C.R.(Editor) - Tecnologia e Desenvolvimento Agrícola; IPEA/INPES, Rio de Janeiro, 1975.
15. COPERSUCAR- PROÁLCOOL: Fundamentos e Perspectivas; COPERSUCAR, Área de Planejamento e Economia, São Paulo, 1989.
16. Corbini, J.L. - "Operações Agrícolas em Tratos Culturais"; Cana-de-Açúcar: Cultivo e Utilização, V.1, Sérgio Paranhos(org.), Fundação Cargill, Campinas, 1987.
17. DEDINI - Desempenho dos Veículos Mercedes-Benz e do Motor à Gás no Transporte de Cana da Destilaria São João; Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento, DEDINI, Piracicaba, 1988.
18. DEDINI - Desempenho dos Caminhões VW à Gás no Transporte de Cana e Vinhaça da Destilaria São João; Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento, Dedini, Piracicaba, 1988.
19. Delgado, G.C. - Capital Financeiro e Agricultura no Brasil: 1965 à 1985; Icone, São Paulo, 1985.

20. D Incao, M.C. - O Bóia-Fria: Acumulação e Miséria; Vozes, São Paulo, 1975.
21. Fernandes, J. - "Preparo do Solo e Controle da Erosão"; Revista Álcool & Açúcar, (5) 54-65, São Paulo, 1985
22. Ferrari, A. - Agrotóxicos: A Praga da Dominação; Mercado Aberto, Porto Alegre, 1985.
23. Ferreira, A.L. & Bajay, S.V. - "Álcool e Políticas Governamentais no Brasil: Uma Retrospectiva das Implicações no Setor Agrícola"; 2º Encontro Nacional de Energia no Meio Rural, 2, Campinas, 1988, Anais.
24. FIBGE - Censo Agropecuário: Brasil - 1975; IBGE, Rio de Janeiro, 1979.
25. FIBGE - Censo Agropecuário: Brasil - 1980; IBGE, Rio de Janeiro, 1979.
26. Freitas, G.R. - "Preparo do Solo"; Cana-de Açúcar: Cultivo e Utilização, V.1, Sergio Paranhos(org.), Fundação Cargill, Campinas, 1987.
27. Gago, J.S.N. - "Corte, Carregamento e Transporte de Cana-de-Açúcar: Comparação de Sistemas Alternativos"; III Seminário Copersucar de Tecnologia Agronômica, Piracicaba, 1986.
28. Galetti, P.A. - Práticas de Controle da Erosão; Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, 1984.
29. Gomensoro, S.C.M. - Proálcool: Um Estudo sobre a Formulação de um Programa Econômico de Governo; FEA/UFRJ, Tese de Mestrado, Rio de Janeiro, 1985.
30. Graziano Neto, F. - Questão Agrária e Ecologia: Crítica da Moderna Agricultura; Brasiliense, São Paulo, 1982.

31. Graziano da Silva, J.G. - O que é Reforma Agrária; Brasiliense, São Paulo, 1980.
32. Graziano da Silva, J.G. - "Mas, qual Reforma Agrária?"; Revista da ABRA, p.11-60, Campinas, abr/jul 1987.
33. Guedes Pinto, L.C. - "Os Beneficiários do Crédito Rural e da Assistência Técnica à Agricultura"; Revista da ABRA, p.25-35, Campinas, 1980.
34. Homem de Melo, F. - Proálcool, Energia e Transportes; FIPE/Pioneira, São Paulo, 1981.
35. Kageyama, A.; Reydon, B.P. & Silva, J.G. - Evolução Técnica e Emprego à Nível de Culturas; UNICAMP, (Textos para discussão,7), Campinas, 1981.
36. La Rovere, E.L. - Alternativa à Crise Energética: "Em Busca de um Estilo de Desenvolvimento Menos Intensivo em Energia"; Energia e Crise - Luiz Pinguelli Rosa(org.), Vozes, Rio de Janeiro, 1984.
37. Lutzenberger, J.A. - "O Programa Energético Brasileiro e o Meio Ambiente"; Revista da ABRA, (1) p.37-46, Campinas, 1980.
38. Lutzenberger, J.A. - Fim do Futuro? Manifesto Ecológico Brasileiro; Movimento, Porto Alegre, 1980.
39. Manoel, A. - Política Agrícola, Eficiência e Concentração na Agricultura Brasileira: Um Estudo do Setor Canavieiro Paulista; IPE/USP, Tese de Doutorado, São Paulo, 1986.
40. Martine, G. - Fases e Faces da Modernização Agrícola Brasileira; UNICAMP, Texto para discussão, Campinas, 1989.

41. Matioli, C.S.; Lazo, M.E.P.; Oliveira, M.A. e Guazelli, M. - "Distâncias Econômicas de Aplicação de Vinhaça com Caminhões Tanque"; Boletim Técnico Copersucar, (41):41-49, Piracicaba, 1988.
42. Menezes, J.A.; Paixão, A.C.S. e Sírío, J.S. - "Transporte Dutoviário de Vinhaça"; Boletim Técnico Copersucar, Piracicaba, 1984.
43. Mialhe, L.G. - "Perfil da Tratorização da Cultura Canavieira no Início da Década de 80"; Revista Stab, Piracicaba, 1983.
44. Moreira, E.F.P. - Expansão, Concentração e Concorrência na Agroindústria Canavieira em São Paulo: 1975 à 1987; IE/UNICAMP, Tese de Mestrado, Campinas, 1989.
45. Nogueira, L.A. - Análise da Utilização de Energia na Produção de Alcool de Cana-de-Açúcar; FEC/UNICAMP, Tese de Doutorado, Campinas, 1987.
46. Olivério, J.L. e Miranda, J.F. - A Produção de Metano e a Viabilidade Técnico-Econômica do seu Uso na Frota das Usinas e Destilarias; DEDINI, Piracicaba, 1988.
47. Orlando Fº, J. e Zambelo Jr., E. - Distribuição e Conservação dos Solos com Cana-de-Açúcar no Brasil; IAA/PLANALSUCAR, Piracicaba, 1983.
48. Orlando Fº, J. (Editor) - Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar no Brasil; IAA/PLANALSUCAR, Piracicaba, 1983.
49. Pelin, E.R. e Pinazza, A.H. - Produtividade na Agroindústria Canavieira: Uma Questão Aberta; IAA/PLANALSUCAR, Araras, 1982.
50. Pelin, E.R. - A Substituição de Derivados de Petróleo na Agricultura; IPE/USP, São Paulo, 1986.

51. Peticarrari, J.G. e Ide, B.Y. - "Cultivo Mínimo"; III Seminário Copersucar de Tecnologia Agrônômica, Anais, Piracicaba, 1986.
52. PETROBRÁS - Plano de Ação do Setor Petróleo (PASP); PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 1988.
53. PETROBRÁS - Perspectivas da Produção de Óleo e Gás e do Suprimento de Derivados no Brasil; PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 1989.
54. Pimentel, D. - Handbook of Energy Utilization in Agriculture; Boca Raton, Flórida-USA, 1980.
55. Pinazza, A.H.; Bacchi, O.S. e Campos, H. - "Sistemas de Produção de Cana-de-Açúcar em Uso pelas Usinas do Estado de São Paulo"; 5 Boletim Técnico Planalsucar, (1):1-38, Piracicaba, 1981.
56. Primavesi, A. - Manejo Ecológico do Solo; Nobel, São Paulo, 1979.
57. PROMOCET - Álcool Aditivado como Alternativa ao Óleo Diesel; Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de São Paulo, São Paulo, 1983.
58. Queiroz, R. - "Até a Cana diz Adeus ao Álcool"; Revista Carga, nº46, São Paulo, 1988.
59. Ramos, P. - Um Estudo da Evolução e da Estrutura Canavieira no Estado de São Paulo; EAESP/FGV, Tese de Mestrado, São Paulo, 1983.
60. Rosseto, A.J. - "Utilização Agrônômica dos Sub-produtos e Resíduos da Indústria Açucareira e Alcooleira"; Cana de Açúcar: Cultivo e Utilização, V.2, Fundação Cargill, Campinas, 1986.

61. Sachs, I. - Espaços, Tempos e Estratégias do Desenvolvimento; Vértice, São Paulo, 1986.
62. SantAnna; J.P. - "Gás do Vinhoto Movimenta a Frota"; Química e Derivados, nº25(88), p.14-26, São Paulo, 1988.
63. Santos, R.F. - "Análise Crítica da Interpretação Neoclássica do Processo de Modernização da Agricultura Brasileira"; Revista de Economia Política, 8(3): 131-148, São Paulo, 1988.
64. Seguy, L. - "Técnicas de Preparo do Solo", Circular Técnica nº17 da EMBRAPA, Goiânia, 1984.
65. Serra, G.E.; Moreira, J.R.; Goldemberg, J. e Heezen, A.M. - Avaliação da Energia Investida na Fase Agrícola de Algumas Culturas; IF/USP, São Paulo, 1979.
66. Sicsú, A.B. - A Questão Energética no Contexto do Desenvolvimento Brasileiro; IE/UNICAMP, Tese de Doutorado, 1985.
67. Silva, J.G.; Serra, G.E.; Moreira, J.R. e Gonçalves, J.C. - "Balanco Energético Cultural da Produção de Cana-de-Açúcar, Mandioca e Sorgo Sacarino: Fase Agrícola e Industrial"; Brasil Açucareiro/IAA, Rio de Janeiro, 1976.
68. SOPRAL - Avaliação de Tratores e Caminhões à Álcool; Coleção SOPRAL, nº 3, São Paulo, 1983.
69. SOPRAL - Avaliação do Vinhoto como Substituto do Óleo Diesel e outros Usos, Coleção SOPRAL, nº 10, São Paulo, 1986.

70. SOPRAL - Custos de Produção da Cana-de-Açúcar na Região Centro-Sul; SOPRAL, São Paulo, 1989.
71. Sodré, N.W. - Brasil: Radiografia de um Modelo; Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1987.
72. Souto Maior, M.A. - "Usineiros Abandonam o Alcool"; Revista Carga, nº46, São Paulo, 1988.
73. Stolf, R. - "Cultivo Mínimo Para Cana-de-Açúcar"; Boletim Técnico Planalsucar, (1)1-42, Piracicaba, 1985.
74. Stolf, R.; Furlani Neto, V.L. e Luz, P.H. - "Nova Metodologia de Mecanização à Espaçamentos Estreitos em Cana-de-Açúcar"; Álcool & Açúcar, (3):14-32, São Paulo, 1987.
75. Szmrecsányi, T. - O Planejamento da Agroindústria Canavieira no Brasil (1930-1975); HUCITEC/UNICAMP, São Paulo, 1979.
76. UNESCO - "O Brasil na Era Pós-Petróleo"; O Correio da Unesco, 9(9), Rio de Janeiro, 1981.
77. Vieira, M.J. - "Cultivo Mínimo: Efeitos no Solo e na Planta"; Iº Simpósio sobre Energia na Agricultura, Tecnologias Poupadoras de Insumos, Integração de Sistemas Energéticos e Produção de Alimentos, Anais, Jaboticabal, 1984.
78. Volkswagen Caminhões Ltda. - Programa Alcool; Depto. de Planejamento e Marketing, São Paulo, 1982.