OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DO CORTE E REFORMA DE CANAVIAIS

MARCELO QUEIROZ FERREIRA BARATA

Orientador: Prof. Dr. Fernando Curi Pêres

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Economia Agrária.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Fevereiro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de biblioteca e documentação - PCAP/USP

Barata, Marcelo Queiroz Ferreira

B226o Otimização econômica do corte e reforma de
canaviais. Piracicaba, 1992.

124 p.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Aspecto econômico 2. Cana-
de-açúcar - Modelo matemático 3. Cana-de-açúcar -
Variedade - Manejo 4. Programação linear I. Escola
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba

CDD 338.1761

OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DO CORTE E REFORMA DE CANAVIAIS

MARCELO QUEIROZ FERREIRA BARATA

Aprovada em: 16.03.1992

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Fernando Curi Péres

ESALQ/USP

Prof. Dra. Zilda Paes de Barros Mattos

ESALQ/USP

Dr. Álvaro Sanguino

COPERSUCAR

Prof. Dr. Fernando Curi Péres

Orientador

Aos meus irmãos
Caio e Tomás
e minha avó *Marina*

OFEREÇO

Aos meus maiores
incentivadores e
exemplos

Vicente e Lygia

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Início agradecendo ao meu orientador e grande amigo, Fernando, pela atenção e segura orientação ao longo de toda a elaboração deste estudo.

Aos amigos Marcelo Cavedon Presti, Miguel Santaella, José Roberto Fernandes Canziani, Eduardo H. Tomiya e, em especial, Rildo Moreira e Moreira pelo interesse e excelentes contribuições feitas à este trabalho ao longo de todo o período de sua elaboração.

A todos os professores e funcionários do departamento de Economia e Sociologia Rural da ESALQ, em especial aos professores Evaristo Marzabal Neves, José Ferreira Noronha e Zilda Paes de Barros Mattos.

Aos Engenheiros Agrônomos Álvaro Sanguino e Bernardo Y. Ide pelas suas excelentes sugestões.

Ao analista de sistemas Paulo Lordello Novaes pelo apoio na área de informática.

A CAPES e à Copersucar pelo apoio material e financeiro ao longo do curso de mestrado.

Finalizando, quero agradecer a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xiv
SUMMARY	xvi
1 INTRODUÇÃO: O PROBLEMA	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Introdução	10
2.2 A importância da alocação e do manejo varietal no planejamento canavieiro	10
2.3 A determinação do número ótimo de cortes para a cultura de cana-de-açúcar	12
2.4 A otimização da colheita da cana-de-açúcar ...	20
2.5 Modelos de planejamento de corte e reforma de áreas reflorestas	24
3 OBJETIVOS	27
3.1 Objetivo geral do presente estudo	27
3.2 Objetivo específico	27
4 MATERIAL E MÉTODO	28
4.1 Método	28
4.2 Conceitos fundamentais da programação linear .	28
4.2.1 Atividade	28
4.2.2 Restrição	28
4.2.3 Função objetivo	29

4.3	Forma padrão de um problema de programação linear	29
4.4	Suposições da programação linear	30
4.4.1	Proporcionalidade	30
4.4.2	Divisibilidade	30
4.4.3	Determinismo dos coeficientes técnicos	30
4.4.4	Aditividade	30
4.5	A descrição do modelo de otimização de corte e reforma de canais	31
4.5.1	Introdução	31
4.5.2	Principais conceitos	31
4.5.3	Descrição das atividades	32
4.5.4	Descrição das restrições	35
4.5.5	Descrição da função objetivo	36
4.5.5.1	Determinação do ciclo economicamente ótimo	37
4.5.5.2	Cálculo do valor presente das políticas de manejo (função objetivo)	39
4.5.6	Descrição matemática do modelo	41
4.6	Material : metodologia aplicada à um estudo de caso	44
4.6.1	A descrição do caso estudado	44
4.6.2	Estimativas médias da produtividade, pol % cana, fibra e pureza das variedades analisadas	56

4.6.3 Preços e custos médios industriais e agrícolas	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1 O programa computadorizado de otimização do corte e reforma de canaviais	61
5.2 Análise dos resultados obtidos para a usina hipotética	65
5.2.1 Descrição do cenário básico de simulação	65
5.2.2 Análise dos cronogramas anuais de reforma	67
5.2.2.1 Análise do cronograma de reforma para o ano 1 do horizonte de planejamento	67
5.2.2.2 Análise do cronograma de reforma para o ano 2 do horizonte de planejamento	75
5.2.2.3 Análise do cronograma de reforma para o ano 3 do horizonte de planejamento	80
5.2.2.4 Análise do cronograma de reforma para o ano 4 do horizonte de planejamento	84
5.2.2.5 Análise do cronograma de reforma para o ano 5 do horizonte de planejamento	89
5.2.2.6 Análise do cronograma de reforma para o ano 6 do horizonte de planejamento	94
5.2.3 Análise dos planos anuais de colheita .	97

5.2.4	Análise da evolução do perfil varietal da agroindústria	104
5.2.5	Análise da evolução da produção e dos índices de produtividade da agroindústria	109
6	RESUMO, CONCLUSÕES E SUGESTÕES	118
6.1	Resumo e Conclusões	118
6.2	Sugestões	120
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

LISTA DE TABELAS

Tabela nº	Página
1 Evolução percentual da área plantada com as principais variedades cultivadas no Estado de São Paulo no período entre 1981 e 1990	2
2 Produtividade média (toneladas por hectare) por estágio de corte para as principais variedades cultivadas no Estado de São Paulo (média das safras 89/90 e 90/91)	5
3 Manejo médio da colheita das principais variedades cultivadas no Estado de São Paulo nas safras 88/89, 89/90 e 90/91	6
4 Exigência em fertilidade dos solos das principais variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Estado de São Paulo	35
5 Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento)	46
6 Evolução da maturação (pol % cana), fibra e pureza média das variedades analisadas	57

7	Estimativas da produtividade por variedade e estágio de corte para solos de baixa fertilidade	58
8	Estimativas da produtividade por variedade e estágio de corte para solos de média fertilidade	58
9	Estimativas da produtividade por variedade e estágio de corte para solos de alta fertilidade	59
10	Preços e custos médios agrícolas e industriais	60
11	Exigências anuais de cana para moagem da usina hipotética para os seis anos de planejamento	66
12	Cronograma de reforma para o primeiro ano do horizonte de planejamento	73
13	Cronograma de reforma para o segundo ano do horizonte de planejamento	77
14	Cronograma de reforma para o terceiro ano do horizonte de planejamento	81
15	Cronograma de reforma para o quarto ano do horizonte de planejamento	86

16	Cronograma de reforma para o quinto ano do horizonte de planejamento	90
17	Cronograma de reforma para o sexto ano do horizonte de planejamento	95
18	Manejo de corte do primeiro ano do horizonte de planejamento (usina hipotética)	97
19	Manejo de corte do segundo ano do horizonte de planejamento (usina hipotética)	98
20	Manejo de corte do terceiro ano do horizonte de planejamento (usina hipotética)	98
21	Manejo de corte do quarto ano do horizonte de planejamento (usina hipotética)	99
22	Manejo de corte do quinto ano do horizonte de planejamento (usina hipotética)	99
23	Manejo de corte do sexto ano do horizonte de planejamento (usina hipotética)	100

24	Evolução da área cultivada (ha) por variedade ao longo do horizonte de planejamento (usina hipotética)	107
25	Evolução da quantidade (mil toneladas) de cana processada, por variedade, ao longo do horizonte de planejamento (usina hipotética)	108
26	Evolução da quantidade de cana processada, área colhida e produtividade da cultura (usina hipotética) ..	110
27	Evolução do percentual de cana colhida por estágio de corte (usina hipotética)	112
28	Evolução da participação percentual da cada variedade na quantidade total de cana colhida (usina hipotética)	113
29	Evolução da qualidade da matéria-prima processada nos seis anos de planejamento (usina hipotética) .	114
30	Evolução da produtividade e da produção de açúcar, álcool e cana nos seis anos planejados (usina hipotética)	116

LISTA DE FIGURAS

Figura nº	Página
1 Curvas médias de maturação de 5 variedades cultivadas no Estado de São Paulo	7
2 Descrição do fluxo de caixa para um bloco homogêneo conduzido ao longo de seis anos de exploração ...	40
3 Fluxograma simplificado do programa computado-rizado de otimização econômica do corte e reforma de canaviais	62
4 Fluxo de produção da agroindústria ao longo do horizonte de planejamento (cenário básico de simulação)	103
5 Fluxo de produção da agroindústria ao longo do horizonte de planejamento (cenário sem moagem mínima) ..	104
6 Perfil varietal da usina hipotética no primeiro e no sexto ano de planejamento (hectares)	106
7 Evolução da quantidade de cana processada ao longo do horizonte de planejamento	109
8 Evolução dos índices de produtividade, produção e área colhida nos seis anos de planejamento	111

OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DO CORTE E REFORMA DE CANAVIAIS

Autor: Marcelo Queiroz Ferreira Barata

Orientador: Prof. Dr. Fernando Curi Péres

RESUMO

Esta pesquisa se propôs a desenvolver um modelo de avaliação técnico-econômica para a questão do corte e da reforma da cultura da cana-de-açúcar.

O método utilizado foi a programação linear com a qual foi desenvolvido um modelo de otimização que, com uma abordagem global e sistêmica do processo de produção de cana, álcool e açúcar, auxilia as tomadas anuais de decisão dos técnicos ligados ao planejamento canavieiro.

Especificamente, o modelo visa responder as seguintes questões: quais áreas reformar anualmente? Quais variedades plantar nestas áreas? Qual o ciclo de plantio a ser seguido (cana de ano e/ou cana de ano-e-meio)? Qual o manejo de colheita mais indicado para cada variedade? Qual o perfil varietal economicamente "ideal" para a agroindústria? Estas questões são respondidas considerando-se a capacidade de moagem da usina, suas limitações operacionais e financeiras para realizar a reforma, disponibilidade de mudas, além das expectativas de produtividade e maturação das variedades.

Para dar operacionalidade e versatilidade ao modelo de otimização, desenvolveu-se um programa computadorizado para receber os dados básicos, executar os cálculos da função objetivo e transcrever a matriz para o formato padrão de leitura do pacote de resolução de problemas de programação linear, MPSX, da IBM.

Simulou-se o sistema de otimização econômica de corte e reforma de canaviais para uma usina hipotética com 15.750 hectares, cultivada, inicialmente, com as variedades , NA56-79, SP70-1143, SP70-1284, SP71-1081, SP71-1406, SP71-6163 e SP71-799. Os resultados mostraram que, para as condições simuladas, o modelo sugere um índice médio de reforma, nos três primeiros anos planejados, de 14,8% da área total da usina. As reformas iniciaram-se nas áreas com solos de alta e média fertilidade que não estavam sendo cultivadas com a variedade SP71-6163. Posteriormente, o modelo sugere a reforma de áreas em solos mais fracos. Nos blocos com solos de alta e média fertilidade foi replantada a variedade SP71-6163 e, para os solos mais fracos, a SP71-1081. Os plantios foram feitos, preferencialmente, no esquema de cana de ano-e-meio em detrimento do plantio de cana de ano que, quando realizado, limitou-se às áreas com solos férteis. Os resultados sugerem, ainda, uma redução no período da colheita.

Quanto ao manejo de corte das variedades, os resultados indicam um padrão de colheita relativamente definido para cada variedade.

ECONOMIC OPTIMIZATION OF HARVEST AND CROP RENEWAL OF SUGARCANE

Author: Marcelo Queiroz Ferreira Barata

Adviser: Prof. Dr. Fernando Curi Pères

SUMMARY

The objective of this study is to develop a technical and economic evaluation model for sugarcane harvest and renewal of the crop.

A model based on linear programming was developed to assist the decision making processes involved in sugarcane farming. The model provides answers to the following questions: which crop areas should be renewed each year? Which varieties should be planted ? What cycle of growth (12 or 18 months) should be used for each area ? Which harvesting period should be indicated for each variety ? Which is the economically ideal variety profile for sugarcane mill? These questions are answered taking into account the grinding capacity of the mill, the operational and financial limitations to crop renewal, cane seed availability as well as yield forecast and ripening behavior of individual varieties.

In order to make a versatile and operational model, a software was developed to receive raw data, calculate the objective function, generate and transcribe the matrix to MPSX format.

The model was tested by simulating a hypothetical 15750 hectare farm, planted with the following varieties: NA56-79, SP70-1143, SP70-1284, SP71-1081, SP71-1406, SP71-6163, and SP71-799. Results, for the

simulated conditions, suggested an optimum average renewal index as 14.8 % of the total area. The renewal operation began in soils of high to medium fertility that were not planted with SP71-6163. After that, the model suggested the renewal of the crop on soils of low fertility. The model also indicated that SP71-6163 should be planted preferably on soils of medium to high fertility and SP71-1081 on soils of low fertility. 18 months cycles was shown to be preferable to 12 months cycles, and the latter, when indicated, should be restricted to fertile soils.

Results also suggested that the reduction of the harvesting season would bring additional economic benefits. The simulation indicated a very well defined harvesting period for each individual variety.

1 INTRODUÇÃO: O PROBLEMA

Na verticalização da produção nas usinas de álcool e açúcar, o setor agrícola é responsável pelo fornecimento contínuo e uniforme de matéria-prima para a indústria durante a safra e ao longo dos anos. Desta maneira, é importante um planejamento de longo prazo da lavoura visando cumprir as metas de produção preestabelecidas. São muitos os fatores e informações que devem ser considerados conjuntamente neste planejamento, dentre os quais pode-se citar: demanda de matéria-prima pela indústria; disponibilidade de mão-de-obra, máquinas e transporte; condições climáticas da região de cultivo; e, principalmente, as variedades cultivadas e suas características agroindustriais e fitossanitárias. As variedades, dentre todos os fatores de produção, são as que maior flexibilidade fornecem ao planejador (GEMENTE, 1982; FONTANARI, 1983 e NUNES JR. & SHOUCHANA, 1984).

Existem, atualmente, cerca de 100 variedades de cana-de-açúcar cultivadas comercialmente no Brasil. Enquanto algumas destas variedades apresentam anualmente um aumento na sua área de plantio, outras estão com seu cultivo em declínio (Tabela 1).

As variações no cultivo das variedades ao longo dos anos são justificadas por quatro fatores principais: a) problemas fitossanitários — como no caso particular da variedade NA56-79 que, embora possuidora de boas qualidades tecnológicas e precocidade de colheita, vem apresentando queda na sua área de cultivo como consequência da sua

Tabela 1: Evolução porcentual da área plantada com as principais variedades cultivadas no Estado de São Paulo no período entre 1981 e 1990.

Variedades	% Área total									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
NA56-79	45,0	45,4	42,9	43,1	39,6	37,4	30,2	25,7	21,3	16,7
SP70-1143	2,8	4,8	9,0	14,0	20,6	23,7	26,2	28,6	28,2	26,0
SP71-1406	-	0,1	0,3	1,1	3,1	6,5	10,6	16,0	19,3	22,2
SP70-1078	0,4	0,7	1,6	2,5	3,5	3,9	3,9	3,7	3,6	1,7
SP71-799	-	0,1	0,2	0,8	2,1	3,3	3,6	3,5	3,0	2,2
SP71-6163	-	-	0,1	0,2	0,7	1,5	2,7	4,5	8,0	12,8
SP72-4928	-	-	-	-	-	-	0,1	0,3	0,9	0,9
SP70-3370	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	1,0	1,2	1,9	2,4	2,8
SP70-1284	0,2	0,2	0,4	0,5	0,8	0,9	1,2	1,8	2,3	2,7
CB47-355	2,7	2,6	2,3	2,0	1,6	1,5	1,2	1,0	0,7	0,5
SP71-1081	-	-	0,1	0,1	0,1	0,4	0,6	1,0	1,3	1,5
IAC64-257	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9
SP71-3146	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8
RB765418	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,8
RB72454	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,6
OUTRAS	48,6	45,7	42,5	34,9	27,0	19,4	17,7	10,8	7,1	6,9

Fonte: BRAGA JR., R. L. do C. (1991)

susceptibilidade ao carvão da cana-de-açúcar;¹ b) decadência dos híbridos ao longo dos anos de cultivo; c) desenvolvimento de novos materiais varietais mais produtivos e/ou melhores adaptados às características climáticas de cada região produtora; d) procura dos técnicos do setor por um perfil

¹ O carvão da cana-de-açúcar é uma doença fúngica que, em híbridos susceptíveis, pode provocar grandes quedas na produtividade da cultura.

varietal que melhore os índices de produtividade da agroindústria através das características das variedades. Neste contexto, uma das questões que mais tem chamado a atenção dos melhoristas de cana-de-açúcar, planejadores e técnicos do setor canavieiro " é como extrair o máximo das características fisiológicas da planta usada como matéria-prima" (BRUGNARO C., et alii, 1988 e NUNES JR., 1984).

Segundo Nunes Jr., " um satisfatório manejo varietal pode ser conseguido aliando-se os seguintes aspectos gerais: a) conhecimento das características agroindustriais de cada variedade disponível, obtidos de seguidos experimentos realizados de preferência na localidade; b) seguro conhecimento das condições ambientais considerando-se os níveis de fertilidade dos diversos tipos de solo, temperaturas críticas, latitudes, doenças e pragas mais comuns, além das práticas culturais predominantes; c) fidedignos registros da produtividade alcançada nas safras anteriores, tanto na lavoura como na indústria; d) particularidades que direcionam o fluxo e a distribuição de matéria-prima pelas diferentes seções da unidade produtora, considerando-se a distância entre a lavoura e a fábrica, época mais indicada para a realização da colheita, além da movimentação da mão-de-obra e máquinas agrícolas."

Completando seu raciocínio, Nunes afirma: "o manejo varietal torna-se, portanto, um assunto abrangente, podendo receber enfoques diferentes por parte de administradores, planejadores e outros técnicos ligados ao setor. Porém, todos procuram o mesmo objetivo que é obter da variedade o máximo rendimento em açúcar e álcool por unidade de área com menores custos de produção".

Por permitir sucessivos cortes a partir de um mesmo plantio, a cana-de-açúcar é considerada uma planta semiperene. Normalmente a produtividade da cultura decresce a cada corte, sendo a intensidade desta queda influenciada

pelos tratos culturais executados na lavoura, fertilidade dos solos, época de colheita e pela variedade plantada (Tabela 2). Esta característica fisiológica da cana-de-açúcar, associada à necessidade de suprir a indústria com fluxos regulares de matéria-prima ao longo dos anos, faz com que, anualmente, parte da lavoura seja reformada (aproximadamente 14% da área cultivada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo é replantada a cada ano).

O plantio nas áreas de reforma, para a região Centro-Sul do país, pode ser efetuado em dois períodos. Primeiro, o plantio na entrada da estação chuvosa (setembro até meados de dezembro), quando a safra ainda está em andamento e que fornecerá cana para o corte já no próximo período de safra. Este é o denominado plantio de "cana de ano" ou plantio de "12 meses". A outra opção é o plantio entre os meses de dezembro e abril². Neste caso, a cana-de-açúcar se desenvolve por 13 a 20 meses até ser cortada, atravessando uma safra sem ser colhida. Este é o chamado plantio de "cana de ano-e-meio" ou plantio de "18 meses". É atualmente o mais realizado por fornecer maiores produções no seu primeiro corte, e por ser efetuado em uma época do ano agrícola quando não existe escassez de mão-de-obra, máquinas, transporte e outros fatores de produção que, quando do plantio de cana de ano, em função da coincidência com o período de safra, estão escassos. Uma vantagem adicional do plantio de cana de ano-e-meio é a possibilidade de utilizar-se o período de pousio³ das

² Atualmente, utilizando-se irrigação, o plantio pode ser realizado ao longo de todo ano agrícola.

³ O pousio é o período decorrido entre o último corte do canavial e o próximo plantio.

áreas de reforma para o cultivo de culturas anuais (principalmente soja, milho e amendoim). Esta prática pode contribuir para a redução dos custos desta fase do ciclo de produção da cana-de-açúcar.

Tabela 2 : Produtividade média (toneladas por hectare) por estágio de corte para as principais variedades cultivadas no Estado de São Paulo (média das safras 89/90 e 90/91).

Variedades	Estágios de corte ^(a)								
	1A	1M	2	3	4	5	6	7	8
NA56									
-79	63	95	83	76	71	70	70	69	70
SP70									
-1143	77	97	83	70	66	66	68	68	69
SP71									
-1406	76	114	88	80	80	73	72	74	77
SP70									
-1078	88	107	76	67	62	64	66	65	74
SP71									
-799	60	105	83	77	71	71	71	70	70
SP71									
-6163	77	121	97	84	79	74	76	75	84
IAC52									
-150	-	94	78	66	64	67	68	63	69
SP70									
-3370	68	111	87	80	77	77	76	70	72
SP70									
-1284	86	116	86	79	76	72	68	68	72
CB47									
-355	70	129	104	98	93	82	74	76	78
SP71									
-1081	75	107	86	75	74	76	67	65	67
IAC48									
-65	74	92	73	57	65	64	62	71	72
RB73									
-5275	70	82	72	64	66	60	-	-	-
IAC51									
-205	-	110	90	87	76	65	83	66	73

Fonte: Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo

(a) 1A = cana de ano

1M = cana de ano-e-meio

Para a região Centro-Sul do Brasil, a safra se estende por cerca de 7 meses (maio até novembro). O manejo da colheita frente as variedades plantadas é feito visando retirar o máximo de açúcares do elenco varietal instalado. Na Tabela 3' apresenta-se o manejo médio de corte realizado nas safras 88/89, 89/90 e 90/91, para as principais variedades cultivadas no Estado de São Paulo. Nota-se que existe predominância no corte de determinados híbridos no início da colheita (variedades NA56-79 e SP71-799); no meio da safra (SP70-1143, SP71-6163 e SP71-1081) e; final da colheita (variedades SP71-1406 e CB47-355).

Tabela 3 : Manejo médio da colheita das principais variedades cultivadas no Estado de São Paulo nas safras 88/89, 89/90 e 90/91.

	% colhida da área total								
Variedades-----	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
NA56-79	2,2	28,0	28,3	16,1	9,5	8,1	5,8	1,7	0,3
SP70-1143	0,2	5,6	15,0	22,7	23,6	17,5	10,2	4,0	1,2
SP71-1406	0,3	2,9	7,2	8,9	13,0	20,9	30,0	14,1	2,7
SP70-1078	0,6	14,4	35,5	23,4	13,1	6,3	4,7	1,6	0,3
SP71-799	0,4	21,4	23,1	17,8	16,8	8,8	8,6	2,8	0,3
SP71-6163	0,1	7,2	13,6	20,0	19,0	17,2	16,2	5,4	1,3
IAC52-150	0,3	3,2	23,3	33,7	22,0	11,6	4,5	1,3	0,1
SP70-3370	0,2	6,0	15,5	13,8	12,3	19,9	26,5	5,1	0,7
SP70-1284	1,4	10,5	11,0	17,6	14,7	17,3	16,5	8,2	2,9
CB47-355	-	1,5	1,5	6,1	9,0	17,6	33,8	22,1	8,4
SP71-1081	0,1	2,1	14,4	30,6	20,5	14,6	12,5	4,8	0,5
IAC48-65	0,7	8,4	24,8	35,8	19,0	7,4	2,9	0,7	0,4
RB73-5275	0,1	2,5	6,2	10,2	21,2	19,3	29,4	8,7	0,4
IAC51-205	-	2,2	11,8	31,6	17,9	15,8	15,4	5,3	-
Média	0,7	11,5	17,2	17,3	15,9	15,2	14,7	6,1	1,4

Fonte: Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo.

A concentração do corte das variedades em determinadas épocas da safra canavieira é explicada pelo comportamento da maturação da cana-de-açúcar (acúmulo de açúcares no colmo) que, resumidamente, é descrita a seguir: no período em que a planta está vegetando, o processo de acúmulo de açúcares é quase inexistente. Com o encurtamento dos dias e com a diminuição das precipitações e da temperatura, a fase de maturação se intensifica, alcançando um máximo, com uma posterior queda dos açúcares dos colmos no final da safra. Trabalhos demonstram que o processo de maturação da cana-de-açúcar se assemelha a uma função quadrática (PINAZZA, 1985). Na região centro-sul do Brasil, todas as variedades cultivadas apresentam o ponto de máximo acúmulo de sacarose entre os meses de agosto e setembro (Figura 1). Logicamente, o ideal seria o corte de toda a cultura neste período, porém os investimentos necessários para que tal política seja adotada inviabilizam uma drástica diminuição do período normal da colheita. Sendo assim, a indústria procura equilibrar as variedades plantadas de modo a obter uma boa qualidade de matéria-prima ao longo de toda a safra.

Figura 1: Curvas médias de maturação de 5 variedades cultivadas no Estado de São Paulo.

O problema que motivou este estudo está relacionado com as principais questões técnico-administrativas enfrentadas pelos profissionais ligados ao planejamento da agroindústria canavieira.*A cada ano, deve-se definir uma política de reforma e colheita da cultura, visando a maximização dos retornos da atividade e aos investimentos a serem feitos. As principais questões levantadas neste processo decisório são:

a)quais áreas devem ser reformadas ?

b)Quais as variedades a serem plantadas nestas áreas de reforma ?

c)Qual o ciclo de plantio a ser adotado (cana de ano e/ou cana de ano-e-meio) ?

d)Quando deve ser efetuado o corte de cada variedade ?

e)Qual o perfil varietal economicamente ideal para a agroindústria ?

As respostas à essas questões deverão estar integradas às exigências industriais, às limitações operacionais e financeiras da unidade produtora e deverão ser consideradas as experiências (passadas e presentes) sobre o comportamento da lavoura para, a partir daí, poder projetar com maior segurança a performance futura do setor agrícola.

Cada vez mais os resultados econômicos associados ao processo de condução da lavoura tornam-se importantes. Além da preocupação com a produção, as empresas do setor tem sua atenção voltada para um modelo de planejamento da agroindústria que otimize os retornos aos investimentos feitos (COPERSUCAR, 1989). Porém, o que se observa junto às unidades produtoras é a inexistência de instrumentos de planejamento que satisfaçam as indagações do planejador. O processo decisório fica, desta maneira, extremamente dependente da experiência dos técnicos ligados

ao setor. No caso específico da definição das áreas anuais de reforma, o critério geralmente utilizado é o da fixação de uma produtividade mínima, abaixo da qual se efetua o replantio, sem que critérios econômicos sejam explicitados.⁴

4

O critério de seleção das áreas para reforma foi identificado através de entrevistas com técnicos de Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

Este capítulo está dividido em 4 seções. Na primeira, faz-se uma breve revisão na importância da alocação varietal no planejamento canaveiro. A seguir, aborda-se a questão da determinação do número de cortes economicamente ótimo a ser dado na cultura de cana-de-açúcar, antes da reforma. Na terceira seção, revisa-se os trabalhos voltados ao planejamento e otimização da colheita da cana-de-açúcar. Finalmente, são analisados alguns modelos de corte e reforma de empreendimentos florestais, indicando sua adaptabilidade ao segmento sucroalcooleiro.

2.2 A importância da alocação e do manejo varietal no planejamento canaveiro

Especificamente para cana-de-açúcar, pesquisas foram conduzidas visando fornecer instrumentos auxiliares ao planejamento e gerenciamento da agroindústria. O Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR) na publicação "Gerência Agrícola em Destilarias de Alcool" (1982), propõe um modelo auxiliar de planejamento da lavoura canavieira com a finalidade principal de "explicitar regras de decisão e procedimentos preferenciais que orientem a gerência agrícola na elaboração de planos de produção de matéria-prima, visando atender as necessidades de processamento industrial da empresa, com rendimentos compatíveis com os investimentos realizados". Partindo da

fase de implantação da lavoura, até o planejamento das atividades de plantio, colheita e conservação de solos, este documento fornece uma sequência de procedimentos a serem adotados pelo planejador, baseados em critérios técnicos e operacionais.

Quando se refere especificamente à alocação varietal, este trabalho afirma que "a análise das características varietais para a escolha ou eleição das variedades é um passo relativamente mais simples que os anteriores, visto que se trata apenas de justapor no contexto, em superposição às decisões já tomadas dos componentes clima (época de colheita) e solo (manejo programado de cortes), as características mais desejáveis dentre aquelas apresentadas pelo conjunto de variedades existentes". Entretanto, esta opinião não é defendida por uma série de autores os quais consideram o manejo e a alocação varietal junto à unidade produtora, uma das etapas de maior importância e complexidade no planejamento da agroindústria.

Dentre eles cita-se **RUSCHEL (1982)** que enfatiza que só um eficiente manejo de variedades pode garantir maiores produtividades dentro da indústria. O autor aponta para o fato de que "a constante expansão das áreas cultivadas com cana-de-açúcar exige cada vez mais atenção do planejador agrícola na escolha das variedades a serem plantadas e sua distribuição junto à agroindústria".

Esta mesma opinião é compartilhada por **FERNANDES (1984)** e **NUNES (1984)** para os quais "o manejo das variedades de cana-de-açúcar é de fundamental importância, sobretudo quando o objetivo é a extração de sacarose, e quando deve-se considerar as épocas mais indicadas para a colheita de cada variedade, distâncias dos talhões à fábrica, custos de transporte da matéria-prima, residindo aí uma grande chance do planejador conseguir elevados resultados econômicos sem o aumento nos custos de produção".

Neste contexto, a reforma do canavial torna-se um poderoso instrumento de planejamento, principalmente quando se procura melhorar a eficiência econômica da cultura da cana-de-açúcar. É através dela que se pode introduzir novas variedades, aumentar ou diminuir a participação de determinado híbrido na composição global da lavoura ou, simplesmente, realocar as variedades ao longo do raio de ação da agroindústria, visando diminuir o custo de transporte por tonelada de álcool e/ou açúcar produzido.

Entretanto, a maioria das pesquisas que abordam economicamente a questão da reforma de canaviais se preocupam em definir o número ótimo econômico de cortes da cultura, tratando individualmente cada área cultivada com cana-de-açúcar. Nestes estudos não se analisa globalmente o sistema de produção de cana, álcool e açúcar. Desta maneira, questões como a composição varietal da lavoura, cotas de produção de açúcar e álcool, manejo de colheita — que influenciam diretamente a política de reforma adotada pela agroindústria —, são desconsideradas. Alguns exemplos deste tipo de tratamento são revisados e discutidos na próxima seção.

2.3 A determinação do número ótimo de cortes para a cultura de cana-de-açúcar

Com o objetivo de determinar o número ótimo econômico de cortes a ser dado em um canavial antes da reforma, BOYCE (1968), propõe como critério de avaliação a maximização da renda global alcançada por cada ciclo alternativo de cultivo. Desta maneira, dentre as várias opções de condução da cultura — reforma após o primeiro corte, reforma após o segundo corte, etc. —, o ponto ótimo econômico é aquele que maior rentabilidade oferecer ao agricultor. Após o levantamento da estrutura de custos e preços do sistema de produção, o autor define como parâmetro de seleção do melhor ciclo de cultivo, o índice "F" que,

matematicamente, é expresso a seguir:

$$F = \frac{[P \cdot \sum_{E=1}^n QT_E - (\sum_{E=1}^n MY_E + H \cdot \sum_{E=1}^n QT_E)]}{\sum_{E=1}^n M_E} \quad (1)$$

Onde:

P=preço da cana, em unidades monetárias/tonelada;

QT_E =quantidade de cana, por unidade de área, produzida no estágio E;

MY_E =custos dos tratos culturais e implantação do canavial no estágio E, em unidades monetárias/unidade de área;

H=custo de colheita, em unidades monetárias/tonelada;

M_E =número de meses entre o último corte ou plantio e a colheita.

Para cada ciclo opcional de cultivo (reforma após um corte, reforma após dois cortes, etc.), obtem-se um fator de rentabilidade "F". O ciclo que resultar o maior "F" indicará o número de cortes economicamente ótimo para a cultura.

CHINLOY & SHAW (1969), procuraram determinar o número ótimo econômico de cortes para a cana-de-açúcar para as condições de cultivo da Jamaica. Segundo os autores, a combinação entre os altos custos de implantação do canavial e a queda de produtividade ao longo dos sucessivos cortes indicam a existência de um número ótimo de cortes para a cultura. A partir de dados de produtividade nos diversos estágios de corte, concluíram que a relação entre a produção e o estágio cultural da lavoura podia ser expressa, matematicamente, como a seguir:

$$Q_E = 45,0 - 2,5 \cdot E \quad (2)$$

Onde :

Q_E = produção, em toneladas por acre, no estágio E ;

E = estágio de corte da cultura.

Portanto, a partir de uma produtividade inicial (Q_0) de 45 toneladas/acre, a cultura fornece produções decrescentes na razão de 2,5 toneladas/acre por estágio de corte.

A equação que representa o custo de manutenção e corte da cultura, excluindo-se o custo de implantação do canavial, é descrita a seguir:

$$CA = M + H \cdot Q_E = M + (45,0 - 2,5 \cdot E) \cdot H \quad (3)$$

Onde :

CA = custos dos tratos culturais e colheita da cultura, em unidades monetárias/acre;

M = custos de manutenção da cultura, em unidades monetárias/acre;

H = custos da colheita, em unidades monetárias/tonelada de cana;

Q_E = quantidade de matéria-prima, por unidade de área, no estágio E ;

E = estágio cultural da lavoura.

A renda líquida mensal para preços e custos da Jamaica incluindo-se agora, os custos de implantação da cultura e a receita com a venda da cana para uma série infinita de cultivos, é obtida através da expressão:

$$\bar{RL} = \frac{I - 100 + 80 \cdot (E + 1) - 5 \cdot E \cdot (E + 1)}{(E + 1)} \quad (4)$$

ou, ainda,

$$\bar{RL} = \frac{80 - 100 - 5 \cdot E}{(E + 1)} \quad (5)$$

Onde:

$\bar{RL}$ =receita líquida média mensal;

E =estágio de corte.

A partir da equação (5), derivando-se a renda líquida mensal ($\bar{RL}$) em relação ao número de cortes (E) e igualando a expressão a zero, encontra-se o número ótimo de cortes para a cultura (3,5 cortes para as condições de cultivo da Jamaica).

SIMMONDS (1973), a partir da pesquisa conduzida por Chinloy & Shaw, propôs um tratamento mais geral para a questão da época economicamente ótima para a reforma de canaviais. Usando os mesmos procedimentos, mas com maior detalhamento, o autor chega a seguinte expressão para a renda líquida fornecida pela cultura canavieira:

$$RL = [Q \cdot (P - H) - M] - b \cdot (P - H) \cdot E \quad (6)$$

Onde :

RL=renda líquida, em unidades monetárias/unidade de área;

Q=produção da cana planta, em toneladas/unidade de área;

P=valor da cana ao produtor, em unidades monetárias/tonelada;

H=custos totais da colheita, em unidades monetárias/tonelada;

M=custo do tratamento e cultivo da soqueira, em unidades monetárias/unidade de área;

b=tendência de queda de produtividade ao longo dos estágios de corte;

E=número de cortes da cultura.

Fazendo Y =custo de implantação do canavial; $K=[Q \cdot (P-H)-M]$; e $L=b \cdot (P-H)$, a renda média mensal ($\bar{R}_L$) para um ciclo infinito de cultivo fica:

$$\bar{R}_L = \frac{-Y + K : (E + 1) - L \cdot \left[\frac{E \cdot (E + 1)}{2} \right]}{(E+1)} \quad (7)$$

Da expressão (7), derivando-se a renda média mensal ($\bar{R}_L$) em relação ao número de cortes (E) e igualando-se a zero temos:

$$\frac{\partial P}{\partial n} = \frac{Y}{(E+1)^2} - \frac{L}{2} = 0 \quad (8)$$

Substituindo-se em (8) " $(E+1)$ " por " N ", chega-se a seguinte expressão para a determinação do número economicamente ótimo de cortes antes de se efetuar a reforma:

$$N = \sqrt{\frac{2 \cdot Y}{L}} \quad (9)$$

A partir da expressão (9), o autor conclui que altos valores de N são favorecidos por altos custos de implantação da lavoura (Y), por baixos valores de " b " e baixos preços da cana pagos ao produtor (P), quando comparados aos custos de colheita (H).

O autor estuda também três questões deixadas em aberto por Chinloy & Shaw: a) a determinação do número ótimo de cortes para a cultura quando por alguma razão — condições climáticas, escassez de mão-de-obra, etc. —, não se pode fazer a reforma do canavial imediatamente após a colheita; b) o efeito da variação da queda da produtividade ao longo dos estágios culturais no número ótimo econômico da cultura; c) o efeito da atualização das receitas sobre o

número ótimo de cortes. Conclui que tanto o atraso do plantio das áreas de reforma, como uma menor queda de produtividade da cultura ao longos dos sucessivos cortes, aumentam o número economicamente ótimo de cortes da cultura. Com relação ao desconto das receitas para o presente, o autor enfatiza que o ótimo econômico altera-se significativamente frente as diversas taxas de desconto utilizadas não sendo, portanto, uma sofisticação acadêmica, mas sim, um procedimento a ser adotado em trabalhos futuros.

HOESTRA (1976), também estuda a questão da otimização econômica de cortes da cultura canavieira do ponto de vista do produtor de cana-de-açúcar, procurando a maximização das receitas a serem geradas por cada talhão ou unidade de planejamento isoladamente. O avanço desta pesquisa frente às anteriores é o maior rigor na obtenção da função que relaciona a queda de produtividade aos diversos estágios culturais. A partir de uma série histórica de dez anos de produtividades por estágio de corte, o autor estima a função de produção para a cultura, atentando para a correção dos dados com relação aos efeitos das variações climáticas ocorridas no período estudado, efeitos da idade do corte sobre a produtividade do canavial e, principalmente, quanto ao mascaramento na tendência de queda da produtividade ao longo dos cortes, provocada por áreas com produções elevadas, fora dos padrões considerados normais.

Na determinação do número ótimo econômico de cortes da cultura, o autor define expressões para a receita líquida:

a) receita líquida para uma área em primeiro corte:

$$RL = (P - H) \cdot Q_0 - Y \quad (10)$$

Onde:

RL=receita líquida, em unidades

monetárias/unidade de área;

P=preço cana ao produtor, em unidades monetárias/tonelada;

H=custo da colheita, em unidades monetárias/tonelada;

Q_0 =produção no primeiro corte, em toneladas/unidade de área;

Y=custo de implantação do canavial, em unidades monetárias/unidade de área.

b) receita líquida para áreas a partir do segundo corte:

$$RL_E = P \cdot Q_E - M_E + H \cdot Q_E = (P_E - H_E) \cdot Q_E - M_E \quad (11)$$

Onde:

RL_E =receita líquida, em unidades monetárias /unidade de área, no estágio E da cultura;

P=preço da cana ao produtor, em unidades monetárias/tonelada;

Q_E =produção, toneladas/unidade de área, para o estágio E da cultura (para E $\neq$ 1).

M_E =custos dos tratos culturais, em unidades monetárias/tonelada, no estágio E da cultura;

H_E =custos da colheita, unidades monetárias/tonelada, no estágio E da cultura;

A receita total de um ciclo de E cortes para uma determinada área, descontada para o presente, é definida como:

$$U_E = RL_0 \cdot D^{t_0} + RL_1 \cdot D^{t_1} + \dots + RL_E \cdot D^{t_n} \quad (12)$$

Onde :

$RL_0, RL_1, \dots, RL_E$ =receita líquida em cada corte;

$D^{t_0}, D^{t_1}, \dots, D^{t_E}$ = fator de desconto para o presente;

U_E = receita líquida de um ciclo de E cortes descontada para o presente.

Repetindo-se um ciclo de reforma infinitas vezes e descontando as receitas líquidas para o presente, obtem-se a seguinte expressão:

$$Z_E = U_E \cdot (1 + D_1^{t_E} + D_2^{(t_E)^2} + D_3^{(t_E)^3} + \dots) = \frac{U_E}{(1 - D^{t_E})} \quad (13)$$

Calculando-se sucessivos valores de U_E e Z_E para $E=1, 2, 3, \dots, n$, encontra-se o valor ($E=N$) que maximiza a renda líquida global Z_E .

Entretanto, ao enfocar-se a questão do planejamento da reforma de canaviais do ponto de vista da agroindústria sucroalcooleira — que, além de cultivar, processa a cana-de-açúcar —, o problema torna-se mais complexo. Neste caso, deve-se considerar as necessidades anuais de matéria-prima da indústria, assim como suas limitações operacionais e financeiras, caso contrário, corre-se o risco de comprometer as produções futuras da empresa. Como já mencionado, esta questão não é considerada nos trabalhos conduzidos por Boyce, Chinloy & Shaw, Simmonds e Hoestra nos quais o objetivo é a maximização das receitas geradas por uma área isolada do complexo agroindustrial de produção de cana, álcool e açúcar. No método utilizado por estes autores, não existe a preocupação com o comprometimento do setor agrícola com a demanda da indústria por matéria-prima ao longo dos anos de exploração.

Uma outra questão que deve ser considerada — e que reforça ainda mais a adoção de um procedimento mais abrangente do planejamento da reforma de canaviais quando se avalia uma agroindústria —, é a que se refere ao

equilíbrio varietal da lavoura. A agroindústria colhe e processa matéria-prima por um período de aproximadamente 7 meses, exigindo, assim, que a área agrícola esteja apta a fornecer matéria-prima de boa qualidade por todo o período da safra. Desta maneira, quando da definição das áreas anuais de reforma, o planejador deve estar ciente desta exigência. Ele deve procurar equilibrar adequadamente o plantel varietal, visando maximizar globalmente os retornos econômicos da colheita das variedades. Este objetivo, no entanto, só é alcançado tratando-se globalmente a questão do manejo da reforma dos canaviais. Na definição das áreas a serem reformadas deve-se analisar todas as unidades de produção conjuntamente pois, muitas vezes, o manejo economicamente "ideal" para uma área analisada isoladamente pode não ser a melhor opção para o sistema agroindustrial como um todo.

2.4 A otimização da colheita da cana-de-açúcar

Para as condições do Brasil, alguns trabalhos foram conduzidos visando alcançar a otimização da colheita da cana-de-açúcar. Nestas pesquisas, que serão discutidas a seguir, procura-se otimizar, física ou economicamente, a colheita das variedades. Não existe, nestes estudos, uma preocupação explícita com a cultura ou com a agroindústria ao longo dos demais anos de exploração. Todavia, o conceito de otimização de safra deve ser considerado quando se analisa a questão da reforma do canavial. Dependendo da política de reforma adotada, ocorrerão alterações na composição varietal da lavoura, o que modificará o manejo ótimo de colheita para a cultura. Mesmo a simples alteração na distribuição das áreas por estágio de corte poderá comprometer o desempenho da agroindústria.

NUNES JR. & SHOUCHANA (1984), determinaram a margem de contribuição para as dez variedades de cana-de-açúcar listadas a seguir: NA56-79, CB53-98,

IAC51-205, SP70-1078, SP70-1143, SP70-1284, IAC52-150, SP70-1005, SP70-1423 e SP70-3370. Em função da sua época de corte e distância do talhão à unidade produtora, pretendiam fornecer parâmetros para a seleção das variedades economicamente mais rentáveis em cada mês da safra. A fim de tornar possível tal avaliação, considerando-se a variação nos teores de sacarose e da produtividade ao longo do período de colheita, confrontados aos custos de transporte da matéria-prima, os autores instalaram um experimento de campo, onde estas variedades foram avaliadas em 6 épocas de corte.

As margens de contribuição para as variedades foram determinadas, para cada época de corte e faixas de distância à usina, através da seguinte expressão:

$$MC = TCH \cdot ATR \cdot (AC + b \cdot AL) - CA - CF \quad (14)$$

Onde:

MC=margem de contribuição ao lucro;

TCH=produtividade, em toneladas de cana / hectare;

ATR=açúcar teórico recuperável;

AC=preço do açúcar;

b=coeficiente que expressa a quantidade de litros de álcool residual correspondente ao açúcar fabricado;

AL=preço do álcool anidro pago ao produtor, sem impostos, estabelecido pelo IAA (Instituto do Açúcar e do Alcool);

CA=custo de produção agrícola, expresso em Cr\$/hectare;

CF=custo de fabricação do açúcar e álcool, em Cr\$/tonelada de cana.

Após o levantamento de preços e custos para ano de 1983, a expressão 14 se resume a:

$$MC = TCH \cdot \left[\frac{ATR - (3068,47 + 40,10 \cdot 3 \cdot D)}{111,81} \right] \quad (15)$$

Onde:

MC=margem de contribuição ao lucro;

TCH=produtividade, em toneladas de cana por hectare;

ATR=açúcar teórico recuperável;

D=distância do talhão à fábrica.

Observa-se que a expressão entre parênteses na equação 15 é função somente da distância do talhão à usina. Esta expressão, dadas as diversas distâncias médias, se transforma em um fator de ponderação "K", determinante da rentabilidade de cada variedade de cana-de-açúcar às várias faixas de distância frente aos custos de transporte. Com a produtividade (TCH) e o açúcar teórico recuperável (ATR) variando com a época em que se efetua o corte da variedade e ponderando-se pelo fator "K", obtém-se a sequência de cortes economicamente mais rentável para cada variedade em cada período da safra, nas diversas faixas de distância dos talhões à usina.

— Apesar de definir a época "mais" aconselhável para o corte de cada variedade, levando em consideração as expectativas de produtividade e açúcar teórico recuperável ao longo da safra, além do custo de transporte da matéria-prima para a indústria, este estudo não considerou uma questão importante na otimização econômica da safra da cana-de-açúcar: como manejar o corte de todas as variedades conjuntamente, sujeito a uma demanda de matéria-prima da indústria, com o objetivo de conseguir a maior rentabilidade da colheita como um todo. Assim como nos trabalhos vistos na

seção 2.3 deste capítulo, que trata da questão da determinação do número economicamente ótimo de cortes da cultura antes da reforma. Nunes e Shouchana analisaram cada variedade isolada do complexo de produção agroindustrial.

A programação linear como técnica de planejamento canavieiro soluciona esta questão e tem sido muito utilizada na otimização da colheita da cana-de-açúcar. BRUGNARO, et alli (1988), por exemplo, desenvolveram um modelo de planejamento da colheita para a usina Jatiboca, localizada no município de Ucrânia, Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Neste estudo, onde foi considerada uma série de restrições operacionais da indústria, limitações de mão-de-obra para efetuar-se a colheita e capacidade de estocagem de álcool e açúcar, visou-se fornecer um planejamento da colheita que maximizasse a produção de açúcar e/ou álcool da agroindústria. Como esclarecem os autores, o trabalho intencionou dar uma introdução à utilização da pesquisa operacional como técnica de planejamento no setor sucroalcooleiro, já que se enfocou a maximização da física e não econômica da colheita da cana-de-açúcar.

Considerações econômicas à otimização da colheita da cana-de-açúcar foram incorporadas em trabalho desenvolvido por IDE & SOCORRO (1988) na Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo Ltda (Copersucar). Nesta pesquisa, o objetivo foi a maximização da margem de contribuição ao lucro desta fase da produção da cana-de-açúcar, considerando-se as limitações e os custos de transporte da matéria-prima à fábrica, além da disponibilidade de mão-de-obra e/ou máquinas para a colheita. Nesta pesquisa utilizou-se, assim como Brugnaro, a programação linear como instrumento de análise.

A bibliografia até aqui consultada ou aborda o problema do planejamento canavieiro em uma situação preestabelecida como nos trabalhos de planejamento da

colheita, ou analisa a questão da reforma de canaviais do ponto de vista do produtor de cana-de-açúcar. Por outro lado, CRANE (1979), propôs para as condições típicas de cultivo da cana-de-açúcar do Sul da Flórida (EUA) um modelo que enfoca estas questões conjuntamente, em uma abordagem técnico-econômica. Baseado em séries históricas de produtividade e maturação para as variedades cultivadas nesta região, estimou funções de produção para a cultura. Com estas funções de produção desenvolveu um modelo de planejamento de reforma de canaviais com o objetivo de determinar, a cada safra, as áreas a serem replantadas, quais variedades a serem cultivadas nestas áreas de reforma, em que período do ano agrícola se efetuar o plantio e qual o manejo de corte a ser dado à cultura. O autor agregou o planejamento de colheita ao de reforma de canaviais, dentro de um horizonte de planejamento determinado, utilizando a programação linear como instrumento metodológico. Após a simulação do modelo de reforma de canaviais para uma agroindústria hipotética, o autor concluiu que existem evidências que tal método de planejamento pode melhorar a eficiência técnico-econômica do setor. No entanto, tal sucesso depende da qualidade dos dados usados na determinação das funções de produção utilizadas.

2.5 Modelos de planejamento do corte e reforma de áreas reflorestadas

Nesta revisão bibliográfica, especial importância é dada aos modelos de planejamento e gerenciamento florestal. Isto ocorre devido à semelhança da organização das empresas deste setor ao do segmento sucroalcooleiro, na sua cadeia de verticalização da produção. Assim como no setor sucroalcooleiro, no segmento florestal, a área agrícola é responsável pelo abastecimento contínuo e uniforme de matéria-prima para a indústria, o que exige um planejamento estratégico da produção ao longo dos anos.

LIMA (1988), em sua pesquisa, propôs dentro de um horizonte de planejamento predeterminado, um plano de manejo de corte e reforma economicamente ótimo para florestas de *Eucalyptus ssp.*, vinculados ao abastecimento de uma indústria de celulose. Os objetivos específicos da pesquisa foram: a) dar um enfoque econômico ao manejo e exploração de florestas; b) utilizar um método de avaliação economicamente mais adequado aos empreendimentos florestais; c) desenvolver um programa computacional de auxílio na formulação do modelo de corte e reforma; d) estudar cenários de planejamento, analisando-os técnico e economicamente.

O método utilizado foi a programação linear que, segundo o autor, tem sido muito explorado no planejamento do setor florestal. A inovação proposta foi analisar a questão do planejamento de corte e reforma de reflorestamentos sob vários cenários conjunturais, visando a maximização do valor presente das receitas líquidas dentro de um segmento florestal verticalizado. Na composição de seu modelo, Lima agrupou as unidades florestais em extratos homogêneos quanto à idade da floresta ali implantada, distância à unidade processadora, tipo de solo, topografia, acessibilidade para a implantação e exploração, gênero e espécies ou procedência da muda, etc. Desta maneira facilitou-se a elaboração do plano de manejo.

Os regimes de manejo, isto é, a condução de cada lote florestal são itens essenciais na formulação do problema. Cada regime define uma estratégia que envolve uma série de práticas silviculturais, cortes e reformas nas áreas exploradas ao longo do horizonte de planejamento. As restrições às quais aquele modelo está sujeito são: a) fixação de área: para cada unidade de manejo, o modelo impõe que qualquer que sejam as alternativas escolhidas, esta terá de ocupar a área integral desta unidade; b) um volume mínimo e um máximo de madeira a ser explorado a cada ano do horizonte de planejamento. Para agilizar o processo

de entrada de dados foi desenvolvido um programa computacional auxiliar, gerador da matriz de programação linear.

Lima finaliza seu estudo concluindo que a programação linear aplicada aos modelos de planejamento florestal mostrou-se de importância estratégica, permitindo a análise de vários cenários de planejamento com agilidade e versatilidade. Tal opinião é compartilhada por RODRIGUES & MOREIRA (1989) que enfatizam a grande utilidade da pesquisa operacional no manejo de corte e reforma de florestas de *Eucaliptus ssp.*

A partir desta revisão bibliográfica conclui-se, resumidamente, que:

a) o manejo e a alocação varietal é uma das etapas de maior importância no planejamento da cultura de cana-de-açúcar;

b) o tratamento dado à questão da época ideal de reforma de canaviais, revisados na seção 2.3 deste capítulo, não é a mais recomendável quando se estuda este problema dentro de um contexto agroindustrial;

c) na elaboração de um modelo de otimização de corte e reforma de canaviais deve-se considerar a questão referente ao manejo de colheita das variedades;

d) as análises dos modelos de corte e reforma de florestas, adaptados às condições brasileiras por Lima, Rodriguez e Moreira, mostram que estes se identificam e se adaptam, nas suas linhas gerais, ao problema do setor sucroalcooleiro de otimização de corte e reforma de canaviais;

e) não existe um modelo de decisão de corte e reforma de canaviais desenvolvido especificamente para as condições de cultivo da cana-de-açúcar no Brasil.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral do presente estudo

Obter um instrumento auxiliar à otimização econômica do corte e reforma de canaviais, ágil e versátil, capaz de se adaptar às particularidades das diversas unidades produtoras de álcool e açúcar.

3.2 Objetivo específico

Mais especificamente, o modelo deve responder as seguintes questões:

a)quais áreas devem ser reformadas anualmente ?

b)Quais as variedades a serem plantadas nestas áreas de reforma ?

c)Qual o ciclo de plantio a ser adotado (cana de ano e/ou cana de ano-e-meio) ?

d)Quando deve ser efetuado o corte de cada unidade de planejamento ?

e)Qual o perfil varietal economicamente ideal para a agroindústria ?

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Método

Como visto na literatura, os modelos de programação matemática (linear, mais especificamente), são os que melhor se adaptam ao problema estudado, dada a sua grande eficiência e operacionalidade na resolução de problemas onde se exige a otimização condicionada a fatores de produção limitados.

4.2 Conceitos fundamentais da programação linear

4.2.1 Atividade

Atividade é um conceito fundamental da programação matemática. Ela é definida como um vetor de coeficientes técnicos a_{ij} ($i=1,2,\dots,m$) e ($j=1,2,\dots,n$), os quais definem a quantidade do insumo i necessário para a produção de uma unidade da atividade j .

4.2.2 Restrição

Na formulação de um modelo de programação linear, cada coeficiente a_{ij} está associado a uma restrição (i) a qual é respeitada na resolução do problema. Estas restrições poderão ser de quatro tipos: a) restrições que indicam as limitações de recursos como, por exemplo, a limitação de área imposta a um modelo de planejamento agrícola; b) restrições de demanda por algum recurso em determinado período de um horizonte de planejamento. Em

modelos de otimização da colheita da cana-de-açúcar, um exemplo deste tipo de restrição é a exigência mínima de cana para moagem, ao longo de cada período da safra; c) restrições que promovem a interação entre duas ou mais atividades. As interações são utilizadas no caso de atividades que, para serem adotadas, necessitem que uma ou mais atividades sejam acionadas conjuntamente; d) restrições de não negatividade das variáveis de decisão (X_j) ou atividades.

4.2.3 Função objetivo

Quando se utiliza um modelo de programação linear visa-se, normalmente, a minimização ou a maximização econômica de um sistema de produção. No entanto, a minimização de riscos ou a maximização da produção podem ser alcançados em estudos específicos. Na função objetivo, cada variável de decisão X_j estará associada a um coeficiente C_j que será a contribuição da unidade da variável X_j ao objetivo final.

4.3 Forma padrão de um problema de programação linear

Pode-se formular um modelo matemático para um problema geral de alocação de recursos da seguinte maneira. Especificamente este modelo deve selecionar os valores $X_1, X_2, \dots, X_n$ de forma a :

MAXIMIZAR

$$C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

SUJEITO ÀS RESTRIÇÕES :

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

$$\vdots$$

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \leq b_m$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

onde: b é um vetor de constantes.

4.4 Suposições da programação linear

4.4.1 Proporcionalidade

O conceito de proporcionalidade em programação linear supõe que uma atividade ou processo, quando tratados individualmente ($X_j = 0$ para todo $j=1,2,\dots,n$ exceto para $X_j = k$), possua retornos constantes à escala. Não existe, portanto, carga extra para a sua inicialização, com sua medida de eficácia mantendo-se por toda a extensão dos níveis da atividade.

4.4.2 Divisibilidade

Supõe-se que todas as atividades possam ser divididas em qualquer nível fracional, permitindo-se valores não inteiros como solução do problema. Para casos onde as variáveis tenham características discretas, pode-se trabalhar com algoritmos de programação inteira mista (MIP) ou, às vezes, simplesmente aproximar as soluções para valores inteiros.

4.4.3 Determinismo dos coeficientes técnicos

Assume-se que todos os parâmetros usados no modelo (os valores a_{ij} , b_j e C_j) sejam constantes conhecidas. Entretanto, observa-se que, em planejamentos de médio e longo prazo, tal pressuposição é raramente satisfeita dada a dificuldade em se prever com segurança o comportamento futuro dos parâmetros usados. Uma maneira de se incluir na análise a dispersão dos parâmetros usados, seria a utilização de um modelo estocástico que incorporasse as distribuições probabilísticas das variáveis (parâmetros) utilizados (ver RODRIGUEZ, 1987).

4.4.4 Aditividade

Esta suposição requer que, dados quaisquer

níveis de atividade, o uso total de cada recurso e a medida total de sua eficácia resultante sejam iguais à soma das quantidades correspondentes geradas por toda a atividade conduzida pelo recurso.

4.5 Descrição do modelo de otimização econômica de corte e reforma de canaviais

4.5.1 Introdução

Existem várias maneiras de se modelar um mesmo problema usando a programação linear. Neste estudo, optou-se por uma modelagem com um grande número de atividades ou variáveis de decisão — que representarão as várias opções de condução da cultura de cana-de-açúcar ao longo do planejamento — e um pequeno número de restrições. Tal procedimento possui como vantagens, maior rapidez de processamento computacional, maior simplicidade nos sistemas geradores da matriz de programação linear e, principalmente, um pequeno número de atividades com valores diferentes de zero na solução. Esta última característica é de grande importância para os resultados a serem encontrados para o problema estudado. Ela diminui a possibilidade de uma mesma unidade de planejamento (bloco homogêneo, talhão, etc.) seguir mais de uma política de manejo, facilitando, assim, a operacionalidade das soluções. A seguir são descritos os principais conceitos utilizados na formulação do modelo de otimização econômica de corte e reforma de canaviais.

4.5.2 Principais conceitos

a) **safr** canavieira: período do ano em que se efetua a colheita da cana-de-açúcar;

b) **ciclo canavieiro**: compreende o número de cortes pelos quais passa a cultura antes da reforma do canavial;

c) **talhão canavieiro**: menor unidade de controle técnico-administrativo da lavoura da cana-de-açúcar;

d) **bloco homogêneo**: conjunto de talhões semelhantes quanto a variedade cultivada, estágio de corte, tipo de solo, distância à unidade processadora, data do último corte ou do plantio, tratos culturais, etc. O bloco homogêneo será a unidade de planejamento do modelo a ser desenvolvido;

e) **horizonte de planejamento**: período no qual se objetiva alcançar a otimização econômica do corte e reforma dos canaviais. A literatura sugere que o horizonte de planejamento seja o suficiente para suportar de 1,5 a 2,0 ciclos médios de cultivo da cultura (ver CLUTTER et alii, 1983). Para a cana-de-açúcar, cujo ciclo médio é de aproximadamente 6 cortes, ter-se-ia um horizonte de planejamento entre 9 e 12 anos. Optou-se, porém, por um período de planejamento de apenas 6 anos, representativo do ciclo médio de cultivo da cana-de-açúcar. Isto deve-se ao fato de que, em função da grande velocidade de entrada de novos materiais varietais nas lavouras comerciais, um horizonte de planejamento muito extenso não representaria a realidade de longo prazo da usina. Muito provavelmente, o elenco varietal inicialmente proposto estaria defasado no final do período planejado;

f) **políticas de manejo**: conjunto de alternativas de condução da cultura possíveis de serem adotadas por um bloco homogêneo ao longo do horizonte de planejamento.

4.5.3 Descrição das atividades

As políticas de manejo formarão as atividades do modelo. Na definição destas políticas, segue-se uma série de critérios e simplificações que são descritos e discutidos a seguir:

a) a safra canavieira que, normalmente, se

prolonga por 7 meses (maio a novembro), será dividida em 3 períodos: início da safra, agregando os meses de maio e junho; meio, agregando julho e agosto; e fim da safra, agregando setembro, outubro e novembro. Esta simplificação tem como objetivo reduzir o número de opções a serem geradas para cada bloco homogêneo, sem a perda da sensibilidade do modelo à evolução da maturação da cana-de-açúcar ao longo da safra;

b) o ciclo canavieiro variará em função da fertilidade do solo do bloco homogêneo, considerando os seguintes critérios: as áreas em solos considerados de baixa fertilidade terão ciclos de 3 ou no máximo 4 cortes, não se admitindo a reforma antes ou depois destes limites. Em solos de média fertilidade serão admitidos ciclos de 3, 4 ou 5 cortes. Para solos férteis, um mínimo de 3 e um máximo de 6 cortes. Reformas antes ou depois destes limites podem ocorrer na prática mas não representam o manejo normal da cultura canavieira. Soma-se à este fato, a não confiabilidade dos dados de produção para áreas com estágios de corte avançados. Estes dados tem como origem um pequeno número de talhões com produtividades elevadas, acima da média normalmente verificada, e que, por esta razão, não passaram pelo processo de reforma;

c) as áreas de reforma poderão ser replantadas com as seguintes variedades: NA56-79; SP70-1143; SP71-1406; SP71-799; SP71-6163; SP70-1284; e SP71-1081. Atualmente estes híbridos respondem por aproximadamente 84% da área cultivada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e, com exceção da variedade NA56-79, apresentaram tendência crescente de cultivo nos últimos 10 anos.

Entretanto, nem todos os blocos homogêneos poderão receber as 7 variedades como alternativas de plantio. Blocos com solos de baixa fertilidade serão cultivados somente com as variedades SP70-1143, NA56-79 e SP71-1081, que são pouco exigentes. Os blocos que possuírem

solos de média fertilidade poderão receber, além das variedades plantadas nos solos fracos, as variedades SP71-1406 e SP71-6163. Para áreas com solos de alto potencial de produção, todas as variedades serão opções de plantio (Tabela 4).⁵

d) os ciclos de plantio, por ocasião da reforma, serão dois: plantio de cana de ano feito entre os meses de setembro e novembro; e plantio de cana de ano-e-meio entre dezembro e meados de abril. Para o plantio de cana de ano, o período de colheita para o bloco, antes da reforma, se limitará ao início da safra, pois é necessário liberar rapidamente estas áreas para o preparo de solo e plantio. Para o caso do plantio com cana de ano-e-meio, a colheita do bloco antes da reforma poderá ser feita nos três períodos da safra;

e) a idade mínima e máxima de corte para todos os blocos homogêneos será de 12 e 16 meses, respectivamente. Sendo assim, uma área colhida ou plantada no final da safra (setembro a novembro) terá que ser sempre cortada no final da colheita, até que se efetue a próxima reforma. Caso contrário, o bloco estará sendo colhido com menos de 12 meses. As áreas plantadas ou colhidas em maio ou junho, poderão ser cortadas no início e meio do período da safra seguinte. Elimina-se, neste caso, o corte no final da colheita quando a variedade cultivada estaria completando cerca de 17 meses.

5

Apesar de ser recomendada para solos de baixa fertilidade, a variedade SP71-1081 possui uma maior exigência em fertilidade do solo que a variedade NA56-79 e, principalmente, que a variedade SP70-1149. Neste estudo, entretanto, pressupõe-se que os solos classificados como de baixa fertilidade sejam capazes de receber os três híbridos como opção de cultivo. A mesma consideração é válida para a variedade SP71-6163, cultivada em solos de média fertilidade.

Tabela 4 : Exigência em fertilidade dos solos das principais variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Estado de São Paulo.

Variedade	Exigência nutricional
SP70-1143	Pequena
SP70-1284	Elevada
SP71-6163	Média
SP71-799	Elevada
SP71-1406	Média
NA56-79	Pequena
SP71-1081	Pequena

Fonte: Boletim Técnico Copersucar - março/1983
adaptada pelo autor.

Obedecendo-se os critérios citados neste item, define-se as políticas alternativas de manejo para cada bloco homogêneo ao longo do horizonte de planejamento. Estas políticas formarão as atividades do modelo.

4.5.4 Descrição das restrições

As restrições impostas ao modelo são descritas a seguir:

a) disponibilidade de área: a somatória das áreas das políticas de manejo que vierem a ser acionadas pelo modelo será necessariamente igual a área total do bloco homogêneo. Esta imposição visa não permitir que parte da área de uma unidade de planejamento fique sem ser manejada (colhida ou reformada) durante o planejamento;

b) necessidade de matéria-prima: a indústria necessitará de fluxos regulares de matéria-prima durante o período de safra e ao longo do horizonte de planejamento. Para satisfazer esta exigência, existirão cotas mínimas e máximas de matéria-prima para moagem em cada período da safra e em todos os anos do planejamento;

c) **capacidade total de reforma:** a cada ano do planejamento existirá uma limitação máxima para as áreas a serem reformadas. Neste conjunto de restrições estarão representadas, implicitamente, as limitações orçamentárias anuais para se efetuar a reforma;

d) **capacidade de reforma com plantio no esquema de cana de ano:** como a época do plantio de cana de ano ocorre com a safra em andamento, existe, neste período, uma escassez de mão-de-obra para o plantio, transporte para mudas, máquinas para o preparo do solo e para outras atividades de produção. Isto faz com que as unidades produtoras possuam uma capacidade máxima de plantio da cana de ano em todos os anos do horizonte de planejamento;

e) **disponibilidade de mudas:** a escolha da variedade a ser plantada nas áreas de reforma, no primeiro ano do planejamento, estará sujeita à disponibilidade de muda desta variedade neste período. Esta restrição não será imposta aos demais anos do horizonte de planejamento, uma vez que ela só se mostra efetiva a curto prazo.

4.5.5 Descrição da função objetivo

A função objetivo a ser maximizada será o valor presente líquido (VPL) das margens de contribuição ao lucro dos fluxos de caixa de cada política de manejo, descontadas a uma taxa de 12% ao ano. Entretanto, o fato de se estar trabalhando com fluxos de caixa com horizontes irregulares, faz com que a comparação direta entre os VPL's não possa ser feita. Torna-se necessária uma uniformização dos horizontes, para daí, compará-los. Esta uniformização é conseguida através do conceito de fluxos de caixa perpétuos, compostos inicialmente pelo horizonte de planejamento e, posteriormente, pela repetição infinita do ciclo economicamente ótimo de cultivo para o bloco homogêneo em questão. Este artifício, também utilizado em modelos de otimização econômica de corte e reforma de empreendimentos

florestais (ver RODRIGUEZ & MOREIRA, 1989) pressupõe que, a longo prazo, a agroindústria estará de tal forma organizada que a sua exigência de matéria-prima, limitações operacionais e demais restrições, serão plenamente satisfeitas com o corte de cada unidade de planejamento no seu ciclo economicamente ótimo.

4.5.5.1 Determinação do ciclo economicamente ótimo

Admitindo-se que uma área será cultivada indefinidamente com cana-de-açúcar, pode-se determinar o número economicamente ótimo de cortes a ser dado na cultura antes de cada reforma. Seguindo-se os critérios descritos no item 4.5.3 deste capítulo, existirão 60 ciclos alternativos de manejo para um bloco homogêneo i com solo de baixa fertilidade. Calculando-se o valor presente líquido da série perpétua dos fluxos de caixa fornecidos por todos os ciclos, chega-se a conclusão que uma das alternativas é economicamente superior as demais. Determina-se assim o ciclo ótimo para o bloco homogêneo em questão.

Para o cálculo do valor presente líquido dos ciclos de manejo, denominado a partir daqui de Valor Econômico da Terra (VET), calcula-se inicialmente a receita líquida total dos ciclos de manejo c através da expressão a seguir:

$$\begin{aligned}
 RLT_c = & \sum_{z=1}^n (P-CF) QF_z (1+r)^{n-z} \\
 & - \sum_{z=1}^n CA QT_z (1+r)^{n-z} \\
 & - \sum_{z=1}^{n-1} M QH_z (1+r)^{n-z} \\
 & - Y (1+r)^n
 \end{aligned} \tag{16}$$

Onde :

RLT_c = receita líquida total do ciclo de manejo
c;

P = preço da unidade do produto final por
tonelada (açúcar e bagaço) ou metro cúbico (álcool);

CF = custo de fabricação do produto final por
tonelada (açúcar) ou metro cúbico (álcool);

QF_z = quantidade produzida do produto final em
toneladas (açúcar e bagaço) ou metros cúbicos (álcool);

CA = custo de corte, carregamento, transporte,
assistência social, Funrural, lavagem e moagem por tonelada
de matéria-prima processada;

QT_z = quantidade (toneladas) de matéria-prima
processada no período z do horizonte de planejamento;

n = ano em que ocorre o último corte do bloco
homogêneo i;

z = período em que ocorre corte e/ou manutenção
do bloco homogêneo i;

Y = custo de implantação da lavoura de
cana-de-açúcar por hectare;

M = custo dos tratos culturais do canavial por
hectare;

QH_z = número de hectares que receberão tratos
culturais no ano z do horizonte de planejamento;

r = taxa de desconto.

Considerando-se a RLT_c como um pagamento
periódico e perpétuo, utiliza-se para o cálculo do Valor
Econômico da Terra (VET) a fórmula do valor presente de uma
série perpétua de pagamentos periódicos:

$$VET_c = \frac{RLT_c}{[(1+r)^n - 1]} \quad (17)$$

O ciclo de maior Valor Econômico da Terra, definido a partir daqui como VET*, será o ciclo economicamente ótimo para o bloco em questão.

4.5.5.2 Cálculo do valor presente das políticas de manejo (Função Objetivo)

Para o cálculo do valor presente líquido de cada bloco homogêneo, conduzido pela política de manejo k, será somado o Valor Econômico da Terra do ciclo economicamente ótimo (VET*) às receitas líquidas totais do último corte do bloco em questão. Desconta-se, então, o fluxo de caixa para o presente. Este artifício torna comparáveis os valores presentes líquidos de quaisquer que sejam as políticas de manejo.

A Figura 2 ilustra o fluxo de caixa de um bloco homogêneo em terceiro corte no ano zero de um horizonte de planejamento de 6 anos. O bloco possui um solo de média fertilidade e a sua política de manejo prevê a primeira reforma após o quarto corte e a segunda após mais cinco cortes. Plantou-se, inicialmente, a variedade V1 no esquema de cana de ano e, posteriormente na segunda reforma, a variedade V2 no esquema de cana de ano-e-meio.

Note que, neste exemplo, a última reforma acontece exatamente no final do horizonte de planejamento. Para políticas de reforma onde isso não ocorra será adotado o seguinte critério: se o último corte da política acontecer depois do horizonte de planejamento, somar-se-á o VET* à receita líquida deste último corte, descontando-se o fluxo de caixa a partir desta data para o presente. Este seria o caso se, no exemplo ilustrado, as reformas acontecessem a cada 5 cortes. Vale salientar que não existirão políticas de reforma que não contemplem pelo menos seis anos.

[] = ano do horizonte de planejamento em que ocorre a reforma do canal.

FIGURA 2 : Descrição do fluxo de caixa para um bloco homogêneo conduzido ao longo de seis anos de exploração.

A fórmula geral para o cálculo do valor presente líquido (VPL) para um bloco homogêneo i seguindo uma política de manejo k é descrita a seguir:

$$VPL_{ik} = \sum_{z=1}^n \left[\frac{(P - CF) QF_z - M \cdot QH_z - CA \cdot QT_z - Y_z}{(1+r)^z} \right] + \frac{VET^*}{(1+r)^n} \quad (18)$$

Onde:

VPL_{ik} = valor presente líquido do bloco homogêneo i conduzido pela política de manejo k ;

P = preço da unidade do produto final por tonelada (açúcar e bagaço) ou metro cúbico (álcool);

CF = custo de fabricação do produto final por tonelada (açúcar) ou metro cúbico (álcool);

QF_z = quantidade produzida do produto final em toneladas (açúcar e bagaço) ou metros cúbicos (álcool);

CA = custo de corte, carregamento, transporte, assistência social, Funrural, lavagem e moagem por tonelada de matéria-prima processada;

QT_z = quantidade (toneladas) de matéria-prima processada no período z do horizonte de planejamento;

n =ano em que ocorre o último corte do bloco homogêneo i ;

z =período em que ocorre corte, a manutenção ou a implantação do bloco homogêneo i ;

Y =custo de implantação da lavoura de cana-de-açúcar por hectare plantado;

M =custo dos tratos culturais do canavial por hectare;

QH_z =número de hectares que receberão tratos culturais no ano z do horizonte de planejamento;

r =taxa de desconto.

4.5.6 Descrição matemática do modelo

Inicialmente define-se a terminologia a ser seguida na formulação do modelo matemático para depois descrevê-lo:

n =número de anos do horizonte de planejamento;

N =número de blocos homogêneos;

M_i =número de políticas de manejo definidas para o bloco homogêneo i ;

A_i =área, em hectares, do bloco homogêneo i ;

X_{ik} =área, em hectares, do bloco homogêneo i conduzido pela política de manejo k ;

C_{ik} =valor presente líquido, por hectare, do bloco homogêneo i conduzido pela política de manejo k ;

P_{ikja} =produtividade, em toneladas de cana por hectare, do bloco homogêneo i , conduzido pela política de manejo k , no período j , do ano a do horizonte de planejamento.

O modelo matemático é descrito a seguir:⁶

Objetivo :

$$(\text{MAXIMIZAR}) \quad Z = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{M(i)} C_{ik} X_{ik} \quad (19)$$

Sujeito às restrições :

a) disponibilidade de área dos blocos homogêneos :

$$\sum_{k=1}^{M(i)} X_{ik} = A_i \quad (20)$$

b) necessidade de matéria-prima:

$$\text{Limite inferior : } \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{M(i)} P_{ikja} X_{ik} \geq P_{minja} \quad (21)$$

$$\text{Limite superior : } \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{M(i)} P_{ikja} X_{ik} \leq P_{maxja} \quad (22)$$

Onde :

P_{minja} = necessidade mínima de matéria-prima, em toneladas, no período j do ano a do horizonte de planejamento;

P_{maxja} = necessidade máxima de matéria-prima, em toneladas, no período j do ano a do horizonte de planejamento.

⁶ Em anexo tem-se a descrição matricial do modelo.

c) capacidade total de reforma:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{M(i)} \beta_{ika} X_{ik} \leq R_a \quad (23)$$

Onde :

$\beta_{ika} = 1$, se o bloco homogêneo i , conduzido pela política de manejo k , for reformado no ano a do horizonte de planejamento;

$\beta_{ika} = 0$, se o bloco homogêneo i , conduzido pela política de manejo k , não for reformado no ano a do horizonte de planejamento;

R_a = área máxima de reforma no ano a do horizonte de planejamento.

d) capacidade de reforma com o esquema de plantio de cana de ano:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{M(i)} \alpha_{ika} X_{ik} \leq R_{ca} \quad (24)$$

Onde :

$\alpha_{ika} = 1$, se o bloco homogêneo i , conduzido pela política de manejo k , for reformado no esquema de plantio de cana de ano, no ano a do horizonte de planejamento;

$\alpha_{ika} = 0$, se o bloco homogêneo i , conduzido pela política de manejo k , não for reformado no esquema de plantio de cana de ano, no ano a do horizonte de planejamento;

R_{ca} = área máxima de reforma com o esquema de plantio de cana de ano, no ano a do horizonte de planejamento.

e) disponibilidade de muda:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{M(i)} \phi_{ikv} X_{ik} \leq D_v \quad (25)$$

Onde :

$\phi_{ikv}=1$, se o bloco homogêneo i, conduzido pela política de manejo k, for reformado com a variedade v no ano 1 do horizonte de planejamento;

$\phi_{ikv}=0$, se o bloco homogêneo i, conduzido pela política de manejo k, não for reformado com a variedade v no ano 1 do horizonte de planejamento;

D_v =área máxima de reforma com a variedade v, em função da disponibilidade de muda, no ano 1 do horizonte de planejamento.

4.6 Material: metodologia aplicada à um estudo de caso

4.6.1 A descrição do caso estudado

O caso estudado é composto por uma unidade produtora hipotética de 15.750 hectares de área plantada (incluindo as áreas em formação), entrando no seu quarto ano de exploração. Admitiu-se que a área da usina é composta por solos de alta, média e baixa fertilidade, distribuídos de forma uniforme ao longo do seu raio de atuação. Ou seja: tem-se o mesmo número de hectares de solos bons, médios e fracos a qualquer distância da usina.

As variedades plantadas na fase de formação da lavoura foram: SP70-1143, NA56-79 e SP71-1081 em solos de baixa fertilidade; nos solos de média fertilidade foram plantadas, além das alocadas nos solos de baixa fertilidade, SP71-6163 e SP71-1406; já nos solos de alto potencial de produção plantou-se, além das variedades anteriores, SP70-1284 e SP71-799. O plantio foi gradual ao longo dos três anos de implantação da lavoura, visando fornecer, no

futuro, fluxos relativamente constantes de matéria-prima para a indústria. Desta maneira, no primeiro ano do horizonte a ser planejado, existem áreas em formação (referentes a plantios no esquema de cana de ano-e-meio ocorrido no, último ano-safra), áreas em primeiro corte (plantios de cana de ano da safra anterior, e "ano-e-meio" de dois ano-safras atrás), e áreas em segundo e terceiro corte. Admitiu-se, também, que os plantios foram feitos equilibradamente nos três tipos de solos. Desta maneira, no primeiro ano do horizonte de planejamento, todas as variedades estão sendo cultivadas em todos os estágios culturais, nos três tipos de solo (respeitando-se, obviamente, as exigências das variedades quanto à fertilidade dos mesmos).

A última pressuposição feita foi que, até o primeiro ano do horizonte de planejamento, a cultura não tenha sofrido manejo de colheita. Desta maneira, desde que respeitadas as restrições de idade mínima para o corte (o que impediria, por exemplo, a colheita no início e meio da safra de uma área em primeiro corte plantada no esquema de cana de ano), todas as variedades foram cortadas nos três períodos da safra.

Com este procedimento, definiu-se 315 blocos homogêneos para a agroindústria hipotética (Tabela 5), obtendo-se, para uma usina em plena operação, todas as situações possíveis de cultivo. Como exemplo, em solos de alta fertilidade, a 30 quilômetros da unidade processadora, existirão as 7 variedades, em todos os estágios culturais (formação, cana de ano, cana de ano-e-meio, segundo e terceiro corte), colhidas na safra imediatamente anterior ao primeiro ano do horizonte de planejamento, nos três períodos da safra (início, meio e fim da colheita). O mesmo ocorrerá com as variedades cultivadas em solos de baixa e média fertilidade. Caberá então, ao modelo de planejamento, definir o esquema de corte e reforma de cada bloco homogêneo,

alocando, gradativamente, através das reformas anuais, as variedades "ideais" para cada unidade de planejamento.

Tabela 5 : Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
1	Baixa	NA56-79	Formação	Início	10	50,00
2	Baixa	SP70-1143	Formação	Início	10	50,00
3	Baixa	SP71-1081	Formação	Início	10	50,00
4	Baixa	NA56-79	1 ^o corte (18M)	Final	10	50,00
5	Baixa	SP70-1143	1 ^o corte (18M)	Final	10	50,00
6	Baixa	SP71-1081	1 ^o corte (18M)	Final	10	50,00
7	Baixa	NA56-79	1 ^o corte (12M)	Início	10	50,00
8	Baixa	SP70-1143	1 ^o corte (12M)	Início	10	50,00
9	Baixa	SP71-1081	1 ^o corte (12M)	Início	10	50,00
10	Baixa	NA56-79	2 ^o corte	Meio	10	50,00
11	Baixa	SP70-1143	2 ^o corte	Meio	10	50,00
12	Baixa	SP71-1081	2 ^o corte	Meio	10	50,00
13	Baixa	NA56-79	3 ^o corte	Final	10	50,00
14	Baixa	SP70-1143	3 ^o corte	Final	10	50,00
15	Baixa	SP71-1081	3 ^o corte	Final	10	50,00
16	Baixa	NA56-79	Formação	Início	20	50,00
17	Baixa	SP70-1143	Formação	Início	20	50,00
18	Baixa	SP71-1081	Formação	Início	20	50,00
19	Baixa	NA56-79	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
20	Baixa	SP70-1143	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
21	Baixa	SP71-1081	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
22	Baixa	NA56-79	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
23	Baixa	SP70-1143	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
24	Baixa	SP71-1081	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
25	Baixa	NA56-79	2 ^o corte	Meio	20	50,00
26	Baixa	SP70-1143	2 ^o corte	Meio	20	50,00
27	Baixa	SP71-1081	2 ^o corte	Meio	20	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
28	Baixa	NA56-79	3º corte	Final	20	50,00
29	Baixa	SP70-1143	3º corte	Final	20	50,00
30	Baixa	SP71-1081	3º corte	Final	20	50,00
31	Baixa	NA56-79	Formação	Início	30	50,00
32	Baixa	SP70-1143	Formação	Início	30	50,00
33	Baixa	SP71-1081	Formação	Início	30	50,00
34	Baixa	NA56-79	1º corte (18M)	Final	30	50,00
35	Baixa	SP70-1143	1º corte (18M)	Final	30	50,00
36	Baixa	SP71-1081	1º corte (18M)	Final	30	50,00
37	Baixa	NA56-79	1º corte (12M)	Início	30	50,00
38	Baixa	SP70-1143	1º corte (12M)	Início	30	50,00
39	Baixa	SP71-1081	1º corte (12M)	Início	30	50,00
40	Baixa	NA56-79	2º corte	Meio	30	50,00
41	Baixa	SP70-1143	2º corte	Meio	30	50,00
42	Baixa	SP71-1081	2º corte	Meio	30	50,00
43	Baixa	NA56-79	3º corte	Final	30	50,00
44	Baixa	SP70-1143	3º corte	Final	30	50,00
45	Baixa	SP71-1081	3º corte	Final	30	50,00
46	Média	NA56-79	Formação	Início	10	50,00
47	Média	SP70-1143	Formação	Início	10	50,00
48	Média	SP71-1081	Formação	Início	10	50,00
49	Média	SP71-1406	Formação	Início	10	50,00
50	Média	SP71-6163	Formação	Início	10	50,00
51	Média	NA56-79	1º corte (18M)	Final	10	50,00
52	Média	SP70-1143	1º corte (18M)	Final	10	50,00
53	Média	SP71-1081	1º corte (18M)	Final	10	50,00
54	Média	SP71-1406	1º corte (18M)	Final	10	50,00
55	Média	SP71-6163	1º corte (18M)	Final	10	50,00
56	Média	NA56-79	1º corte (12M)	Início	10	50,00
57	Média	SP70-1143	1º corte (12M)	Início	10	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
58	Média	SP71-1081	1 ^o corte (12M)	Início	10	50,00
59	Média	SP71-1406	1 ^o corte (12M)	Início	10	50,00
60	Média	SP71-6163	1 ^o corte (12M)	Início	10	50,00
61	Média	NA56-79	2 ^o corte	Meio	10	50,00
62	Média	SP70-1143	2 ^o corte	Meio	10	50,00
63	Média	SP71-1081	2 ^o corte	Meio	10	50,00
64	Média	SP71-1406	2 ^o corte	Meio	10	50,00
65	Média	SP71-6163	2 ^o corte	Meio	10	50,00
66	Média	NA56-79	3 ^o corte	Final	10	50,00
67	Média	SP70-1143	3 ^o corte	Final	10	50,00
68	Média	SP71-1081	3 ^o corte	Final	10	50,00
69	Média	SP71-1406	3 ^o corte	Final	10	50,00
70	Média	SP71-6163	3 ^o corte	Final	10	50,00
71	Média	NA56-79	Formação	Início	20	50,00
72	Média	SP70-1143	Formação	Início	20	50,00
73	Média	SP71-1081	Formação	Início	20	50,00
74	Média	SP71-1406	Formação	Início	20	50,00
75	Média	SP71-6163	Formação	Início	20	50,00
76	Média	NA56-79	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
77	Média	SP70-1143	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
78	Média	SP71-1081	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
79	Média	SP71-1406	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
80	Média	SP71-6163	1 ^o corte (18M)	Final	20	50,00
81	Média	NA56-79	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
82	Média	SP70-1143	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
83	Média	SP71-1081	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
84	Média	SP71-1406	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
85	Média	SP71-6163	1 ^o corte (12M)	Início	20	50,00
86	Média	NA56-79	2 ^o corte	Meio	20	50,00
87	Média	SP70-1143	2 ^o corte	Meio	20	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
88	Média	SP71-1081	2 ^o corte	Meio	20	50,00
89	Média	SP71-1406	2 ^o corte	Meio	20	50,00
90	Média	SP71-6163	2 ^o corte	Meio	20	50,00
91	Média	NA56-79	3 ^o corte	Final	20	50,00
92	Média	SP70-1143	3 ^o corte	Final	20	50,00
93	Média	SP71-1081	3 ^o corte	Final	20	50,00
94	Média	SP71-1406	3 ^o corte	Final	20	50,00
95	Média	SP71-6163	3 ^o corte	Final	20	50,00
96	Média	NA56-79	Formação	Início	30	50,00
97	Média	SP70-1143	Formação	Início	30	50,00
98	Média	SP71-1081	Formação	Início	30	50,00
99	Média	SP71-1406	Formação	Início	30	50,00
100	Média	SP71-6163	Formação	Início	30	50,00
101	Média	NA56-79	1 ^o corte (18M)	Final	30	50,00
102	Média	SP70-1143	1 ^o corte (18M)	Final	30	50,00
103	Média	SP71-1081	1 ^o corte (18M)	Final	30	50,00
104	Média	SP71-1406	1 ^o corte (18M)	Final	30	50,00
105	Média	SP71-6163	1 ^o corte (18M)	Final	30	50,00
106	Média	NA56-79	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
107	Média	SP70-1143	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
108	Média	SP71-1081	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
109	Média	SP71-1406	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
110	Média	SP71-6163	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
111	Média	NA56-79	2 ^o corte	Meio	30	50,00
112	Média	SP70-1143	2 ^o corte	Meio	30	50,00
113	Média	SP71-1081	2 ^o corte	Meio	30	50,00
114	Média	SP71-1406	2 ^o corte	Meio	30	50,00
115	Média	SP71-6163	2 ^o corte	Meio	30	50,00
116	Média	NA56-79	3 ^o corte	Final	30	50,00
117	Média	SP70-1143	3 ^o corte	Final	30	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
118	Média	SP71-1081	3º corte	Final	30	50,00
119	Média	SP71-1406	3º corte	Final	30	50,00
120	Média	SP71-6163	3º corte	Final	30	50,00
121	Alta	NA56-79	Formação	Início	10	50,00
122	Alta	SP70-1143	Formação	Início	10	50,00
123	Alta	SP71-1081	Formação	Início	10	50,00
124	Alta	SP71-1406	Formação	Início	10	50,00
125	Alta	SP71-6163	Formação	Início	10	50,00
126	Alta	SP70-1284	Formação	Início	10	50,00
127	Alta	SP71-799	Formação	Início	10	50,00
128	Alta	NA56-79	1º corte (18M)	Final	10	50,00
129	Alta	SP70-1143	1º corte (18M)	Final	10	50,00
130	Alta	SP71-1081	1º corte (18M)	Final	10	50,00
131	Alta	SP71-1406	1º corte (18M)	Final	10	50,00
132	Alta	SP71-6163	1º corte (18M)	Final	10	50,00
133	Alta	SP70-1284	1º corte (18M)	Final	10	50,00
134	Alta	SP71-799	1º corte (18M)	Final	10	50,00
135	Alta	NA56-79	1º corte (12M)	Início	10	50,00
136	Alta	SP70-1143	1º corte (12M)	Início	10	50,00
137	Alta	SP71-1081	1º corte (12M)	Início	10	50,00
138	Alta	SP71-1406	1º corte (12M)	Início	10	50,00
139	Alta	SP71-6163	1º corte (12M)	Início	10	50,00
140	Alta	SP70-1284	1º corte (12M)	Início	10	50,00
141	Alta	SP71-799	1º corte (12M)	Início	10	50,00
142	Alta	NA56-79	2º corte	Meio	10	50,00
143	Alta	SP70-1143	2º corte	Meio	10	50,00
144	Alta	SP71-1081	2º corte	Meio	10	50,00
145	Alta	SP71-1406	2º corte	Meio	10	50,00
146	Alta	SP71-6163	2º corte	Meio	10	50,00
147	Alta	SP70-1284	2º corte	Meio	10	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
148	Alta	SP71-799	2º corte	Meio	10	50,00
149	Alta	NA56-79	3º corte	Final	10	50,00
150	Alta	SP70-1143	3º corte	Final	10	50,00
151	Alta	SP71-1081	3º corte	Final	10	50,00
152	Alta	SP71-1406	3º corte	Final	10	50,00
153	Alta	SP71-6163	3º corte	Final	10	50,00
154	Alta	SP70-1284	3º corte	Final	10	50,00
155	Alta	SP71-799	3º corte	Final	10	50,00
156	Alta	NA56-79	Formação	Início	20	50,00
157	Alta	SP70-1143	Formação	Início	20	50,00
158	Alta	SP71-1081	Formação	Início	20	50,00
159	Alta	SP71-1406	Formação	Início	20	50,00
160	Alta	SP71-6163	Formação	Início	20	50,00
161	Alta	SP70-1284	Formação	Início	20	50,00
162	Alta	SP71-799	Formação	Início	20	50,00
163	Alta	NA56-79	1º corte (18M)	Final	20	50,00
164	Alta	SP70-1143	1º corte (18M)	Final	20	50,00
165	Alta	SP71-1081	1º corte (18M)	Final	20	50,00
166	Alta	SP71-1406	1º corte (18M)	Final	20	50,00
167	Alta	SP71-6163	1º corte (18M)	Final	20	50,00
168	Alta	SP70-1284	1º corte (18M)	Final	20	50,00
169	Alta	SP71-799	1º corte (18M)	Final	20	50,00
170	Alta	NA56-79	1º corte (12M)	Início	20	50,00
171	Alta	SP70-1143	1º corte (12M)	Início	20	50,00
172	Alta	SP71-1081	1º corte (12M)	Início	20	50,00
173	Alta	SP71-1406	1º corte (12M)	Início	20	50,00
174	Alta	SP71-6163	1º corte (12M)	Início	20	50,00
175	Alta	SP70-1284	1º corte (12M)	Início	20	50,00
176	Alta	SP71-799	1º corte (12M)	Início	20	50,00
177	Alta	NA56-79	2º corte	Meio	20	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
178	Alta	SP70-1143	2º corte	Meio	20	50,00
179	Alta	SP71-1081	2º corte	Meio	20	50,00
180	Alta	SP71-1406	2º corte	Meio	20	50,00
181	Alta	SP71-6163	2º corte	Meio	20	50,00
182	Alta	SP70-1284	2º corte	Meio	20	50,00
183	Alta	SP71-799	2º corte	Meio	20	50,00
184	Alta	NA56-79	3º corte	Final	20	50,00
185	Alta	SP70-1143	3º corte	Final	20	50,00
186	Alta	SP71-1081	3º corte	Final	20	50,00
187	Alta	SP71-1406	3º corte	Final	20	50,00
188	Alta	SP71-6163	3º corte	Final	20	50,00
189	Alta	SP70-1284	3º corte	Final	20	50,00
190	Alta	SP71-799	3º corte	Final	20	50,00
191	Alta	NA56-79	Formação	Início	30	50,00
192	Alta	SP70-1143	Formação	Início	30	50,00
193	Alta	SP71-1081	Formação	Início	30	50,00
194	Alta	SP71-1406	Formação	Início	30	50,00
195	Alta	SP71-6163	Formação	Início	30	50,00
196	Alta	SP70-1284	Formação	Início	30	50,00
197	Alta	SP71-799	Formação	Início	30	50,00
198	Alta	NA56-79	1º corte (18M)	Final	30	50,00
199	Alta	SP70-1143	1º corte (18M)	Final	30	50,00
200	Alta	SP71-1081	1º corte (18M)	Final	30	50,00
201	Alta	SP71-1406	1º corte (18M)	Final	30	50,00
202	Alta	SP71-6163	1º corte (18M)	Final	30	50,00
203	Alta	SP70-1284	1º corte (18M)	Final	30	50,00
204	Alta	SP71-799	1º corte (18M)	Final	30	50,00
205	Alta	NA56-79	1º corte (12M)	Início	30	50,00
206	Alta	SP70-1143	1º corte (12M)	Início	30	50,00
207	Alta	SP71-1081	1º corte (12M)	Início	30	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
208	Alta	SP71-1406	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
209	Alta	SP71-6163	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
210	Alta	SP70-1284	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
211	Alta	SP71-799	1 ^o corte (12M)	Início	30	50,00
212	Alta	NA56-79	2 ^o corte	Meio	30	50,00
213	Alta	SP70-1143	2 ^o corte	Meio	30	50,00
214	Alta	SP71-1081	2 ^o corte	Meio	30	50,00
215	Alta	SP71-1406	2 ^o corte	Meio	30	50,00
216	Alta	SP71-6163	2 ^o corte	Meio	30	50,00
217	Alta	SP70-1284	2 ^o corte	Meio	30	50,00
218	Alta	SP71-799	2 ^o corte	Meio	30	50,00
219	Alta	NA56-79	3 ^o corte	Final	30	50,00
220	Alta	SP70-1143	3 ^o corte	Final	30	50,00
221	Alta	SP71-1081	3 ^o corte	Final	30	50,00
222	Alta	SP71-1406	3 ^o corte	Final	30	50,00
223	Alta	SP71-6163	3 ^o corte	Final	30	50,00
224	Alta	SP70-1284	3 ^o corte	Final	30	50,00
225	Alta	SP71-799	3 ^o corte	Final	30	50,00
226	Baixa	NA56-79	2 ^o corte	Início	10	50,00
227	Baixa	SP70-1143	2 ^o corte	Início	10	50,00
228	Baixa	SP71-1081	2 ^o corte	Início	10	50,00
229	Baixa	NA56-79	3 ^o corte	Início	10	50,00
230	Baixa	SP70-1143	3 ^o corte	Início	10	50,00
231	Baixa	SP71-1081	3 ^o corte	Início	10	50,00
232	Baixa	NA56-79	2 ^o corte	Início	20	50,00
233	Baixa	SP70-1143	2 ^o corte	Início	20	50,00
234	Baixa	SP71-1081	2 ^o corte	Início	20	50,00
235	Baixa	NA56-79	3 ^o corte	Início	20	50,00
236	Baixa	SP70-1143	3 ^o corte	Início	20	50,00
237	Baixa	SP71-1081	3 ^o corte	Início	20	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
238	Baixa	NA56-79	2º corte	Início	30	50,00
239	Baixa	SP70-1143	2º corte	Início	30	50,00
240	Baixa	SP71-1081	2º corte	Início	30	50,00
241	Baixa	NA56-79	3º corte	Início	30	50,00
242	Baixa	SP70-1143	3º corte	Início	30	50,00
243	Baixa	SP71-1081	3º corte	Início	30	50,00
244	Média	NA56-79	2º corte	Início	10	50,00
245	Média	SP70-1143	2º corte	Início	10	50,00
246	Média	SP71-1081	2º corte	Início	10	50,00
247	Média	SP71-1406	2º corte	Início	10	50,00
248	Média	SP71-6163	2º corte	Início	10	50,00
249	Média	NA56-79	3º corte	Início	10	50,00
250	Média	SP70-1143	3º corte	Início	10	50,00
251	Média	SP71-1081	3º corte	Início	10	50,00
252	Média	SP71-1406	3º corte	Início	10	50,00
253	Média	SP71-6163	3º corte	Início	10	50,00
254	Média	NA56-79	2º corte	Início	20	50,00
255	Média	SP70-1143	2º corte	Início	20	50,00
256	Média	SP71-1081	2º corte	Início	20	50,00
257	Média	SP71-1406	2º corte	Início	20	50,00
258	Média	SP71-6163	2º corte	Início	20	50,00
259	Média	NA56-79	3º corte	Início	20	50,00
260	Média	SP70-1143	3º corte	Início	20	50,00
261	Média	SP71-1081	3º corte	Início	20	50,00
262	Média	SP71-1406	3º corte	Início	20	50,00
263	Média	SP71-6163	3º corte	Início	20	50,00
264	Média	NA56-79	2º corte	Início	30	50,00
265	Média	SP70-1143	2º corte	Início	30	50,00
266	Média	SP71-1081	2º corte	Início	30	50,00
267	Média	SP71-1406	2º corte	Início	30	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
268	Média	SP71-6163	2º corte	Início	30	50,00
269	Média	NA56-79	3º corte	Início	30	50,00
270	Média	SP70-1143	3º corte	Início	30	50,00
271	Média	SP71-1081	3º corte	Início	30	50,00
272	Média	SP71-1406	3º corte	Início	30	50,00
273	Média	SP71-6163	3º corte	Início	30	50,00
274	Alta	NA56-79	2º corte	Início	10	50,00
275	Alta	SP70-1143	2º corte	Início	10	50,00
276	Alta	SP71-1081	2º corte	Início	10	50,00
277	Alta	SP71-1406	2º corte	Início	10	50,00
278	Alta	SP71-6163	2º corte	Início	10	50,00
279	Alta	SP70-1284	2º corte	Início	10	50,00
280	Alta	SP71-799	2º corte	Início	10	50,00
281	Alta	NA56-79	3º corte	Início	10	50,00
282	Alta	SP70-1143	3º corte	Início	10	50,00
283	Alta	SP71-1081	3º corte	Início	10	50,00
284	Alta	SP71-1406	3º corte	Início	10	50,00
285	Alta	SP71-6163	3º corte	Início	10	50,00
286	Alta	SP70-1284	3º corte	Início	10	50,00
287	Alta	SP71-799	3º corte	Início	10	50,00
288	Alta	NA56-79	2º corte	Início	20	50,00
289	Alta	SP70-1143	2º corte	Início	20	50,00
290	Alta	SP71-1081	2º corte	Início	20	50,00
291	Alta	SP71-1406	2º corte	Início	20	50,00
292	Alta	SP71-6163	2º corte	Início	20	50,00
293	Alta	SP70-1284	2º corte	Início	20	50,00
294	Alta	SP71-799	2º corte	Início	20	50,00
295	Alta	NA56-79	3º corte	Início	20	50,00
296	Alta	SP70-1143	3º corte	Início	20	50,00
297	Alta	SP71-1081	3º corte	Início	20	50,00

Tabela 5 (cont.): Descrição dos blocos homogêneos da agroindústria (unidades de planejamento).

Bloco	Fertil. do solo	Variedade	Estágio de corte	Último Corte	Dist. (km)	Área (ha)
298	Alta	SP71-1406	3 ^o corte	Início	20	50,00
299	Alta	SP71-6163	3 ^o corte	Início	20	50,00
300	Alta	SP70-1284	3 ^o corte	Início	20	50,00
301	Alta	SP71-799	3 ^o corte	Início	20	50,00
302	Alta	NA56-79	2 ^o corte	Início	30	50,00
303	Alta	SP70-1143	2 ^o corte	Início	30	50,00
304	Alta	SP71-1081	2 ^o corte	Início	30	50,00
305	Alta	SP71-1406	2 ^o corte	Início	30	50,00
306	Alta	SP71-6163	2 ^o corte	Início	30	50,00
307	Alta	SP70-1284	2 ^o corte	Início	30	50,00
308	Alta	SP71-799	2 ^o corte	Início	30	50,00
309	Alta	NA56-79	3 ^o corte	Início	30	50,00
310	Alta	SP70-1143	3 ^o corte	Início	30	50,00
311	Alta	SP71-1081	3 ^o corte	Início	30	50,00
312	Alta	SP71-1406	3 ^o corte	Início	30	50,00
313	Alta	SP71-6163	3 ^o corte	Início	30	50,00
314	Alta	SP70-1284	3 ^o corte	Início	30	50,00
315	Alta	SP71-799	3 ^o corte	Início	30	50,00
Área total						15.750,00

Fonte: Dados hipotéticos da pesquisa

4.6.2 Estimativas médias da produtividade, pol % cana, fibra e pureza das variedades analisadas

Os dados que se referem às estimativas de produtividade de cada variedade, nos vários estágios culturais e tipos de solo, assim como a evolução da maturação da cana-de-açúcar (pol % cana) ao longo dos períodos da safra e os valores médios de pureza e fibra,

foram levantados junto às unidades produtoras de álcool e açúcar do Estado de São Paulo. Estes dados são coletados anualmente, a partir de 1987, abrangendo cerca de 500 mil hectares cultivados com cana-de-açúcar. Para a pesquisa em questão, utilizou-se como fonte de dados os levantamentos realizados nas safras 88/89 e 89/90 por serem os mais confiáveis. Admitiu-se que os parâmetros médios coletados das produtividades (Tabelas 7,8 e 9) e da pol % cana, fibra e pureza (Tabela 6) ocorreram com certeza.

Os dados referentes à maturação das variedades, assim como, os valores médios de fibra e pureza são utilizados no cálculo do valor da função objetivo como descrito no item 4.5.5 deste capítulo. As estimativas de produtividade, nos vários estágios culturais, além de entrarem no cálculo da função objetivo, fornecem os parâmetros na matriz de programação linear que definem a oferta de matéria-prima à indústria ao longo dos três períodos da safra e nos 6 anos do horizonte de planejamento.

Tabela 6 : Evolução da maturação (pol % cana), fibra e pureza média das variedades analisadas.

Variedade	Período da safra			Fibra (%)	Pureza (%)
	Início	Meio	Fim		
	(Pol % Cana)				
NA56-79	12,80	14,16	14,69	12,06	84,87
SP70-1143	12,77	14,19	15,03	13,83	86,26
SP71-1081	12,83	14,18	15,04	12,74	85,73
SP71-1406	13,03	14,23	14,87	13,99	87,71
SP71-6163	13,43	14,93	15,49	12,84	88,16
SP70-1284	13,29	14,85	15,49	12,11	86,77
SP71-799	13,29	14,98	15,44	11,55	87,12

Fonte: Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo.

Tabela 7 : Estimativas da produtividade por variedade e estágio de corte para solos de baixa fertilidade.

Variedade	Estágio de Corte				
	1M	1A	2oC	3oC	4oC
NA56-79	72,52	49,25	62,41	58,51	53,41
SP70-1143	70,13	45,21	66,04	52,03	48,03
SP71-1081	79,16	53,91	65,79	56,81	54,94

Fonte: Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo.

Obs: 1A - cana de ano
1M - cana de ano-e-meio

Tabela 8 : Estimativas da produtividade por variedade e estágio de corte para solos de média fertilidade.

Variedade	Estágio de Corte					
	1M	1A	2oC	3oC	4oC	5oC
NA56-79	92,67	70,29	84,32	77,42	72,99	72,36
SP70-1143	96,14	71,09	84,99	70,09	66,50	67,04
SP71-1081	102,62	71,60	87,99	73,16	72,85	72,80
SP71-1406	114,84	72,99	89,03	80,74	76,37	74,93
SP71-6163	117,29	63,25	98,11	85,76	78,22	76,70

Fonte: Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo.

Obs: 1A - cana de ano
1M - cana de ano-e-meio

Tabela 9 : Estimativas da produtividade por variedade e estágio de corte para solos de alta fertilidade.

Variedade	Estágio de Corte						
	1M	1A	2oC	3oC	4oC	5oC	6oC
NA56-79	114,82	91,33	106,23	96,33	92,57	87,96	86,07
SP70-1143	122,15	96,97	103,94	88,15	84,97	85,67	82,36
SP71-1081	126,08	89,29	110,19	89,51	90,76	85,27	76,05
SP71-1406	141,49	94,50	112,90	99,49	97,24	96,75	93,62
SP71-6163	146,47	86,08	120,28	107,81	98,73	97,15	95,00
SP70-1284	116,38	87,04	88,83	79,64	75,14	71,82	68,31
SP71-799	106,32	67,57	86,22	78,23	72,18	75,48	70,79

Fonte: Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo.

Obs: 1A - cana de ano
1M - cana de ano-e-meio

4.6.3 Preços e custos médios industriais e agrícolas

No cálculo dos fluxos de caixa das diversas políticas de manejo, geradas para cada bloco homogêneo, foram utilizados os preços e custos médios apresentados na Tabela 10. Considerou-se, ainda, que 33% da cana processada pela unidade produtora, em todos os períodos de colheita, é destinada à produção de açúcar e 67% para álcool.

Tabela 10 : Preços e custos médios agrícolas e industriais.

Item	Valor (US\$)	Unidade
Preços :		
. Açúcar Superior	194,63	t açúcar
. Alcool Anidro	280,95	m ³ álcool
. Bagaço	4,00	t bagaço
. Cana na Esteira	11,39	t cana
Custos :		
. Fabricação de Açúcar	51,38	t açúcar
. Fabricação de Alcool	69,55	m ³ álcool
. Lavagem e Moagem (Cana)	0,88	t cana
. Corte (1º corte)	1,71	t cana
. Corte (2º, 3º corte, ...)	1,63	t cana
. Carregamento	0,52	t cana
. Transporte Variável	0,0294	t cana/km
. Transporte Fixo	0,35	t cana
. Assistência Social	0,07	t cana
. Funrural	0,21	t cana
. Tratos Culturais (soqueira)	154,60	hectare
. Formação da Lavoura	850,00	hectare

Fonte: Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo (base: fevereiro de 1991).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está dividido em duas seções. Na primeira, descreve-se o modelo de otimização desenvolvido, avaliando-se a sua utilização e versatilidade como instrumento auxiliar ao planejamento do corte e reforma de canaviais. Na seção seguinte, dividida em 5 subtítulos, faz-se a análise dos resultados obtidos para a usina hipotética descrita anteriormente.

5.1 O programa computadorizado de otimização do corte e reforma de canaviais

Como definido, o objetivo geral desta pesquisa é obter um instrumento auxiliar ao planejamento de corte e reforma de canaviais capaz de se adaptar às particularidades das diversas unidades produtoras de álcool e açúcar. Visando alcançar este objetivo, elaborou-se um programa computadorizado programado em linguagem Clipper para microcomputadores, com a finalidade de sistematizar, operacionalizar e conferir a entrada de dados para o modelo de planejamento (Figura 3). O programa também gera as políticas de manejo para cada bloco homogêneo, calcula os coeficientes da função objetivo e transcreve a matriz para o formato padrão de leitura do pacote de resolução de programação matemática MPSX da IBM.⁷

⁷

Em anexo, tem-se ilustradas as telas de entrada e de execução do programa.

Figura 3 : Fluxograma simplificado do programa computadorizado de otimização econômica do corte e reforma de canaviais

Ao longo da elaboração da pesquisa, o programa desenvolvido mostrou-se essencial para a viabilização dos objetivos. Verificou-se que a não utilização de programas geradores da matriz de programação matemática em trabalhos de grandes dimensões, se não inviabilizar totalmente o estudo, diminui drasticamente a possibilidade de utilização dos mesmos em simulações de cenários conjunturais alternativos. Isto ocorre devido ao tempo demandado na

construção da matriz e nos cálculos da função objetivo.

Uma outra vantagem da utilização de programas geradores é a ausência de erros nos cálculos da função objetivo e na alocação dos coeficientes técnicos na matriz de programação linear. Este procedimento também elimina, através de consistências feitas na entrada dos dados, a maioria das causas de inviabilidade na resolução do problema.

Da forma como foi elaborado, o programa permite ao usuário grande flexibilidade em simulações de cenários conjunturais de planejamento, através da parametrização dos dados dos seguintes itens:

a) capacidade mínima e máxima de moagem: pode-se, através deste grupo de restrições, variar as capacidades máximas e mínimas de moagem em cada período da safra e em cada ano do horizonte de planejamento. Isto permite ao usuário avaliar os impactos sobre o sistema agroindustrial, da maior ou menor entrada de cana de fornecedores em determinado ano, de alterações na quantidade de cana para a moagem e/ou na capacidade de processamento da usina. Pode-se também determinar os meses onde se deve concentrar idealmente o período de safra;

b) número de variedades a serem avaliadas: o programa permite a avaliação de um número ilimitado de variedades (desafiantes ou não).⁸ Entretanto, para cada bloco homogêneo permite-se um máximo de sete variedades opcionais para a reforma, que não são necessariamente as mesmas para cada bloco. Esta limitação é consequência exclusivamente de problemas de capacidade de armazenamento de dados e velocidade de processamento dos microcomputadores disponíveis à esta pesquisa. À medida que equipamentos mais

⁸ O termo "variedade desafiante" refere-se às variedades que são opções de plantio em cada período de reforma.

potentes estiverem disponíveis, esta limitação do modelo poderá ser eliminada;

c) estimativas de produtividade das variedades nos vários estágios culturais e tipos de solo: o determinismo das variáveis utilizadas em modelos de planejamento sempre foi uma das suas maiores limitações. Em modelos de planejamento agrícola, este problema se agrava dada a grande dispersão dos dados em relação aos parâmetros médios utilizados. Sendo assim, na elaboração do programa de planejamento de corte e reforma de canaviais, procurou-se dar a maior flexibilidade possível à entrada de dados no modelo, permitindo ao usuário simular qualquer expectativa de produtividade para as variedades nos estágios culturais e nos tipos de solos aptos a recebê-las;

d) estimativas das curvas de maturação e dos valores médios de fibra e pureza: da mesma forma que no caso das estimativas de produtividade, pode-se simular as expectativas da maturação de cada variedade em cada tipo de solo, nos três períodos da safra, assim como, os valores médios de fibra e pureza;

e) capacidade anual de reforma: através deste grupo de restrições, pode-se simular os impactos de uma política de diminuição (ou de aumento) do índice anual de reforma dos canaviais sobre a produção e rentabilidade futura do sistema agroindustrial;

f) capacidade anual de reforma no esquema de plantio de cana de ano: aumentando-se ou diminuindo-se as capacidades anuais de reforma no esquema de plantio de cana de ano, pode-se avaliar os efeitos destas variações sobre o sistema agroindustrial.

g) disponibilidade de mudas no primeiro ano do horizonte de planejamento: através deste grupo de restrições permite-se simular as mudanças no cronograma de reforma da usina devido às alterações na disponibilidade de mudas para o plantio;

h) taxas de desconto para o presente: o programa permite simular e avaliar os impactos sobre a política de renovação dos canaviais e sobre a rentabilidade da agroindústria, decorrentes de variações nas taxas de desconto. .

5.2 Análise dos resultados obtidos para a usina hipotética

5.2.1 Descrição do cenário básico de simulação

O cenário de simulação imposto à usina hipotética é composto por uma situação onde é exigido do setor agrícola o fornecimento de cotas de matéria-prima (cana para moagem) à indústria, as quais podem variar dentro de um determinado intervalo, nos três períodos da safra e nos seis anos do horizonte de planejamento (Tabela 11). Com este procedimento pressupõe-se que a agroindústria possui cotas anuais de produção de álcool e açúcar que precisam ser cumpridas, não se admitindo grandes variações na produção total ao longo dos seis anos planejados.

O cenário gerou uma matriz de 81.774 colunas por 370 linhas. As colunas ou atividades, representam as várias opções de condução da cultura de cana-de-açúcar ao longo dos seis anos do horizonte de planejamento. As linhas representam as restrições impostas ao modelo. Devido à grande quantidade de dados, tornou-se impossível a listagem de todas as atividades geradas pelo programa. Entretanto, à título de ilustração, em anexo encontram-se as opções de manejo e os valores da função objetivo para um bloco homogêneo com solo de baixa fertilidade, um bloco com solo de média fertilidade e, uma terceira unidade de planejamento, com solo de alto potencial de produção. A partir destes exemplos tem-se uma idéia das políticas geradas para os 315 blocos da usina hipotética.

Tabela 11 : Exigências anuais de cana para moagem da usina hipotética para os seis anos de planejamento.

Ano	Período da safra	Capacidade de moagem	
		Máxima	Mínima
1 a 6	Início	360000	313000
	Meio	409000	356000
	Fim	472000	410000

Fonte: dados hipotéticos da pesquisa

Quanto às 370 restrições, 315 referem-se às áreas dos blocos; 36 determinam as moagens máximas e mínimas nos três períodos de safra e ao longo dos 6 anos de planejamento (18 restrições de moagem máxima e 18 de mínima); 6 estão relacionadas com a capacidade máxima anual de reforma; 6 referem-se à capacidade de reforma no esquema de plantio de cana de ano; e 7 restrições definem a disponibilidade máxima de muda para o plantio no primeiro ano do horizonte de planejamento (uma para cada variedade avaliada).

Contudo, as restrições relacionadas com a área máxima anual de reforma, assim como as que se referem às limitações do plantio no esquema de cana de ano e disponibilidade de mudas para a reforma, não estão ativas no cenário básico de simulação. A intenção é dar ao modelo de otimização, total liberdade para definir o número de hectares a serem reformados a cada ano, o esquema de plantio a ser seguido e quais as variedades plantar.⁹

⁹ Em casos reais, estas restrições são normalmente ativas, uma vez que existem limitações na capacidade anual de reforma, na capacidade de plantio de cana de ano e na disponibilidade de mudas.

Os resultados da simulação são apresentados e discutidos nas próximas seções, organizados de maneira a responder ordenadamente as questões descritas no capítulo 3 (p.27) que constituem os objetivos específicos da pesquisa.

5.2.2 Análise dos cronogramas anuais de reforma

O primeiro objetivo específico da pesquisa é definir quais as áreas anuais de reforma para a usina planejada. Como resposta à esta questão, o modelo forneceu o cronograma anual de reforma para a usina hipotética, apresentada na forma de seis Tabelas (numeradas de 12 a 17), uma para cada ano do horizonte de planejamento. Nelas, tem-se o código do bloco que será reformado, o tipo de solo, a variedade atualmente cultivada, o estágio de corte até a data do replantio, a variedade a ser utilizada no próximo plantio, a área do bloco que deverá ser reformada (total ou parcial), sua distância até a usina, o esquema de plantio a ser seguido e a política de manejo adotada pela unidade de planejamento nos seis anos avaliados.

Entretanto, na discussão dos planos anuais de reforma, enfatiza-se o cronograma do primeiro ano do horizonte de planejamento. Apesar do modelo desenvolvido contemplar um horizonte de seis anos, ele visa fornecer subsídios às decisões anuais de reforma da usina, devendo ser ressimulado anualmente para incorporar possíveis alterações no cenário de planejamento inicialmente avaliado.

A análise feita a partir do segundo ano do planejamento será utilizada, desta maneira, principalmente para confirmar ou não as tendências de condução da cultura observadas no cronograma de reforma do primeiro ano.

5.2.2.1 Análise do cronograma de reforma para o ano 1 do horizonte de planejamento

Pela análise da Tabela 12 observa-se que, no primeiro ano do horizonte de planejamento, o modelo sugere a

reforma de 2.150 hectares (13,7% da área da usina), distribuídos entre blocos com solos de alta e média fertilidade, (1.500 e 650 hectares respectivamente). O perfil varietal inicial das áreas de reforma em solos de alto potencial de produção é formado pelas variedades SP70-1284, SP71-799, SP70-1143, SP71-1081 e NA56-79. Estas variedades participam, cada uma, com 300 hectares cultivados e correspondem ao total da área em terceiro corte destas variedades neste tipo de solo.

Entretanto, quando a mesma análise é feita para as áreas de reforma dos blocos com solo de média fertilidade, verifica-se que 300 hectares compreendem áreas cultivadas com SP70-1143, 250 hectares com NA56-79 e somente 100 hectares com a variedade SP71-1081. Isto mostra que o modelo de planejamento, apesar de ter sugerido a reforma de uma grande parcela da área destas variedades em terceiro corte neste solo, não reforma a totalidade dos blocos neste estágio cultural como ocorreu no caso dos blocos com solos de alta fertilidade. Além disso, verifica-se que a escolha destas áreas seguiu como critério a reforma preferencial dos blocos cultivados com a variedade SP70-1143, seguido das áreas com as variedades NA56-79 e SP71-1081.

No entanto, como justificar a reforma "precoce" dos blocos em solos de alta e média fertilidade, cultivados com as variedades SP70-1284, SP71-799, SP70-1143, SP71-1081 e NA56-79, quando existia a possibilidade de cultivá-los por pelo menos cinco cortes? Além disto, qual a razão para se reformar somente blocos em solos de alta e média fertilidade, quando existia a opção de reforma em áreas de baixa fertilidade? As respostas para estas duas questões são encontradas quando se analisa as estimativas de produtividade, pol % cana, fibra e pureza das variedades atualmente cultivadas e da variedade a ser replantada nos blocos selecionados para a reforma (Tabelas 6, 8 e 9 do item 4.6.2 do capítulo 4).

A variedade SP71-6163, que deverá ser plantada em todos os blocos reformados nesta safra, possui estimativas de produtividade superiores, em todos os estágios culturais, às das variedades SP70-1143, SP71-1081, SP70-1284, SP71-799 e NA56-79, atualmente cultivadas nestas áreas. O mesmo ocorre com as estimativas da pol % cana da SP71-6163, nos três períodos de safra, quando comparadas as mesmas variedades. Desta maneira, o incremento nas receitas futuras da agroindústria gerado pela troca destas cinco variedades pela SP71-6163, já no terceiro corte, justifica a política de reforma "precoce" destes blocos.

Com relação à opção de se reformar preferencialmente os blocos em solos de alta e média fertilidade, tem-se como justifica o fato de que em solos fracos, as opções varietais para o replantio resumem-se às variedades SP71-1081, NA56-79 e SP70-1143. Dentre elas, não existe uma predominância marcante de uma variedade sobre as demais, no que se refere às expectativas de produtividade nos vários estágios culturais e à evolução da maturação (pol % cana). Desta maneira, o incremento nas receitas futuras da agroindústria, gerado pela reforma de blocos em solos de baixa fertilidade, seria certamente menor do que o alcançado pela reforma das áreas em solos de alta e média fertilidade, onde é possível o plantio da variedade SP71-6163.

A justificativa acima defendida de que as melhores opções de reforma, no primeiro ano do planejamento, são as áreas em terceiro corte em solos de alta e média fertilidade, depende da não confirmação de uma última hipótese que é descrita a seguir: no cenário básico de simulação, a indústria trabalha com uma pequena "folga" entre as moagens máximas e mínimas (cerca de 15%). Isto a impede de processar uma quantidade muito variável de matéria-prima a cada ano. Como na definição da usina hipotética estipulou-se que 2.250 hectares estariam em formação no primeiro ano de planejamento e que, por esta

razão, seriam colhidos somente no segundo ano, uma possível justificativa para a reforma "precoce" dos blocos é a necessidade de diminuir a oferta de matéria-prima para a indústria, no segundo ano do planejamento.

Para se verificar a hipótese mencionada de que o plano de reforma do primeiro ano tenha sido influenciado pela incapacidade de moagem da indústria no segundo ano do planejamento, utilizou-se uma simulação auxiliar. Nesta, além de não estarem ativas as restrições de área total de reforma, de área de reforma no esquema de cana de ano e disponibilidade de mudas, não existe um limite máximo de moagem para a usina nos seis anos de planejamento. Desta maneira, se as restrições de moagem estivessem forçando as reformas das áreas em terceiro corte, nesta simulação auxiliar verificar-se-ia uma queda da área total replantada.

O que se verificou após a execução da simulação auxiliar foi um aumento da área total de reforma no primeiro ano de planejamento. Esta passou de 2.150 hectares na solução básica, para 2.250 hectares na simulação sem restrições de moagem máxima. Verificou-se, também, um aumento da área total reformada em solos de média fertilidade cultivados com as variedades NA56-79 e SP71-1081 (de 650 para 750 hectares). Isto indica que a política ideal de manejo para a agroindústria é a rápida substituição destas duas variedades — além da SP70-1284, SP71-799 e SP70-1143 que foram as primeiras opções de reforma nas duas simulações — pela SP71-6163.

Também se confirmou, através da simulação auxiliar, a política de manutenção das áreas cultivadas com as variedades SP71-6163 e SP71-1406, assim como, o critério de seleção das áreas de reforma para os solos de média fertilidade. Neste solo, os blocos cultivados com as variedades NA56-79 e SP70-1143 são reformados preferencialmente.

Analisando-se, ainda na Tabela 12, a coluna de

esquema de plantio, verifica-se que a grande maioria das áreas de reforma (aproximadamente 68 % do total reformado) seguiu o esquema de plantio de cana de ano-e-meio. Assim como no caso da reforma "precoce" dos blocos em terceiro corte, novamente surge a dúvida se esta opção de manejo da cultura foi acionada pelo modelo por ser a melhor opção a ser seguida, ou se isto aconteceu em função de uma possível sobrecarga na moagem do ano 2 do horizonte de planejamento, caso a opção fosse pelo plantio de cana de ano. A simulação sem limite máximo de moagem foi novamente utilizada para conferir a solução encontrada para o cenário básico de simulação. Caso as limitações de moagem da usina estivessem forçando o plantio das áreas no esquema de cana de ano-e-meio, visando diminuir a oferta de matéria-prima no segundo ano de planejamento, na simulação sem limite máximo de moagem — com a usina podendo processar qualquer quantidade de cana acima do limite mínimo estipulado —, ter-se-ia um aumento significativo nas áreas com plantio no esquema de cana de ano.

O que se observou, entretanto, foi que, apesar das áreas com plantio no esquema de cana de ano terem aumentado na simulação auxiliar (de 695 hectares na simulação básica para 750 hectares na simulação sem limite de moagem máxima), a área plantada com cana de ano-e-meio também sofreu um acréscimo, passando de 1.455 para 1.550 hectares. Desta maneira, confirmou-se a predominância do plantio de cana de ano-e-meio observado no primeiro ano do horizonte de planejamento.

Analisando-se a questão do número de políticas de manejo a serem seguidas por um mesmo bloco homogêneo (reforma total ou parcial do bloco), verifica-se que, neste primeiro plano de reforma, somente os blocos 185 e 314 foram divididos. Mesmo assim, no caso do bloco 185 as duas políticas seguidas diferem somente quanto ao período de colheita no sexto ano do planejamento e, por esta razão, não

trarão problemas para a implantação do plano de reforma. No entanto, para o bloco 314 a análise mostra resultados diferentes: o modelo sugere o plantio de 5 hectares com SP71-6163 no esquema de cana de ano-e-meio e o restante da área com a mesma variedade, só que no esquema de plantio de cana de ano. Esta solução pode não ser operacional uma vez que exigirá a divisão física do bloco em dois sub-blocos que deverão ser plantados, cultivados e colhidos em épocas diferentes. O procedimento aconselhável, neste caso, é adotar uma única política para a área (normalmente a política de maior representatividade). Admite-se, assim, uma pequena queda nas expectativas do retorno econômico gerado pelo planejamento uma vez que esta solução se distanciará da economicamente ótima.

Finalizando-se a análise do primeiro cronograma de reforma, verifica-se uma pequena tendência no modelo pelo replantio de blocos a 10 e 20 quilômetros da usina. As reformas nestas faixas de distância totalizam 1.500 hectares, contra 650 hectares reformados a 30 quilômetros da unidade processadora.

Tabela 12 - Cronograma de reforma para o primeiro ano do horizonte de planejamento.

REFORMA									
Blo co	So lô	Variedade	Es ta ção	Variedade	Área	Plan tio	Política	Dis tan cia	
							Anual		
							1 2 3 4 5 6		
66	M	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]i[i]i[i]	10	
67	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]i[i]i[i]	10	
91	M	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]i[i]i[i]	20	
92	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]i[i]i[i]	20	
117	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]f[f]	30	
149	A	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	10	
150	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	10	
151	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	10	
154	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	10	
155	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	10	
184	A	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	20	
185	A	SP70-1143	3	SP71-6163	7,18	18M	[f]l[n]m[m]m[f]	20	
185	A	SP70-1143	3	SP71-6163	42,82	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	20	
186	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	20	
189	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[f]	20	
190	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]m[m]	20	
219	A	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]f[f]	30	
220	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]f[f]	30	
221	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]f[f]	30	
224	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]f[f]	30	
225	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	[f]l[n]m[m]f[f]	30	
249	M	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[m]l[n]i[i]i[i]	10	
250	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[m]l[n]i[i]i[i]	10	
251	M	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	18M	[m]l[n]i[i]i[i]	10	
259	M	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[m]l[n]i[i]i[i]	20	
260	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[m]l[n]i[i]i[i]	20	
261	M	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	18M	[m]l[n]i[i]i[i]	20	

Tabela 12 (cont.) - Cronograma de reforma para o primeiro ano do horizonte de planejamento.

REFORMA								
Bloco	Solo	Variedade	Estágio	Variedade	Área	Plantio	Política Anual	Distância
							1 2 3 4 5 6	
269	M	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	18M	[mlniiii]	30
270	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	[mlniiii]	30
281	A	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffff[f]	10
282	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffff[f]	10
283	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffff[f]	10
286	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffff[f]	10
287	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffff[f]	10
295	A	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	20
296	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	20
297	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	20
300	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	20
301	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	20
309	A	NA56-79	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	30
310	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	30
311	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	12M	[ilffffff]	30
314	A	SP70-1284	3	SP71-6163	4,70	18M	[mlnmmmf]	30
314	A	SP70-1284	3	SP71-6163	45,30	12M	[ilffffff]	30
315	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	[mlnmmmf]	30
Total					2150,00			
Total cana de ano					695,30			
Total cana de ano-e-meio					1454,70			

Fonte: resultados da pesquisa

Solo : B = baixa fertilidade;
M = média fertilidade;
A = alta fertilidade;

Estágio de corte : 3 = terceiro corte;
4 = quarto corte;

5 = quinto corte;
6 = sexto corte;

Plantio : 12M = plantio com cana de ano;
18M = plantio com cana de ano-e-meio;

Política anual : [] = ano que ocorre a reforma;
i = colheita no início da safra;
m = colheita no meio da safra;
f = colheita no final da safra.

5.2.2.2 Análise do cronograma de reforma para o ano 2 do horizonte de planejamento

No segundo ano, o modelo sugere a reforma de um total de 2.342 hectares (14,9% da área da usina), 191 hectares a mais do que o reformado no primeiro ano do planejamento. Pode-se, no entanto, dividir as áreas reformadas em dois grupos: o primeiro é formado pelos blocos que, por uma imposição da modelagem, estão sendo replantados por não possuírem outra opção de manejo (ver os pressupostos feitos no item b da seção 4.5.3 do capítulo MATERIAL E MÉTODO). Este é o caso das áreas em quarto corte em solos de baixa fertilidade. O segundo grupo de reforma é composto pelos blocos em solos de alta e média fertilidade que totalizam, respectivamente, 1.142 e 300 hectares da área replantada neste ano. Nestas áreas, existe a possibilidade de manejo até o sexto corte. Sendo assim, por não serem obrigadas necessariamente à reforma neste ano do horizonte de planejamento, formam o grupo de reformas "espontâneas" e indicam o padrão a ser seguido pela usina nesta safra.

As reformas espontâneas, localizadas exclusivamente nos solos de alta e média fertilidade, respondem por 62% do total replantado neste segundo ano safra e seguem o mesmo padrão observado no primeiro ano de planejamento: as áreas selecionadas para reforma são as cultivadas com as variedades SP70-1143 (550 hectares), SP71-1081 (292 hectares), SP70-1284 (300 hectares) e

SP71-799 (300 hectares), todas em terceiro corte. Confirma-se, portanto, a tendência observada no primeiro ano do planejamento, de rápida substituição destas variedades, nesses solos, pela SP71-6163. Ocorre, também, a manutenção sem reforma, das áreas cultivadas com as variedades SP71-1406 e SP71-6163.¹⁰ Com relação aos blocos em solos de baixa fertilidade que respondem por 900 hectares da área total replantada nesta safra, observa-se que não existiram reformas antes do quarto corte, confirmando-se a tendência observada no cronograma do primeiro ano.

A variedade a ser plantada nas áreas em solos de alta e média fertilidade continuou a ser a SP71-6163. Já para os blocos em solos de baixa fertilidade, uma vez que a SP71-6163 não pode ser cultivada, o modelo sugere o plantio da variedade SP71-1081. Esta variedade possui o melhor perfil de produtividade e riqueza ao longo da safra dentre as variedades adaptadas à este tipo de solo (Tabelas 6 e 7, capítulo 4).

Ocorreram, novamente neste segundo plano de reforma, blocos que seguiram mais de uma política de manejo. Porém, somente a solução sugerida para o bloco 214 terá dificuldade em ser operacionalizada, uma vez que exige que 42 hectares do bloco sejam reformados no segundo ano e 8 hectares no terceiro ano do horizonte de planejamento. Mais uma vez, a solução para este tipo de problema é adotar uma única política de manejo para todo o bloco (no caso, preferencialmente a reforma total no segundo ano do horizonte de planejamento). Para o caso da subdivisão do bloco 237, a solução proposta pelo modelo é plenamente operacional uma vez que as políticas seguidas diferem somente quanto à época de corte a partir do quarto ano de planejamento.

Observando-se o esquema de plantio adotado

¹⁰

A análise da simulação sem limite de moagem máxima também indica esta tendência de reforma.

pelo modelo, confirma-se a predominância de plantios de cana de ano-e-meio (1.842 hectares). Verifica-se, como no plano de reforma do ano anterior, que a totalidade dos plantios no esquema de cana de ano (500 hectares) ocorreram em solos de alta fertilidade.

Finalizando-se a análise, verifica-se que em solos de alta e média fertilidade - onde não existem imposições de reforma pela modelagem e conseqüentemente não viesam a análise -, os plantios concentraram-se ligeiramente num raio de até 20 quilômetros da unidade processadora (1.000 hectares, contra 442 hectares reformados a 30 quilômetros).

Tabela 13 - Cronograma de reforma para o segundo ano do horizonte de planejamento.

REFORMA								
Blo co	So lo	Variedade	Es ta ção	Variedade	Área	Plan tio	Política	Dis tân cia
							Anual 1 2 3 4 5 6	
13	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	10
14	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	10
15	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	10
28	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	20
29	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	20
30	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	20
43	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	30
44	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	30
45	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	f[f]nmff	30
62	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	f[f]niii	10
87	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	f[f]nmmf	20
112	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	f[f]nmff	30
143	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	f[f]nmmm	10
144	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	18M	f[f]nmmm	10

Tabela 13 (cont.) - Cronograma de reforma para o segundo ano do horizonte de planejamento.

REFORMA													
Blo co	So lô	Variedade	Es tá gio	Variedade	Área	Plan tio	Política Anual						Dis tân cia
							1	2	3	4	5	6	
147	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	f	[	f	]	n	m	10
148	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	m	[	m	]	n	m	10
178	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	f	[	f	]	n	m	20
179	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	18M	f	[	f	]	n	m	20
182	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	f	[	f	]	n	m	20
183	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	m	[	m	]	n	m	20
213	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	f	[	f	]	n	m	30
214	A	SP71-1081	3	SP71-6163	41,90	18M	f	[	f	]	n	m	30
217	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	f	[	f	]	n	m	30
218	A	SP71-799	3	SP71-6163	16,25	18M	m	[	m	]	n	m	30
218	A	SP71-799	3	SP71-6163	33,75	18M	m	[	m	]	n	m	30
229	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	m	[	m	]	n	i	10
230	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	m	[	m	]	n	i	10
231	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	i	[	i	]	n	i	10
235	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	m	[	m	]	n	i	20
236	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	m	[	m	]	n	i	20
237	B	SP71-1081	4	SP71-1081	4,69	18M	m	[	m	]	n	m	20
237	B	SP71-1081	4	SP71-1081	45,31	18M	m	[	m	]	n	i	20
241	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	m	[	m	]	n	m	30
242	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	m	[	m	]	n	m	30
243	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	m	[	m	]	n	m	30
245	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	m	[	m	]	n	i	10
255	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	m	[	m	]	n	i	20
265	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	m	[	m	]	n	i	30
275	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	12M	i	[	i	]	f	f	10
276	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	12M	i	[	i	]	f	f	10
279	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	i	[	i	]	f	f	10

Tabela 13 (cont.) - Cronograma de reforma para o segundo ano do horizonte de planejamento.

REFORMA								
Bloco	Solo	Variedade	Estágio	Variedade	Área	Plantio	Política Anual	Distância
							1 2 3 4 5 6	
280	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	12M	i[i]lffff	10
289	A	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	12M	i[i]lffff	20
290	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	12M	i[i]lffff	20
293	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	i[i]lffff	20
294	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	12M	i[i]lffff	20
304	A	SP71-1081	3	SP71-6163	50,00	12M	i[i]lffff	30
307	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	i[i]lffff	30
308	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	m[m]lnmf	30
Total					2341,90			
Total cana de ano					500,00			
Total cana de ano-e-meio					1841,90			

Fonte: resultados da pesquisa

- Solo : B = baixa fertilidade;
M = média fertilidade;
A = alta fertilidade;
- Estágio de corte : 3 = terceiro corte;
4 = quarto corte;
5 = quinto corte;
6 = sexto corte;
- Plantio : 12M = plantio com cana de ano;
18M = plantio com cana de ano-e-meio;
- Política anual : [] = ano que ocorre a reforma;
i = colheita no início da safra;
m = colheita no meio da safra;
f = colheita no final da safra.

5.2.2.3 Análise do cronograma de reforma para o ano 3 do horizonte de planejamento

A partir do terceiro ano do planejamento, a grande maioria das áreas selecionadas para reforma são forçadas pela modelagem a seguirem esta política. Pela análise da Tabela 14, verifica-se que de um total de 2.515 hectares replantados (16% da área total da usina), apenas 900 referem-se à reformas "espontâneas". Isto é: reformas de blocos que possuíam a opção de serem conduzidos, sem replantio, por pelo menos mais uma safra. O restante das áreas, em solos de média e, principalmente baixa fertilidade, foram forçadas a entrarem em reforma uma vez que completaram o número máximo de cortes admitido nestes solos.

O cronograma para o terceiro ano de planejamento confirma o procedimento que vinha sendo adotado pelo modelo nos dois anos anteriores, principalmente no que se refere ao manejo das variedades SP71-799 e SP70-1284. Estas variedades são substituídas pela SP71-6163 logo após completarem o terceiro corte. O plantio da variedade SP71-1081 nos blocos com solos de baixa fertilidade indica que a tendência verificada no plano de reforma do segundo ano do planejamento continua a ser seguida.

Nota-se que as áreas cultivadas com a variedade SP71-1406 que até então tinham sido mantidas sem serem reformadas, neste terceiro ano, por estarem no quinto corte em solos de média fertilidade, são replantadas com a variedade SP71-6163. Verifica-se, portanto, que apesar do modelo manejar a SP71-1406 até o número máximo de cortes admitido para este solo, não recomenda novamente o seu plantio.

Novamente observa-se que esquema de plantio predominante neste ano safra foi o de cana de ano-e-meio (93,7% das áreas foram reformadas neste esquema de plantio).

No que se refere aos plantios de cana de ano, verifica-se, assim como nos planos anteriores, que todos os blocos que seguiram esta política de manejo estão localizados em solos de alta fertilidade.

A análise da distância à usina dos blocos com reformas "espontâneas", indica que os replantios se concentraram a 10 e 20 quilômetros da unidade processadora. Estas áreas representam 72,8% do total reformado contra 27,2% replantados a uma distância de 30 quilômetros.

Tabela 14 - Cronograma de reforma para o terceiro ano do horizonte de planejamento.

REFORMA								
Bloco	Solo	Variedade	Estágio	Variedade	Área	Plantio	Política Anual	Distância
							12 3 4 5 6	
10	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	mm[m]nmf	10
11	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	ff[f]nmf	10
12	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	ff[f]nmf	10
25	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	mm[m]nmf	20
26	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	ff[f]nmf	20
27	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	ff[f]nmf	20
40	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	mm[m]nmf	30
41	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	ff[f]nmf	30
42	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	ff[f]nmf	30
52	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nii	10
57	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	mm[m]nii	10
68	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nii	10
69	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nii	10
70	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nii	10
77	M	SP70-1143	3	SP71-6163	6,61	18M	ff[f]nmf	20
82	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	mm[m]nmm	20
93	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	20
94	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	20
95	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	20

Tabela 14 (cont.)- Cronograma de reforma para o terceiro ano do horizonte de planejamento.

Blo co	So lô	Variedade	REFORMA					Dis tân cia
			Es ta gão	Variedade	Área	Plan tío	Política	
							Anual 12 9 456	
116	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	30
118	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	30
119	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	30
120	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	30
133	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmm	10
134	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmm	10
140	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	ii[i]fff	10
141	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	12M	ii[i]fff	10
168	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmm	20
169	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmm	20
175	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	ii[i]fff	20
176	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	mm[m]nmm	20
203	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	30
204	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	ff[f]nmf	30
210	A	SP70-1284	3	SP71-6163	10,34	12M	ii[i]fff	30
210	A	SP70-1284	3	SP71-6163	39,66	18M	mm[m]nmf	30
211	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	18M	mm[m]nmf	30
214	A	SP71-1081	4	SP71-6163	8,10	18M	ff[f]nmf	30
226	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	ii[i]lnii	10
227	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	mm[m]lnii	10
228	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	ii[i]lnii	10
232	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	ii[i]lnmf	20
233	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	mm[m]lnmf	20
234	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	ii[i]lnmf	20
238	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	ii[i]lnmf	30
239	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	mm[m]lnmf	30
240	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	ii[i]lnmf	30

Tabela 14 (cont.)- Cronograma de reforma para o terceiro ano do horizonte de planejamento.

REFORMA								
Blo co	Solo	Variedade	Es tá gio	Variedade	Área	Plan tio	Política Anual 12 3 4 5 6	Dis tân cia
252	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	ii[i]ilnii	10
253	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mm[m]lnii	10
262	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	ii[i]ilnii	20
263	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mm[m]lnii	20
271	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	ii[i]ilnii	30
272	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	ii[i]ilnii	30
273	M	SP71-6163	5	SP71-6163	3,59	18M	mm[m]lnmf	30
273	M	SP71-6163	5	SP71-6163	46,41	18M	mm[m]lnii	30
Total					2514,71			
Total cana de ano					160,34			
Total cana de ano-e-meio					2354,37			

Fonte: resultados da pesquisa

- Solo : B = baixa fertilidade;
M = média fertilidade;
A = alta fertilidade;
- Estágio de corte : 3 = terceiro corte;
4 = quarto corte;
5 = quinto corte;
6 = sexto corte;
- Plantio : 12M = plantio com cana de ano;
18M = plantio com cana de ano-e-meio;
- Política anual : [] = ano que ocorre a reforma;
i = colheita no início da safra;
m = colheita no meio da safra;
f = colheita no final da safra.

5.2.2.4 Análise do cronograma de reforma para o ano 4 do horizonte de planejamento

Analisando-se o cronograma de reforma para o quarto ano, do horizonte de planejamento (Tabela 15), observa-se que a área total replantada é de 3.338 hectares (21,2% da área total da usina). Deste total, 495 hectares foram plantados com cana de ano e 2.843 hectares de cana de ano-e-meio.

Se a tendência de crescimento da área total de reforma se confirma no quarto ano do planejamento, com relação a opção de plantio com cana de ano, verifica-se uma mudança de comportamento: o número de hectares reformados neste esquema de plantio, que vinha em queda a cada safra, apresentou um crescimento, apesar de ainda responder por uma pequena parcela do total das reformas (cerca de 15%). Esta mudança de comportamento indica que o plantio com cana de ano é utilizado para suprir a demanda de curto prazo da indústria por matéria-prima, uma vez que fornece cana para moagem na safra seguinte ao seu plantio. Observa-se, entretanto, que a cana de ano é sempre alocada em blocos com solos de alta fertilidade.

Analisando-se a questão do crescimento contínuo do número de hectares reformados anualmente, verifica-se que, no quarto ano, esse crescimento é consequência principalmente da exigência do modelo em replantar os blocos que alcançaram o número máximo de cortes permitidos nos três tipos de solo. Este é o caso da totalidade dos replantios ocorridos nos solos de baixa fertilidade e da maioria das reformas em solos de alta e média fertilidade.

As áreas onde as reformas não foram obrigatórias (788 hectares) são compostas principalmente por blocos em solos de média fertilidade cultivados com NA56-79 e SP70-1143, e por áreas em solos de alto potencial de

produção cultivadas com as variedades SP70-1284 e SP71-799. Estas reformas aconteceram quando a cultura estava no terceiro ou quarto corte nas áreas cultivadas com NA56-79 e SP70-1143, e no terceiro corte para os blocos com SP70-1284 e SP71-799. Confirma-se, desta maneira, o manejo verificado para estas variedades nos planos anteriores de reforma. Observa-se, ainda, que as reformas concentraram-se, preferencialmente, em áreas mais próximas à usina (10 e 20 quilômetros).

Finalizando-se a análise deste cronograma de reforma, nota-se que a opção varietal de plantio continua a ser a variedade SP71-6163 para os blocos em solos de alta e média fertilidade e SP71-1081 para áreas com solos mais fracos.

Tabela 15 - Cronograma de reforma para o quarto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA										
Blo co	So lô	Variedade	Es tá gio	Variedade	Área	Plan tio	Política Anual			Dis tân cia
							123	4	56	
4	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	10
5	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	10
6	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	10
7	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	iii	i	ilm	10
8	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	mmm	f	nm	10
9	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	mmm	f	nm	10
19	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	20
20	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	20
21	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	20
22	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	iii	i	ilm	20
23	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	mmm	f	nm	20
24	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	mmf	f	nm	20
34	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	30
35	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	30
36	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	fff	f	nm	30
37	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	iii	i	ilm	30
38	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	mmm	f	nm	30
39	B	SP71-1081	4	SP71-1081	46,94	18M	mff	f	nm	30
39	B	SP71-1081	4	SP71-1081	3,06	18M	mmf	f	nm	30
47	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	nmm	f	ni	10
61	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm	m	ni	10
63	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	fff	f	ni	10
64	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	fff	f	ni	10
65	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm	m	ni	10
72	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	nmm	f	nm	20
77	M	SP70-1143	4	SP71-6163	43,39	18M	fff	f	nm	20
86	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm	m	nm	20

Tabela 15 (cont.)- Cronograma de reforma para o quarto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA								
Blo-co	So-lo	Variedade	Es-ta-gio	Variedade	Área	Plan-tio	Política Anual	Dis-tância
							1 2 3 4 5 6	
88	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	20
89	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	20
90	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]nm	20
97	M	SP70-1143	3	SP71-6163	50,00	18M	nmm[f]nm	30
101	M	NA56-79	4	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	30
102	M	SP70-1143	4	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	30
106	M	NA56-79	4	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]nm	30
107	M	SP70-1143	4	SP71-6163	50,00	18M	mmm[f]nm	30
111	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]nm	30
113	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	30
114	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	30
115	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]nm	30
126	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	nii[l]ff	10
127	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	12M	nii[l]ff	10
152	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]ni	10
153	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]ni	10
161	A	SP70-1284	3	SP71-6163	50,00	12M	nii[l]ff	20
162	A	SP71-799	3	SP71-6163	50,00	12M	nii[l]ff	20
187	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	20
188	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	20
196	A	SP70-1284	3	SP71-6163	44,69	12M	nii[l]ff	30
222	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	30
223	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	fff[f]nm	30
244	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	iii[l]ni	10
246	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	iii[l]ni	10
247	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	iii[l]ni	10
248	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]ni	10

Tabela 15 (cont.)- Cronograma de reforma para o quarto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA										
Blo co	So lo	Variedade	Es tá gio	Variedade	Área	Plan tio	Política Anual			Dis tân cia
							129	4	56	
254	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	iii[i]l[ni			20
256	M	SP71-1081	5	SP71-6163	45,79	18M	mmm[f]l[ni			20
256	M	SP71-1081	5	SP71-6163	4,21	18M	iii[i]l[ni			20
257	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	iii[i]l[ni			20
258	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]l[ni			20
264	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	iii[i]l[nm			30
266	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	mmf[f]l[nm			30
267	M	SP71-1406	5	SP71-6163	5,29	18M	iii[i]l[nm			30
267	M	SP71-1406	5	SP71-6163	44,71	18M	iii[i]l[ni			30
268	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]l[ni			30
284	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	12M	iii[i]l[ff			10
285	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	12M	iii[i]l[ff			10
298	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	12M	iii[i]l[ff			20
299	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	12M	iii[i]l[ff			20
312	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	12M	iii[i]l[ff			30
313	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	mmm[m]l[nm			30
Total					3338,07					
Total cana de ano					494,69					
Total cana de ano-e-meio					2843,38					

Fonte: resultados da pesquisa

Solo : B = baixa fertilidade;
M = média fertilidade;
A = alta fertilidade;

Estágio de corte : 3 = terceiro corte;
4 = quarto corte;
5 = quinto corte;
6 = sexto corte;

Plantio : 12M = plantio com cana de ano;
 18M = plantio com cana de ano-e-meio;

Política anual : [1] = ano que ocorre a reforma;
 i = colheita no início da safra;
 m = colheita no meio da safra;
 f = colheita no final da safra.

5.2.2.5 Análise do cronograma de reforma para o ano 5 do horizonte de planejamento

O plano de reforma sugerido para o quinto ano do horizonte de planejamento (Tabela 16) confirma as tendências observadas nos anos anteriores. Verifica-se, entretanto, que apesar do modelo sugerir o maior índice de reforma até então (cerca de 26% da área total da usina), nada desta área é reformada no esquema de cana de ano. Desta maneira, confirma-se a tese de que este esquema de plantio é pouco interessante para o sistema agroindustrial. No caso simulado, as principais razões que levaram o modelo a eliminar gradualmente o plantio de blocos no esquema de cana de ano, se relacionam com o futuro manejo de colheita destas áreas e com as estimativas de produtividade de primeiro corte deste esquema de plantio.

Apesar de possuir a vantagem de fornecer cana para moagem já na safra após o plantio — o que não ocorre com as áreas cultivadas com cana de ano-e-meio —, o plantio de áreas no regime cana de ano exige que o corte aconteça sempre no final do período da colheita, quando as variedades cultivadas estarão completando cerca de 12 meses de desenvolvimento. Sendo assim, caso o modelo optasse exclusivamente por esse esquema de plantio ter-se-ia, ao longo dos anos, cada vez menos áreas para se iniciar o período de safra. Já o plantio no esquema de cana de ano-e-meio permite maior flexibilidade na época de colheita. Para o primeiro corte, a colheita pode ocorrer no início e meio da safra. Para as soqueiras provenientes de plantios de

"ano-e-meio", o corte pode ocorrer nos três períodos da colheita.

A segunda justificativa para se eliminar o plantio de cana de ano são as estimativas de produtividade de primeiro corte. Quando comparadas às estimativas dos plantios no esquema de cana de ano-e-meio, verifica-se que estas são superiores (47% em média) as dos plantios de "ano". Sendo assim, a uma taxa de desconto de 12% a.a., a maior produtividade no primeiro corte alcançado pelo plantio de "ano-e-meio", compensa o fato da colheita destas áreas ocorrerem cerca de 6 meses após as das áreas onde o plantio foi de cana de ano.¹¹

Tabela 16 - Cronograma de reforma para o quinto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA										
Bloco	Solo	Variedade	Estação	Variedade	Área	Plantio	Política Anual			Distância
							1294	5	6	
1	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	niiililn			10
2	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	niiililn			10
3	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	niiililn			10
16	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	niiililn			20
17	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	nmmfffln			20
18	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	niiililn			20
31	B	NA56-79	4	SP71-1081	50,00	18M	niiililn			30
32	B	SP70-1143	4	SP71-1081	50,00	18M	nmmfffln			30

¹¹ Esta conclusão só é válida para cenários conjunturais onde se pressupõe taxas de desconto iguais ou menores de 12% a.a.. É de se supor, entretanto, que a elevação das taxas de desconto viabilize o plantio no esquema de cana de ano, compensando a sua menor produtividade inicial pelo período mais curto decorrido entre o plantio e a primeira produção.

Tabela 16 (cont.) - Cronograma de reforma para o quinto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA													
Blo co	So lô	Variedade	Es ta ção	Variedade	Área	Plan tio	Política Anual						Dis tân cia
							1	2	3	4	5	6	
33	B	SP71-1081	4	SP71-1081	50,00	18M	n	i	i	i	i	n	30
51	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	10
53	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	10
54	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	10
55	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	10
56	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	i	n	10
58	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	f	f	n	10
59	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	i	n	10
60	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	m	n	10
76	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	20
78	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	20
79	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	20
80	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	20
81	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	i	n	20
83	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	f	f	f	n	20
84	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	i	n	20
85	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	m	n	20
103	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	30
104	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	30
105	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	30
108	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	m	f	f	f	f	n	30
109	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	i	n	30
110	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	m	n	30
121	A	NA56-79	4	SP71-6163	50,00	18M	n	i	i	i	i	n	10
122	A	SP70-1143	4	SP71-6163	50,00	18M	n	m	m	f	f	n	10
123	A	SP71-1081	4	SP71-6163	50,00	18M	n	m	m	f	f	n	10
128	A	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	f	n	10

Tabela 16 (cont.) - Cronograma de reforma para o quinto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA										
Blo co	So lô	Variedade	Es ta ção	Variedade	Área	Plan tio	Política Anual			Dis tân cia
							1994	95	96	
129	A	SP70-1143	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	10
130	A	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	10
131	A	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	10
135	A	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	10
136	A	SP70-1143	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	f	10
137	A	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	f	10
142	A	NA56-79	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	10
145	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	10
146	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	10
156	A	NA56-79	4	SP71-6163	50,00	18M	n	i	i	20
157	A	SP70-1143	4	SP71-6163	50,00	18M	n	m	m	20
158	A	SP71-1081	4	SP71-6163	50,00	18M	n	m	f	20
163	A	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	20
164	A	SP70-1143	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	20
165	A	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	20
166	A	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	20
170	A	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	20
171	A	SP70-1143	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	f	20
172	A	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	f	20
177	A	NA56-79	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	20
180	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	20
181	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	20
191	A	NA56-79	4	SP71-6163	50,00	18M	n	i	i	30
192	A	SP70-1143	4	SP71-6163	50,00	18M	n	m	f	30
193	A	SP71-1081	4	SP71-6163	50,00	18M	n	m	f	30
196	A	SP70-1284	4	SP71-6163	5,31	18M	n	m	m	30
197	A	SP71-799	4	SP71-6163	50,00	18M	n	m	m	30

Tabela 16 (cont.) - Cronograma de reforma para o quinto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA												
Bloco	Solo	Variedade	Espécimen	Variedade	Área	Plantio	Política Anual			Distância		
							1234	5	6			
198	A	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	n	30
199	A	SP70-1143	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	n	30
200	A	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	n	30
201	A	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	n	30
205	A	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	n	30
206	A	SP70-1143	5	SP71-6163	6,29	18M	m	m	f	f	n	30
206	A	SP70-1143	5	SP71-6163	43,71	18M	m	m	m	f	n	30
207	A	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	m	f	f	f	n	30
212	A	NA56-79	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	n	30
215	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	f	f	f	f	n	30
216	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	n	30
274	A	NA56-79	6	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	n	10
277	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	n	10
278	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	n	10
288	A	NA56-79	6	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	n	20
291	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	n	20
292	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	n	20
302	A	NA56-79	6	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	n	30
303	A	SP70-1143	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	f	n	30
305	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	i	i	i	i	n	30
306	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	m	m	m	m	n	30
Total					4055,31							
Total cana de ano					00,00							
Total cana de ano-e-meio					4055,31							

Fonte: resultados da pesquisa

Solo : B = baixa fertilidade;
M = média fertilidade;
A = alta fertilidade;

3, página 27) e ao perfil varietal economicamente ideal para a agroindústria (questão e da mesma página e capítulo) são apresentadas e discutidas nas próximas seções.

Tabela 17 - Cronograma de reforma para o sexto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA									
Bloco	Solo	Variedade	Estágio	Variedade	Área	Plantio	Política	Distância	
							Anual		
							123456		
46	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	10	
48	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	10	
49	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	10	
50	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	10	
71	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	20	
73	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	20	
74	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	20	
75	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	nmmmm[m]	20	
96	M	NA56-79	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	30	
98	M	SP71-1081	5	SP71-6163	50,00	18M	nmfff[f]	30	
99	M	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	30	
100	M	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	nmmmm[m]	30	
124	A	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	10	
132	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	ffffff[f]	10	
138	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	iiii[i]	10	
139	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	mmmmm[m]	10	
159	A	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	niiii[i]	20	
167	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	ffffff[f]	20	
173	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	iiii[i]	20	
174	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	mmmmm[m]	20	

Tabela 17 (cont.) - Cronograma de reforma para o sexto ano do horizonte de planejamento.

REFORMA								
Blo co	Solo	Variedade	Es tá gio	Variedade	Área	Plan tio	Política Anual 123456	Dis tân cia
194	A	SP71-1406	5	SP71-6163	50,00	18M	niiiii[i]	30
202	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	ffffff[f]	30
208	A	SP71-1406	6	SP71-6163	50,00	18M	iiiiii[i]	30
209	A	SP71-6163	6	SP71-6163	50,00	18M	mmmmm[m]	30
281	A	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	[i]ffffff[f]	10
282	A	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	[i]ffffff[f]	10
283	A	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	[i]ffffff[f]	10
286	A	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	[i]ffffff[f]	10
287	A	SP71-6163	5	SP71-6163	50,00	18M	[i]ffffff[f]	10
Total					1450,00			
Total cana de ano					00,00			
Total cana de ano-e-meio					1450,00			

Fonte: resultados da pesquisa

Solo : B = baixa fertilidade;
M = média fertilidade;
A = alta fertilidade;

Estágio de corte : 3 = terceiro corte;
4 = quarto corte;
5 = quinto corte;
6 = sexto corte;

Plantio : 12M = plantio com cana de ano;
18M = plantio com cana de ano-e-meio;

Política anual : [i] = ano que ocorre a reforma;
i = colheita no início da safra;
m = colheita no meio da safra;
f = colheita no final da safra.

5.2.3 Análise dos planos anuais de colheita

Os planos anuais de colheita são apresentados nas Tabelas 18 a 23. Elas mostram o percentual de cana colhida por período da safra, para cada variedade e para a usina como um todo; a quantidade processada de cada variedade na colheita; e a participação percentual das variedades no total colhido pela usina.

Tabela 18: Manejo de corte do primeiro ano do horizonte de planejamento (Usina hipotética).

Variedade	% de Cana colhida			Cana colhida (mil t)	% sobre o total colhido
	Início	Meio	Fim		
NA56-79	33,0	36,6	30,4	218,9	18,6
SP70-1143	11,0	41,6	47,4	214,8	18,2
SP71-1081	22,9	30,3	46,9	223,4	19,0
SP71-1406	53,7	-	46,3	178,2	15,1
SP71-6163	5,8	66,5	27,7	185,6	15,8
SP70-1284	46,6	6,6	47,3	81,0	6,9
SP71-799	28,9	42,1	29,0	75,4	6,4
USINA	26,6	33,7	39,7	1177,3	100,0

Fonte: resultados da pesquisa.

Tabela 19: Manejo de corte do segundo ano do horizonte de planejamento (Usina hipotética).

Variedade	% de Cana colhida			Cana colhida (mil t)	% sobre o total colhido
	Início	Meio	Fim		
NA56-79	45,6	30,4	24,0	206,9	16,7
SP70-1143	6,2	54,7	39,0	197,2	15,9
SP71-1081	24,5	28,4	47,1	222,3	17,9
SP71-1406	59,4	-	40,6	205,2	16,5
SP71-6163	5,7	51,1	43,2	276,1	22,2
SP70-1284	56,7	6,1	37,2	68,0	5,5
SP71-799	34,9	45,3	19,8	65,3	5,3
USINA	29,0	33,0	38,0	1240,9	100,0

Fonte: resultados da pesquisa.

Tabela 20: Manejo de corte do terceiro ano do horizonte de planejamento (Usina hipotética).

Variedade	% de Cana colhida			Cana colhida (mil t)	% sobre o total colhido
	Início	Meio	Fim		
NA56-79	49,3	28,9	21,7	176,9	14,3
SP70-1143	2,8	60,2	37,1	120,0	9,7
SP71-1081	21,7	12,5	65,9	159,1	12,9
SP71-1406	58,1	-	41,9	188,0	15,2
SP71-6163	16,4	48,4	35,2	516,8	41,9
SP70-1284	58,1	9,8	32,1	37,2	3,0
SP71-799	34,4	33,3	32,2	36,4	2,9
USINA	28,6	33,1	38,2	1234,4	100,0

Fonte: resultados da pesquisa.

Tabela 21: Manejo de corte do quarto ano do horizonte de planejamento (Usina hipotética).

Variedade	% de Cana Colhida			Cana colhida (mil t)	% sobre o total colhido
	Início	Meio	Fim		
NA56-79	49,9	28,0	22,1	148,6	12,3
SP70-1143	3,1	-	96,9	85,3	7,1
SP71-1081	22,5	25,0	52,5	191,6	15,8
SP71-1406	58,5	-	41,5	158,7	13,1
SP71-6163	16,0	52,5	31,5	601,5	49,7
SP70-1284	96,5	-	3,5	11,9	1,0
SP71-799	66,7	33,3	-	11,7	1,0
USINA	27,1	33,8	39,0	1209,3	100,0

Fonte: resultados da pesquisa.

Tabela 22: Manejo de corte do quinto ano do horizonte de planejamento (Usina hipotética).

Variedade	% de Cana colhida			Cana colhida (mil t)	% sobre o total colhido
	Início	Meio	Fim		
NA56-79	53,2	26,2	20,5	99,5	8,3
SP70-1143	4,8	-	95,2	49,8	4,2
SP71-1081	22,2	28,2	49,6	210,7	17,6
SP71-1406	62,3	-	37,7	105,6	8,8
SP71-6163	20,0	44,2	35,8	724,4	60,7
SP70-1284	-	-	100,0	0,4	-
SP71-799	-	100,0	-	3,6	0,3
USINA	26,2	34,3	39,5	1194,0	100,0

Fonte: resultados da pesquisa.

Tabela 23: Manejo de corte do sexto ano do horizonte de planejamento (Usina hipotética).

Variedade	% de Cana Colhida			Cana colhida (mil t)	% sobre o total colhido
	Início	Meio	Fim		
NA56-79	100,0	-	-	10,8	1,0
SP71-1081	17,6	37,0	45,4	192,5	17,4
SP71-1406	100,0	-	-	39,9	3,6
SP71-6163	26,5	32,9	40,6	861,0	78,0
USINA	28,4	32,1	39,6	1104,2	100,0

Fonte: resultados da pesquisa.

Pelo acompanhamento da evolução do percentual colhido de cada variedade ao longo dos anos de planejamento, verifica-se que o modelo sugere um padrão de colheita para todas as variedades avaliadas nesta pesquisa.¹²

Iniciando-se a análise pela variedade NA56-79, nota-se que existe uma gradual concentração do seu corte no início do período de safra, confirmando o manejo normalmente dado à este híbrido nas usinas do Estado de São Paulo (ver Tabela 3 do capítulo 1).

Com relação ao manejo da variedade SP70-1143, verifica-se que a partir de uma maior concentração do corte no final do período da safra, o modelo desloca a sua colheita cada vez mais para o meio da safra. Isto acontece até o quarto ano do planejamento quando, com a variedade respondendo por apenas de 7% do total colhido e em franco

¹²

Pode-se afirmar, entretanto, que este padrão da colheita só é válido para este plantel varietal, na atual proporção e analisado conjuntamente. A incorporação de uma nova variedade ao estudo ou mesmo a diminuição da participação ou eliminação de alguma das variedades analisadas pode modificar este padrão da colheita.

processo de substituição, o modelo volta a concentrar seu corte no final do período da colheita. Verifica-se, também, que o modelo em todos os anos de planejamento, evita concentrar a colheita desta variedade no início da safra¹⁹.

A maior concentração do corte da SP70-1143 no meio do período de colheita, notadamente nos anos em que ela responde por uma parcela mais representativa da quantidade de cana processada pela indústria, parece ser o padrão de corte para a variedade. Isto é reforçado pelo fato da SP70-1143 ser uma variedade que floresce com uma certa intensidade o que desaconselha a sua colheita a partir do mês de setembro.

Analisando-se as variedades SP70-1284 e SP71-1406 verifica-se que existe uma tendência em não se manejar estes dois híbridos no meio do período de safra. No caso específico da variedade SP71-1406, que participa com quantidades significativas de cana para moagem em praticamente todo o horizonte de planejamento, esta tendência é uma regra.

Observando-se o padrão de colheita da variedade SP71-799 verifica-se que o modelo sugere seu corte, nos dois primeiros anos do planejamento, predominantemente no meio da safra. No terceiro ano, contudo, acontece uma uniformização do corte da variedade por todo o período de colheita com uma posterior concentração, no quarto e quinto ano, no início e meio do período de colheita.

Restam serem analisados os manejos de colheita verificados para as variedades SP71-6163 e SP71-1081. Estas,

¹⁹ A utilização de indutores de maturação nesta variedade pode modificar esta solução. Cabe ressaltar que na atual pesquisa não foi considerada esta hipótese.

apresentaram crescimento acentuado na sua participação no total de cana processada pela usina ao longo dos seis anos planejados ocupando, gradativamente, as áreas cultivadas com as outras variedades. Nos primeiros dois anos de planejamento, a SP71-6163 apresentou uma concentração de seu corte no meio e fim do período da safra, substituindo as variedades SP70-1143, NA56-79, SP70-1284, SP71-799 e SP71-1081. A partir do terceiro ano do planejamento, com a queda das participações das variedades NA56-79, SP71-1406 e SP70-1284 na quantidade total de matéria-prima processada pela indústria, a colheita da variedade SP71-6163 deslocou-se também para o início da safra. No sexto ano, com a SP71-6163 respondendo por 78% da cana moída pela agroindústria, sua colheita é distribuída ao longo dos três períodos de safra.

Com relação a variedade SP71-1081, entretanto, verifica-se que seu corte quase sempre se concentrou no final da safra. Uma vez que esta variedade floresce e isopora com certa intensidade, pressupõe-se que a sua colheita seja feita, preferencialmente, no primeiro mês que compõe este período da colheita (setembro).

Completando-se a análise, verifica-se que o modelo de planejamento aloca o corte da maior quantidade possível de cana nos dois últimos períodos de safra (Figura 4). Isto fornece a indicação de serem estes os períodos ideais de colheita para a agroindústria. Para confirmar esta hipótese, simulou-se uma situação onde não existiam exigências mínimas de moagem nos três períodos da colheita durante os seis anos de planejamento. Desta maneira, forneceu-se ao modelo de planejamento liberdade para escolher a quantidade ideal de cana a ser processada em cada período da safra. Pelos resultados alcançados com esta simulação auxiliar, apresentados na Figura 5, verifica-se que, sem as restrições de moagem mínima, o modelo sugere uma concentração ainda mais acentuada da moagem nos dois últimos

períodos da safra, chegando a eliminar totalmente, no sexto ano de planejamento, a moagem no início da colheita.

Verifica-se, também, que o valor presente líquido das margens de contribuição ao lucro passa de US\$ 104.523 mil, na simulação básica, para US\$ 104.843 mil na simulação sem limite mínimo de moagem, aumentando em US\$ 321 mil as receitas totais da agroindústria. Evidentemente tal resultado já era esperado, uma vez que, segundo o comportamento da maturação da cana-de-açúcar, o máximo de acúmulo de sacarose acontece justamente a partir de meados da safra. No entanto, a análise conjunta deste dois cenários de planejamento serve para alertar sobre os possíveis prejuízos que uma política de antecipação da safra pode acarretar ao sistema agroindustrial. É lógico que razões não consideradas no modelo podem justificar uma possível antecipação da safra.

Figura 4: Fluxo de produção da agroindústria ao longo do horizonte de planejamento (cenário básico de simulação).

Figura 5: Fluxo de produção da agroindústria ao longo do horizonte de planejamento (cenário sem moagem mínima).

5.2.4 Análise da evolução do perfil varietal da agroindústria

Uma das questões que mais tem chamado a atenção dos técnicos e planejadores do setor canavieiro se refere à definição do perfil varietal que maximize os retornos econômicos da agroindústria. Basicamente, este perfil varietal "ideal" (PVI) fornece um objetivo de longo prazo a ser perseguido pela agroindústria. O planejador poderá avaliar, desta maneira, quanto do plantel varietal atualmente cultivado se distancia do "ideal". Poderá estimar o número de safras — dado a sua capacidade anual de reforma — que serão necessárias para alcançar este objetivo de longo prazo, assim como planejar a formação de viveiros de mudas para futuras reformas. No entanto, este objetivo de longo prazo não deve ser encarado como um alvo fixo a ser alcançado. A entrada de novos cultivares nas

lavouras comerciais pode alterar o perfil varietal "ideal" inicialmente definido para a agroindústria.

O modelo de otimização econômica de corte e reforma de canaviais aborda a questão da definição do "PVI" exatamente com esta filosofia. Apesar do sistema fornecer o cronograma de corte e reforma da cultura para seis anos, após execução do primeiro plano de reforma faz-se nova simulação para confirmar o cronograma inicialmente definido para o segundo ano do horizonte de planejamento. Agindo-se assim após cada período de reforma, incorpora-se ao planejamento possíveis alterações nos pressupostos feitos no cenário inicialmente simulado. Essas alterações podem referir-se, por exemplo, à evolução das taxas de desconto, à alterações na capacidade de reforma, à disponibilidade de mudas, à área da usina, e, principalmente, às variedades que são opções de plantio para cada unidade de planejamento por ocasião da reforma.

Para a pesquisa em questão, o modelo sugere que o plantel varietal "ideal" a ser perseguido pela usina hipotética nos primeiros seis anos componha-se, principalmente, pelas variedades SP71-6163 e SP71-1081 (Figura 6). Apesar de ser a opção economicamente ideal, este procedimento pode aumentar o risco de surgirem problemas fitossanitários na cultura, particularmente com relação a variedade SP71-6163. Contudo, quando se analisa a evolução da área cultivada com a SP71-6163, assim como a sua participação na quantidade de cana processada nos seis anos de planejamento (Tabelas 24 e 25, respectivamente), verifica-se que apesar da agressividade com que o modelo aumenta, anualmente, a área cultivada com esta variedade, a sua participação na área total da usina parece tornar-se excessiva somente a partir do quinto ano do horizonte de planejamento. Neste ano, a variedade SP71-6163 passa a ocupar cerca de 56 % da área da usina e 60,7% do total de

cana processada¹⁴.

Figura 6: Perfil varietal da usina hipotética no primeiro e no sexto ano do planejamento (hectares).

¹⁴ O critério para se determinar qual a participação máxima de cada variedade no perfil varietal de uma usina é extremamente subjetivo. Apesar de se ter razões para supor que exista um limite máximo aceitável para o cultivo de cada variedade (principalmente com relação a fitossanidade da cultura), estes limites variam muito de técnico para técnico.

Tabela 24: Evolução da área cultivada (ha) por variedade ao longo do horizonte de planejamento^(a) (Usina hipotética).

Variedade	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
NA56-79	3150,0 (20,0)	2600,0 (16,5)	2300,0 (14,6)	1950,0 (12,4)	1250,0 (7,9)	150,0 (1,0)
SP70-1143	3150,0 (20,0)	2550,0 (16,2)	1700,0 (10,8)	1243,4 (7,9)	650,0 (4,1)	0,0 (0,0)
SP71-1081	3150,0 (20,0)	2750,0 (17,5)	3058,1 (19,4)	3450,0 (21,9)	3750,0 (23,8)	3300,0 (21,0)
SP71-1406	2100,0 (13,3)	2100,0 (13,3)	2100,0 (13,3)	1800,0 (11,4)	1200,0 (7,6)	450,0 (2,9)
SP71-6163	2100,0 (13,3)	4250,0 (27,0)	5691,9 (36,1)	7006,6 (44,5)	8844,7 (56,2)	11850,0 (75,2)
SP70-1284	1050,0 (6,7)	750,0 (4,8)	450,0 (2,9)	150,0 (1,0)	5,3 (0,1)	0,0 (0,0)
SP71-799	1050,0 (6,7)	750,0 (4,8)	450,0 (2,9)	150,0 (1,0)	50,0 (0,3)	0,0 (0,0)
Total	15750,0 (100)	15750,0 (100)	15750,0 (100)	15750,0 (100)	15750,0 (100)	15750,0 (100)

Fonte : resultados da pesquisa.

(a) Entre parênteses tem-se o percentual com relação a área total cultivada.

Tabela 25: Evolução da quantidade (mil toneladas) de cana processada, por variedade, ao longo do horizonte de planejamento^(a) (Usina hipotética).

Variedade	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
NA56-79	218,9 (18,6)	206,9 (16,7)	176,9 (14,9)	148,6 (12,9)	99,5 (8,9)	10,8 (1,0)
SP70-1143	214,8 (18,2)	197,2 (15,9)	120,0 (9,7)	85,3 (7,1)	49,8 (4,2)	0,0 (0,0)
SP71-1081	223,4 (19,1)	222,3 (17,9)	159,1 (12,9)	191,6 (15,8)	210,1 (17,6)	192,5 (17,4)
SP71-1406	178,2 (15,1)	205,2 (16,5)	188,0 (15,2)	158,7 (13,1)	105,6 (8,8)	39,9 (3,6)
SP71-6163	185,6 (15,8)	276,1 (22,2)	516,8 (41,9)	601,5 (49,7)	724,4 (60,7)	861,0 (78,0)
SP70-1284	81,0 (6,9)	68,0 (5,5)	37,2 (3,0)	11,9 (1,0)	0,4 (0,4)	0,0 (0,0)
SP71-799	75,4 (6,4)	65,3 (5,3)	36,4 (2,9)	11,7 (1,0)	3,6 (0,9)	0,0 (0,0)
Total	1177,3 (100)	1240,9 (100)	1234,4 (100)	1209,3 (100)	1194,0 (100)	1104,2 (100)

Fonte : resultados da pesquisa.

(a) Entre parênteses tem-se o percentual de cada variedade com relação ao total de cana processada pela usina.

Desta maneira, no planejamento dos viveiros para mudas — que depende do cronograma de reforma da usina de pelo menos três anos — pode-se utilizar a evolução do perfil varietal proposto pelo modelo. Ressalta-se, entretanto, que nas ressimulações anuais pode-se limitar a participação da SP71-6163 (assim como de qualquer outra variedade) até um limite máximo definido como

aceitável pelo técnico responsável pelo planejamento.

Com relação à variedade SP71-1081 não se observou problemas, visto que o percentual de seu cultivo não ultrapassa a faixa de 24% da área total da usina ao longo dos seis anos planejados. Cabe, a partir de agora, verificar as conseqüências da adoção da política de condução da lavouva sobre a produção total e sobre os índices de produtividade da agroindústria ao longo dos seis anos planejados.

5.2.5 Análise da evolução da produção e dos índices de produtividade da agroindústria

Na Figura 7 apresenta-se a evolução da quantidade de cana processada pela usina nos seis anos de planejamento.

Figura 7: Evolução da quantidade de cana processada ao longo do horizonte de planejamento.

Verifica-se que, a partir de um processamento de 1.178 mil toneladas de cana no primeiro ano do planejamento, a usina alcança seu máximo de moagem no segundo ano, quando processa 1.241 mil toneladas. Após esta safra as produções são sempre decrescentes chegando a 1.104 mil toneladas de cana no último ano do planejamento. No entanto, contrabalançando esta queda na produção, observa-se um crescimento da produtividade média da cultura também a partir do terceiro ano de planejamento (Tabela 26). Esta evolução indica uma melhora da eficiência agrônômica e, principalmente, econômica da agroindústria uma vez que, com os mesmos custos de formação e tratos culturais da lavoura — que são fixos por hectare plantado ou cultivado —, tem-se uma maior quantidade de cana para o processamento.

Na Figura 8, apresenta-se a área colhida, a produção total e a produtividade da cultura transformados em

Tabela 26: Evolução da quantidade de cana processada, área colhida e produtividade da cultura (Usina hipotética).

Ano	Quantidade de cana processada (mil t)	Área colhida (ha)	Produtividade (t/ha)
1	1177,5	13500,0	87,2
2	1240,9	14295,3	86,8
3	1234,4	13908,1	88,7
4	1209,3	13395,6	90,3
5	1194,0	12906,6	92,5
6	1104,2	11694,7	94,4
Média	1193,4	13283,4	89,8

Fonte : resultados da pesquisa.

índices com base no primeiro ano planejado, visando possibilitar a análise conjunta destes três parâmetros. Nota-se que, do primeiro para o segundo ano, ocorre um crescimento mais acentuado na área colhida quando comparado ao crescimento do índice da produção da usina. Isto se reflete na queda do índice da produtividade da cultura.

A queda da produtividade, verificada na segunda safra, é explicada quando se analisa o primeiro cronograma de reforma. Neste plano, o modelo de otimização optou por reformar áreas em terceiro corte em solos de média e, principalmente, alta fertilidade ao invés de fazer a opção por blocos no mesmo estágio cultural, porém em solos de baixa fertilidade. Sendo assim, cerca de 1.450 hectares cultivados em solos de alta fertilidade — referentes às reformas no esquema de plantio de cana de ano-e-meio — não foram colhidos na safra seguinte o que, somado à passagem de uma grande quantidade de áreas com solos de pior qualidade para quarto corte, causou a queda de produtividade da cultura.

Figura 8: Evolução dos índices de produtividade, produção e área colhida nos seis anos de planejamento (base: ano 1 do horizonte de planejamento)

A partir do terceiro ano de planejamento observa-se um crescimento contínuo na produtividade média da cultura. Isto é explicado basicamente por duas razões: a) diminuição gradual no número médio de cortes do canavial, o que aumenta a produtividade da cultura por concentrar as áreas nos estágios culturais mais produtivos; b) alteração no perfil varietal da usina com o plantio de variedades mais produtivas.

O crescimento da produtividade verificado do segundo para o terceiro ano de planejamento foi consequência, exclusivamente, da mudança do perfil varietal da lavoura (Tabelas 27 e 28). Nota-se que, neste período, cresceu a participação da variedade SP71-6163 na área total cultivada pela agroindústria, assim como, observou-se uma concentração nas áreas de moagem no terceiro, quarto e quinto corte. A mesma justificativa é dada para o aumento da produtividade verificada da terceira para a quarta safra.

Tabela 27: Evolução do percentual de cana colhida por estágio de corte (Usina hipotética).

Ano	12M	18M	2°C	3°C	4°C	5°C	6°C	Total do ano
1	14,2	20,6	34,8	30,4	-	-	-	100,00
2	4,8	19,5	33,1	28,9	13,7	-	-	100,00
3	3,5	15,7	23,4	29,0	18,5	9,9	-	100,00
4	1,1	16,6	18,3	21,0	23,6	14,7	4,7	100,00
5	3,7	21,3	15,5	16,4	17,7	18,2	7,2	100,00
6	-	28,0	24,6	14,8	16,3	12,8	3,5	100,00

Fonte: resultados da pesquisa.

Tabela 28: Evolução da participação porcentual de cada variedade na quantidade total de cana colhida (Usina hipotética).

Ano	NA56- 79	SP70- 1143	SP71- 1081	SP71- 1406	SP71- 6163	SP70- 1284	SP71- 799	Total do ano
1	18,6	18,2	19,0	15,1	15,8	6,9	6,4	100,00
2	16,7	15,9	17,9	16,5	22,2	5,5	5,3	100,00
3	14,3	9,7	12,9	15,2	41,9	3,0	2,9	100,00
4	12,3	7,1	15,8	13,1	49,7	1,0	1,0	100,00
5	8,3	4,2	17,6	8,8	60,7	-	0,4	100,00
6	1,0	-	17,4	3,6	78,0	-	-	100,00

Fonte: resultados da pesquisa.

A partir do quinto ano de planejamento, no entanto, verifica-se que tanto o efeito da mudança no perfil varietal como a maior concentração das áreas de corte nos estágios culturais iniciais, contribuíram para o crescimento da produtividade da cultura. Notadamente para o sexto ano do planejamento, a concentração das áreas colhidas no primeiro e segundo corte (52,6% da cana colhida nesta safra) foi a maior responsável pelo crescimento da produtividade.

Serão analisados a seguir os índices que refletem a qualidade tecnológica da matéria-prima entregue à usina ao longo do planejamento. Basicamente, a avaliação se concentrará na evolução da pol % cana, fibra e pureza média (Tabela 29).

Tabela 29: Evolução da qualidade da matéria-prima processada nos seis anos de planejamento (Usina hipotética).

Ano	Pol % cana Média (%)	Fibra Média (%)	Pureza Média (%)
1	14,32	12,90	86,51
2	14,30	12,93	86,67
3	14,41	12,93	87,05
4	14,47	12,83	87,15
5	14,54	12,90	87,33
6	14,60	12,86	87,69

Fonte: resultados da pesquisa.

Iniciando-se a análise pela pol % cana média, verifica-se que este índice decresceu da primeira para segunda safra, passando de 14,32% para 14,30%. Duas foram as razões para este decréscimo, sendo que ambas estão relacionadas ao plano de reforma do primeiro ano de planejamento. A primeira relaciona-se ao fato de que, apesar do primeiro plano de reforma ter aumentado, no segundo ano, o total colhido da variedade SP71-6163, provocou, também neste período, um decréscimo nas quantidades processadas de SP71-799 e SP70-1284 (variedades "ricas"). Além disso, o plano de reforma provocou um crescimento na participação da variedade SP71-1406 no total colhido, justificando, parcialmente, o comportamento da pol % cana média nesta safra.

O segundo fator que favoreceu a queda da pol % cana da usina do primeiro para o segundo ano do planejamento foi o aumento do volume de cana moída. Como já mencionado, a segunda safra foi a de maior moagem de todo o período planejado, com a indústria na sua capacidade máxima de processamento nos três períodos de colheita. Sendo assim, quando comparada à safra do ano anterior onde existiu uma

concentração do processamento a partir de meados do período de colheita, verifica-se que, no segundo ano de planejamento, processou-se uma quantidade relativamente maior de cana no início da colheita (época de menor riqueza das variedades). Este fato contribuiu ainda mais para a queda na média da pol % cana.

No terceiro ano, no entanto, observa-se um crescimento de 0,11 pontos percentuais na média da pol % cana quando comparada à safra anterior. Tal crescimento foi provocado pelo aumento da participação da variedade SP71-6163 e pela diminuição das participações das variedades SP71-1406 e SP70-1143 no total de cana colhida pela usina. Verifica-se, também neste período, uma pequena concentração do corte no meio e fim do período de colheita. Justifica-se, assim, a política de reforma adotada pelo modelo, no primeiro ano do planejamento, que visou o rápido aumento da área cultivada com a variedade SP71-6163.

A pol % cana média mantém-se em crescimento até o sexto ano planejado quando alcança seu valor máximo (14,60 %), 0,28 pontos percentuais acima do valor médio do primeiro ano de planejamento. Esta evolução foi consequência da concentração do perfil varietal da usina nas variedades SP71-6163 e SP71-1081, e de uma nítida tendência do modelo em alocar o máximo de cana possível no meio e fim do período de safra.

Com relação à fibra média da matéria-prima fornecida à usina, nota-se que esta oscilou entre 12,93% e 12,83%, limites considerados aceitáveis para o perfeito andamento da safra.

Avaliando-se a evolução da pureza média da cana entregue para moagem, observa-se um aumento contínuo, desde o primeiro ano de planejamento, com um acréscimo acumulado de 1,18 pontos percentuais ao longo dos seis anos planejados. Do primeiro para o segundo ano este crescimento foi consequência do aumento da participação das variedades

SP71-6163 e SP71-1406 no total de cana processada pela usina e da diminuição do cultivo das variedades NA56-79, SP71-1081 e SP70-1143. Daí em diante, o grande responsável pelo crescimento da pureza média foi, sem dúvida, o aumento do cultivo da variedade SP71-6163.

Finalizando as análises da evolução da produtividade da cultura e da qualidade tecnológica da matéria-prima entregue à usina ao longo do horizonte de planejamento, cabe verificar como estes parâmetros se refletiram no rendimento e na produção total de açúcar e álcool — produtos finais da agroindústria — no período planejado (Tabela 30).

Tabela 30 : Evolução da produtividade e da produção de açúcar, álcool e cana nos seis anos planejados (Usina hipotética).

Ano	Produção total ^(a)			Produtividade por hectare colhido			Área Colhida
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	Açúcar	Álcool	Cana	Açúcar	Álcool	Cana	
	(mil t)	(mil m ³)	(mil t)	(t/ha)	(m ³ /ha)	(t/ha)	(ha)
1	43,3	69,0	1177,5	3,2	5,1	87,2	13500,0
2	45,6	72,6	1241,0	3,2	5,1	86,8	14295,3
3	45,8	72,7	1234,4	3,3	5,2	88,8	13908,1
4	45,0	71,5	1209,3	3,4	5,3	90,3	13395,6
5	44,7	71,1	1194,0	3,5	5,5	92,5	12906,6
6	41,5	66,1	1104,2	3,6	5,7	94,4	11694,7

Fonte: resultados da pesquisa

(a) considerou-se nos cálculos que 33,3% da cana processada pela usina foi destinada à produção de açúcar e 67,7% à produção de álcool.

Verifica-se pela análise da Tabela 30 que a produção de álcool e açúcar é crescente do primeiro ao terceiro ano planejado, apresentando uma queda nos dois anos seguintes, apesar de manter-se acima da produção do primeiro ano de planejamento. No sexto ano, porém, além de

verificar-se queda no total de açúcar e álcool produzido com relação ao ano anterior, esta produção é cerca de 4% inferior a verificada no ano 1 do planejamento. Tal comportamento é consequência da política de renovação dos canaviais adotado no quinto ano pelo modelo de planejamento. Neste ano safra, reformou-se cerca de 4.000 hectares no esquema de plantio de cana de ano-e-meio, diminuindo-se drasticamente a área colhida no sexto ano do planejamento.

Entretanto, observa-se que os rendimentos de açúcar e álcool por hectare são sempre crescentes a partir do terceiro ano planejado. Esta evolução indica um aumento da eficiência agrícola e, principalmente, econômica do sistema agroindustrial. A cada ano processa-se uma quantidade relativamente menor de cana para se obter a mesma quantidade de açúcar e álcool, implicando numa diminuição dos custos de processamento da matéria-prima.

6 RESUMO, CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 Resumo e conclusões

Esta pesquisa desenvolveu um modelo de otimização econômica do corte e da reforma de canaviais. O método utilizado foi a programação linear com a qual foi desenvolvido um modelo de planejamento canavieiro que, com uma abordagem global e sistêmica do processo de produção de cana, álcool e açúcar, auxilia nas tomadas anuais de decisão os técnicos ligados ao setor sucroalcooleiro.

Visando agilizar e operacionalizar o modelo desenvolvido, elaborou-se um programa computadorizado através do qual são fornecidos os parâmetros básicos para o planejamento. Passada esta fase inicial, o programa gera as políticas de manejo da cultura, calcula os coeficientes da função objetivo e transcreve a matriz de programação linear para o formato padrão de leitura do pacote de resolução de problemas de programação matemática MPSX da IBM. O programa identifica também a maioria das causas de inviabilidade na resolução do problema.

Especificamente, o modelo de planejamento indica as áreas anuais de reforma, as variedades a serem plantadas nestas áreas, o ciclo de plantio a ser seguido (cana de ano ou cana de ano-e-meio), o manejo de corte das variedades cultivadas, além de definir o perfil varietal economicamente ideal para a agroindústria.

A aplicação do modelo a uma empresa hipotética, permite as seguintes conclusões:

a) quanto ao método utilizado: conclui-se que a programação linear é um instrumento metodológico

extremamente versátil e operacional ao planejamento canavieiro;

b)quanto à modelagem do problema estudado: a modelagem mostrou-se capaz de se adaptar às diversas particularidades das unidades produtoras assim como simular e avaliar, com agilidade, cenários alternativos de planejamento através da parametrização dos seguintes itens: capacidade máxima e mínima de moagem; número de variedades avaliadas; estimativas de produtividade; estimativas das curvas de maturação; capacidade anual de reforma; capacidade anual de reforma no esquema de plantio de cana de ano; disponibilidade de mudas no primeiro ano do horizonte de planejamento; e taxas de desconto para o presente;

c)quanto à definição das áreas anuais de reforma: o modelo de planejamento sugere um índice médio de reforma, nos três primeiros anos, de 14,8% dos canaviais da usina. Este índice é semelhante ao praticado no Estado de São Paulo (em torno de 14%).

Pela análise dos cronogramas anuais de reforma conclui-se que em blocos com solos de alta fertilidade, as variedades NA56-79, SP70-1143, SP71-1081, SP71-799 e SP70-1284 devem ser substituídas logo após o terceiro corte. Nestes solos, as variedades SP71-1406 e SP71-6163 devem ser cultivadas até o sexto corte. Para blocos em solos de média fertilidade, o modelo sugere a substituição das variedades SP70-1143, NA56-79 e SP71-1081 pela SP71-6163, dando-se preferência à reforma dos blocos cultivados com SP70-1143 e NA56-79. Também neste caso, as variedades SP71-1406 e SP71-6163 são cultivadas até o número de cortes máximo permitido neste solo (5 cortes). Em blocos com solos de baixa fertilidade, as reformas ocorrem somente após o quarto corte com o plantio da variedade SP71-1081. Em todos os planos de reforma existiu uma pequena concentração dos replantios em áreas a 10 e 20 quilômetros da usina;

d)quanto ao ciclo de plantio a ser seguido: o

ciclo de plantio seguido pela usina foi, preferencialmente, o de cana de ano-e-meio. Quando existiram plantios com cana de ano, estes foram executados, exclusivamente, em blocos com solos de alta fertilidade. Esta conclusão, entretanto, é válida somente para cenários de planejamento com taxas de desconto iguais ou menores que 12% ao ano;

e) quanto ao manejo de colheita das variedades avaliadas: o modelo sugere um padrão de colheita para todas as variedades avaliadas. Ressalta-se, no entanto, que este padrão de corte deve ser considerado economicamente ideal somente para a situação específica da usina hipotética. A incorporação à análise de novos cultivares, ou mesmo a alteração da participação das variedades na área cultivada pela usina, pode modificar este padrão de colheita;

f) quanto ao período ideal de safra: conclui-se que este deve se concentrar a partir de meados da safra;

g) quanto ao perfil varietal economicamente ideal para a agroindústria: o perfil varietal economicamente ideal sugerido para a agroindústria compõe-se, basicamente, pelas variedades SP71-6163 (em solos de média e alta fertilidade) e SP71-1081 (em solos de baixa fertilidade).

6.2 Sugestões

Para novas pesquisas, sugere-se:

a) a utilização de diferentes taxas de desconto a cada ano, avaliando-se as alterações da solução encontrada frente os resultados obtidos na simulação onde se utiliza uma única taxa;

b) a incorporação das seguintes restrições: limite máximo para a capacidade de plantio de cana de ano-e-meio, capacidade máxima de processamento de caldo pela indústria, capacidade de transporte da cana por período de safra;

c) a incorporação ao modelo de uma estratégia não determinística para a estimativa das produtividades e

expectativas da maturação, fibra e pureza das variedades;

d) a ampliação do número de variedades opcionais para o plantio por ocasião da reforma de cada bloco homogêneo;

. e) a determinação, através de regressões, das estimativas de produtividade por estágio de corte e tipo de solo, assim como das curvas de maturação. Isto permitiria a avaliação de um maior número de cortes por variedade e tipo de solo, além de fornecer padrões de produtividade e maturação mais confiáveis.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BOYCE,D.S. To Determine the most Profitable Number of Sugar Cane Crops between Replantings. Sugar & Azucar, 63 (11):32-33, Nov. 1968.

BRAGA JR. , R. L. do C. Variedades Mais Cultivadas Pelos Produtores Cooperados à Copersucar em 1990. In: V SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, Anais. Piracicaba, 1991. Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo Ltda. COPERSUCAR, 1991, p. 71 a 77.

BRUGNARO,C. ; HEISE, C.E.; PERES, F.C.; GIL O. de F. Maximização da Produção de uma Usina de Açúcar. Brasil Acucareiro.Rio de Janeiro 106 (5 e 6): 2-8, 1988.

CLUTTER,J.L. Maxmillion - a computerized florest management planning system. Sah Florest Resourser, Georgia University, 1968, 61 p.

CLUTTER,J.L.; FORTSON,J.C.; PIENAAR,L.V.; BRISTER,G.H.; BAILEY,R.L. Timber Management:a quantitative approach. New York, John Wiley, 1983. 351p.

COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DE ESTADO DE SÃO PAULO LTDA - COPERSUCAR. Proálcool Fundamentos e Perspectivas. São Paulo, 1989, 121p.

CRANE JR.,D.R. The Sugarcane Stubble Replacement Decision for South Florida. Florida, EUA, 1979. 164 p. (MS Thesis, University of Florida).

FERNANDES,J. Fatores de Produção na Cana-de-Açúcar em Função da Distância à Unidade Industrial. Álcool & Açúcar, São Paulo, 4 (18): p. 16-24, Set/Out, 1984.

— FONTANARI,N. Planejamento Agrícola: uma necessidade dos dias atuais. STAB, Piracicaba 2 (2): 6-15, Nov./dez., 1983.

GEMENTE,A.C., PINAZZA, A.H., BRUGNARD, C., GUIMARÃES, E., OLIVEIRA NETO, G.R. de, KRUGLIANSKAS, I., SBRAGIA, R. Planejamento Agrícola. In: BRUGNARD,C. & SBRAGIA, R., coord. Gerência Agrícola em Destilarias de Álcool . 1o ed. Rio de Janeiro,IAA/PLANALSUCAR, 1982. p.26 a 83.

HOESTRA,R.G. Analysis of When to Plough Out a Sugar Cane Fields. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. Jun. 1976 : 1-11

— IDE,B.Y.; SOCORRO, J. O. . Planejamento da Colheita de Cana-de-Açúcar. In: IV SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRÔNOMICA, Piracicaba, Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda - COPERSUCAR, 1988. p.305 a 314.

LIMA, A.B.N.P.M.de. Plano Ótimo Econômico de Manejo de Cortes para Florestas de Eucaliptus. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP). Piracicaba, 1988, 88p.

NUNES JR., D. & SHOUCHANA, F. Determinação do Valor Econômico de Variedades de Cana-de-Açúcar em Função das Épocas de Corte e Distâncias da Usina. Boletim Técnico Copersucar, Piracicaba, 25 (84): 2-10, Jan. 1984.

PINAZZA, A.H. & BRUGNARO, C. Introdução à Análise Econômica em Experimentos Canavieiros. 2a ed. Rio de Janeiro, IAA/PANALSUCAR, 1985, 61p.

RODRIGUEZ, L.C.E. Planejamento Agropecuário Através de um Modelo de Programação Linear não Determinista. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP). Piracicaba, 1987, 104 p.

RODRIGUEZ, L.C.E. & MOREIRA, R.M. Gerenciamento de Florestas de Eucaliptus com Modelos de Programação Linear. IPEF Série Técnica, Piracicaba, 6 (19): 1-15, Mai. 1989.

RUSCHEL, R. Manejo Varietal Eficiente Garante mais Produtividade dentro da Indústria. Alcool & Açúcar, São Paulo, 2 (2): 12-17, Jan. 1982.

SIMMONDS, N.W. Optimal Replanting Time for Sugar Cane. The International Sugar Journal. 1973-75: 107-108.

A N E X O 1

REPRESENTAÇÃO MATRICIAL DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DO
CORTE E REFORMA DE CANAVIAIS

RES	P O L Í T I C A S												S	R
TRI	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12...	N	H
COES													A	S
F.O.	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12...	L	
A1	1	1											=	AT1
A2			1	1									=	AT2
A3					1	1							=	AT3
A4							1	1					=	AT4
A5									1	1			=	AT5
A6											1	1	=	AT6
MN1	cra	cra	cc	cc	cc	cra		cc	cra	cra	cra		>=	M11
MN12							cc	cc					>=	M12
MN13												cc	>=	M13
MN21			cc	cra	cc			cc					>=	M21
MN22							cc						>=	M22
MN23	cc	cc				cc			cc	cc	cc	crm	>=	M23
MN31			cc		cc			cra					>=	M31
MN32							cc						>=	M32
MN33	cc	cc		cc		cc			cc	cc	cc		>=	M33
MN41			cra		cc								>=	M41
MN42							crm					cc	>=	M42
MN43	cc	cc		cc		cc		cc	cc	crm	cc		>=	M43
MN51					cra								>=	M51
MN52												cc	>=	M52
MN53	cc	cc	cc	crm		crm		cc	cc		cc		>=	M53
MN61										cc			>=	M61
MN62							cc					cc	>=	M62
MN63	cc	cc	cc		cc			crm	cc		cc		>=	M63
MX11	cra	cra	cc	cc	cc	cra		cc	cra	cra	cra		<=	M11
MX12							cc						<=	M12
MX13												cc	<=	M13
MX21			cc	cra	cc			cc					<=	M21
MX22							cc						<=	M22
MX23	cc	cc				cc			cc	cc	cc	crm	<=	M23
MX31			cc		cc			cra					<=	M31
MX32							cc						<=	M32
MX33	cc	cc		cc		cc			cc	cc	cc		<=	M33
MX41			cra		cc								<=	M41
MX42							crm					cc	<=	M42
MX43	cc	cc		cc		cc		cc	cc	crm	cc		<=	M43
MX51					cra								<=	M51
MX52												cc	<=	M52
MX53	cc	cc	cc	crm		crm		cc	cc		cc		<=	M53
MX61										cc			<=	M61
MX62							cc					cc	<=	M62
MX63	cc	cc	cc		cc			crm	cc		cc		<=	M63

REPRESENTAÇÃO MATRICIAL DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DE
CORTE E REFORMA DE CANAVIAIS (CONT.)

RES	P O L Í T I C A S												S	
TRI													I	R
COES	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12...	N	H
													A	S
F.O.	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12...	L	
TR1	1	1				1			1	1	1		<=	TR1
TR2				1								1	<=	TR2
TR3							1						<=	TR3
TR4			1				1			1			<=	TR4
TR5				1	1	1							<=	TR5
TR6								1					<=	TR6
TRA1	1	1				1			1	1	1		<=	TA1
TRA2				1									<=	TA2
TRA3							1						<=	TA3
TRA4			1										<=	TA4
TRA5					1								<=	TA5
TRA6													<=	TA6
DMV1	1												<=	V1
DMV2						1							<=	V2
DMV3									1				<=	V3
DMV4										1			<=	V4
DMV5											1		<=	V5
DMV6		1											<=	V6

Observações:

a) restrições:

A1...A6 = área do bloco homogêneo.
 MN11...MN63 = moagem mínima.
 MX11...MX63 = moagem máxima.
 TR1...TR6 = total reformado.
 TRA1...TRA6 = total reformado no esquema de
 plantio de cana de ano.
 DMV1...DMV6 = disponibilidade de mudas de cada
 variedade.

b) coeficientes da matriz:

c1...c12 = coeficientes da função objetivo.
 cc = corte e condução da cultura.
 cra = corte e reforma da cultura no esquema de
 plantio de cana de ano.
 crm = corte e reforma da cultura no esquema de
 cana de ano e meio.

A N E X O 2

PLANEJAMENTO DE REFORMA

NECESSIDADE DE MATÉRIA-PRIMA PARA MOAGEM

Ano	Período da Safra	Moagem	
		MÁxima (t)	Mínima (t)
1992	Início	400000.00	300000.00
	Meio	450000.00	400000.00
	Fim	500000.00	450000.00
1993	Início	400000.00	300000.00
	Meio	450000.00	400000.00
	Fim	500000.00	450000.00
1994	Início	400000.00	300000.00
	Meio	450000.00	400000.00
	Fim	500000.00	450000.00

Confirma? (S/N) ☒ N

PLANEJAMENTO DE REFORMA

NECESSIDADE DE MATÉRIA-PRIMA PARA MOAGEM

Ano	Período da Safra	Moagem	
		MÁxima (t)	Mínima (t)
1995	Início	500000.00	450000.00
	Meio	550000.00	500000.00
	Fim	600000.00	500000.00
1996	Início	500000.00	400000.00
	Meio	550000.00	440000.00
	Fim	650000.00	600000.00
1997	Início	500000.00	400000.00
	Meio	600000.00	500000.00
	Fim	700000.00	600000.00

Confirma ? (S/N) ☒ N

PLANEJAMENTO DE REFORMA

CADASTRO DE POL , PUREZA E FIBRA DAS VARIEDADES CULTIVADAS E DESAFIANTES

Cod	Variedade	Pol % Cana			Fibra	Pureza	Exig.	
		Início	Meio	Fim			Solo	Des.
A	SP71-6163	12.00	12.50	13.50	13.00	89.00	A	S
B	SP71-1406	13.00	13.50	13.00	12.80	88.00	M	S
C	SP70-1143	11.50	12.00	12.50	12.00	88.00	B	S

PLANEJAMENTO DE REFORMA

ÁREAS MÁXIMAS ANUAIS DE REFORMA (ha)

	Total	"Cana de Ano"
1992	100.00	50.00
1993	200.00	100.00
1994	300.00	150.00
1995	300.00	150.00
1996	300.00	150.00
1997	300.00	150.00

PLANEJAMENTO DA REFORMA

DISPONIBILIDADE DE MUDAS PARA REFORMA NO ANO 1 DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO

COD	VARIEDADE	ÁREA MÁXIMA DE PLANTIO (ha)
A	SP71-6163	100.00
B	SP71-1406	300.00
C	SP70-1143	500.00

PLANEJAMENTO DE REFORMA

CADASTRO DE PRODUTIVIDADE DAS VARIÉDADES CULTIVADAS E DESAFIANTES

SOLOS DE BAIXA FERTILIDADE

Cod	Variedade	1A	1M	C2	C3	C4	C5
C	SP70-1143	90.00	100.00	90.00	80.00	70.00	60.00

Encerra a Operação ? (S/N) N

CADASTRO DE PRODUTIVIDADES DAS VARIEDADES CULTIVADAS E DESAFIANTES

Cod	Variedade	1A	1M	C2	C3	C4	C5	C6
A	NA56-79	70.29	92.67	84.32	77.42	72.99	72.36	0.00
B	SP70-1143	71.09	96.14	84.99	70.09	66.50	67.04	0.00
C	SP71-1081	71.60	102.62	87.99	73.16	72.85	72.80	0.00
D	SP71-1406	72.99	114.84	89.03	80.74	76.37	74.93	0.00
E	SP71-6163	63.25	117.29	98.11	85.76	78.22	76.70	0.00

CADASTRO DE PRODUTIVIDADES DAS VARIEDADES CULTIVADAS E DESAFIANTES

[illegible]

PLANEJAMENTO DE REFORMA

CADASTRAMENTO DOS BLOCOS HOMOGENEOS

loco	Variedade	Estágio	Mes último Corte Ou Plantio	Área	Solo	Distância
■	A	2	7	100.00	A	12.0

Variedades Desafiantes

A

B

C

DESEJA ALTERAR DADOS ? S

PLANEJAMENTO DE REFORMA

ALCULO DO VALOR ESPERADO DA TERRA (VET)

AGUARDE ! Calculando Valor Esperado da Terra (VET)

PLANEJAMENTO DE REFORMA

GERADOR DE POLITICAS

AGUARDE !

GERANDO AS POLITICAS DE MANEJO PARA O BLOCO No 1

PLANEJAMENTO DE REFORMA

FUNCAO OBJETIVO

AGUARDE !

CALCULANDO FUNCAO OBJETIVO

PLANEJAMENTO DE REFORMA

GERADOR DA MATRIZ

A-ROWS B-RHS C-COLUMNS D-RANGES E-TUDO F-RETORNA

GERA RESTRICOES

A N E X O 3

BLOCO :121

SOLO: ALTA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: FORMAÇÃO

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2º REF.	F.O.
AnAiAiAiAfAfAfAfAf+vet	4	9	7870,36
AnAiAiAiAi+vet	5		8283,78
AnAiAiAiAiAfAfAfAfAf+vet	5	10	7788,78
AnAiAiAiAiAi+vet	6		8127,12
AnAiAiAiAiAm+vet	6		8191,82
AnAiAiAiAiBfBfBfBfBf+vet	5	10	7785,35
AnAiAiAiAiCfCfCfCfCf+vet	5	10	7812,94
AnAiAiAiAiDfDfDfDfDf+vet	5	10	7979,78
AnAiAiAiAiEfEfEfEfEf+vet	5	11	8193,67
AnAiAiAiAiFfFfFfFfFf+vet	5	10	7513,19
AnAiAiAiAiHfHfHfHfHf+vet	5	10	7318,17
AnAiAiAiAm+vet	5		8360,43
AnAiAiAiAmAf+vet	6		8282,28
AnAiAiAiAmAm+vet	6		8270,21
AnAiAiAiAnAiAmAfAfAf+vet	4	10	7304,54
AnAiAiAiAnAmAfAfAfAf+vet	4	10	7407,83
AnAiAiAiBfBfBfBfBf+vet	4	9	7867,19
AnAiAiAiBnBiBmBfBfBf+vet	4	10	7267,91
AnAiAiAiBnBmBfBfBfBf+vet	4	10	7399,05
AnAiAiAiCfCfCfCfCf+vet	4	9	7897,42
AnAiAiAiCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	7382,10
AnAiAiAiCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	7514,08
AnAiAiAiDfDfDfDfDf+vet	4	9	8084,28
AnAiAiAiDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	7652,16
AnAiAiAiDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	7769,45
AnAiAiAiEfEfEfEfEf+vet	4	10	8323,90
AnAiAiAiEnEiEmEfEfEf+vet	4	11	7976,73
AnAiAiAiEnEmEfEfEfEf+vet	4	11	8119,92
AnAiAiAiFfFfFfFfFf+vet	4	9	7561,70
AnAiAiAiFnFiFmFfFfFf+vet	4	10	7065,08
AnAiAiAiFnFmFfFfFfFf+vet	4	10	7185,65
AnAiAiAiHfHfHfHfHf+vet	4	9	7343,26
AnAiAiAiHnHiHmHfHfHf+vet	4	10	6969,07
AnAiAiAiHnHmHfHfHfHf+vet	4	10	7079,88
AnAiAiAmAf+vet	5		8466,32
AnAiAiAmAfAf+vet	6		8390,71
AnAiAiAmAm+vet	5		8452,05
AnAiAiAmAmAf+vet	6		8373,89
AnAiAiAmAmAm+vet	6		8361,83
AnAiAiAmAnAiAmAfAfAf+vet	4	10	7394,21
AnAiAiAmAnAmAfAfAfAf+vet	4	10	7497,50
AnAiAiAmBnBiBmBfBfBf+vet	4	10	7357,59
AnAiAiAmBnBmBfBfBfBf+vet	4	10	7488,72
AnAiAiAmCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	7471,77
AnAiAiAmCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	7603,75
AnAiAiAmDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	7741,83
AnAiAiAmDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	7859,12

(continuação)

BLOCO :121

SOLO: ALTA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: FORMAÇÃO

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
AnAmAfAfBnBmBfBfBfBf+vet	4	10	7781,82
AnAmAfAfCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	7764,86
AnAmAfAfCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	7896,85
AnAmAfAfDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	8034,93
AnAmAfAfDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	8152,22
AnAmAfAfEnEiEmEfEfEfEf+vet	4	11	8359,50
AnAmAfAfEnEmEfEfEfEfEf+vet	4	11	8502,69
AnAmAfAfFnFiFmFfFfFf+vet	4	10	7447,85
AnAmAfAfFnFmFfFfFfFf+vet	4	10	7568,42
AnAmAfAfHnHiHmHfHfHf+vet	4	10	7351,84
AnAmAfAfHnHmHfHfHfHf+vet	4	10	7462,65
AnAmAmAfAf+vet	5		8738,39
AnAmAmAfAfAf+vet	6		8662,78
AnAmAmAfAnAiAmAfAfAf+vet	4	10	7663,42
AnAmAmAfAnAmAfAfAfAf+vet	4	10	7766,72
AnAmAmAfBnBiBmBfBfBf+vet	4	10	7626,80
AnAmAmAfBnBmBfBfBfBf+vet	4	10	7757,94
AnAmAmAfCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	7740,98
AnAmAmAfCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	7872,97
AnAmAmAfDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	8011,05
AnAmAmAfDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	8128,34
AnAmAmAfEnEiEmEfEfEfEf+vet	4	11	8335,62
AnAmAmAfEnEmEfEfEfEfEf+vet	4	11	8478,81
AnAmAmAfFnFiFmFfFfFf+vet	4	10	7423,97
AnAmAmAfFnFmFfFfFfFf+vet	4	10	7544,54
AnAmAmAfHnHiHmHfHfHf+vet	4	10	7327,96
AnAmAmAfHnHmHfHfHfHf+vet	4	10	7438,77
AnAmAmAmAf+vet	5		8718,87
AnAmAmAmAfAf+vet	6		8643,26
AnAmAmAmAm+vet	5		8704,60
AnAmAmAmAmAf+vet	6		8626,45
AnAmAmAmAmAm+vet	6		8614,38
AnAmAmAmAnAiAmAfAfAf+vet	4	10	7646,76
AnAmAmAmAnAmAfAfAfAf+vet	4	10	7750,05
AnAmAmAmBnBiBmBfBfBf+vet	4	10	7610,14
AnAmAmAmBnBmBfBfBfBf+vet	4	10	7741,27
AnAmAmAmCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	7724,32
AnAmAmAmCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	7856,31
AnAmAmAmDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	7994,38
AnAmAmAmDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	8111,67
AnAmAmAmEnEiEmEfEfEfEf+vet	4	11	8318,96
AnAmAmAmEnEmEfEfEfEfEf+vet	4	11	8462,14
AnAmAmAmFnFiFmFfFfFf+vet	4	10	7407,30

(continuação)

BLOCO :121

SOLO: ALTA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: FORMAÇÃO

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
AnAiAiAmEnEiEmEfEfEf+vet	4	11	8066,41
AnAiAiAmEnEmEfEfEfEf+vet	4	11	8209,59
AnAiAiAmFnFiFmFfFfFf+vet	4	10	7154,75
AnAiAiAmFnFmFfFfFfFf+vet	4	10	7275,33
AnAiAiAmHnHiHmHfHfHf+vet	4	10	7058,74
AnAiAiAmHnHmHfHfHfHf+vet	4	10	7169,55
AnAiAmAfAf+vet	5		8599,73
AnAiAmAfAfAf+vet	6		8524,12
AnAiAmAfAnAiAmAfAfAf+vet	4	10	7524,76
AnAiAmAfAnAmAfAfAfAf+vet	4	10	7628,06
AnAiAmAfBnBiBmBfBfBf+vet	4	10	7488,14
AnAiAmAfBnBmBfBfBfBf+vet	4	10	7619,28
AnAiAmAfCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	7602,32
AnAiAmAfCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	7734,31
AnAiAmAfDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	7872,39
AnAiAmAfDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	7989,68
AnAiAmAfEnEiEmEfEfEfEf+vet	4	11	8196,96
AnAiAmAfEnEmEfEfEfEfEf+vet	4	11	8340,15
AnAiAmAfFnFiFmFfFfFf+vet	4	10	7285,31
AnAiAmAfFnFmFfFfFfFf+vet	4	10	7405,88
AnAiAmAfHnHiHmHfHfHf+vet	4	10	7189,30
AnAiAmAfHnHmHfHfHfHf+vet	4	10	7300,11
AnAiAmAmAf+vet	5		8580,21
AnAiAmAmAfAf+vet	6		8504,60
AnAiAmAmAm+vet	5		8565,94
AnAiAmAmAmAf+vet	6		8487,79
AnAiAmAmAmAm+vet	6		8475,72
AnAiAmAmAnAiAmAfAfAf+vet	4	10	7508,10
AnAiAmAmAnAmAfAfAfAf+vet	4	10	7611,39
AnAiAmAmBnBiBmBfBfBf+vet	4	10	7471,48
AnAiAmAmBnBmBfBfBfBf+vet	4	10	7602,61
AnAiAmAmCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	7585,66
AnAiAmAmCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	7717,64
AnAiAmAmDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	7855,72
AnAiAmAmDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	7973,01
AnAiAmAmEnEiEmEfEfEfEf+vet	4	11	8180,30
AnAiAmAmEnEmEfEfEfEfEf+vet	4	11	8323,48
AnAiAmAmFnFiFmFfFfFf+vet	4	10	7268,64
AnAiAmAmFnFmFfFfFfFf+vet	4	10	7389,22
AnAiAmAmHnHiHmHfHfHf+vet	4	10	7172,63
AnAiAmAmHnHmHfHfHfHf+vet	4	10	7283,44
AnAmAfAfAf+vet	5		8762,27
AnAmAfAfAfAf+vet	6		8686,66
AnAmAfAfAnAiAmAfAfAf+vet	4	10	7687,30
AnAmAfAfAnAmAfAfAfAf+vet	4	10	7790,60
AnAmAfAfBnBiBmBfBfBf+vet	4	10	7650,68

(continuação)

BLOCO :121

SOLO: ALTA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: FORMAÇÃO

AnAmAmAmFnFmFfFfFfFf+vet	4	10	7527,88
AnAmAmAmHnHiHmHfHfHf+vet	4	10	7311,29
AnAmAmAmHnHmHfHfHfHf+vet	4	10	7422,10

Observações:

A,B,C,D,E,F,H = variedades cultivadas ao longo da política de manejo.

n,i,m,f = período de colheita (n = área em formação, i = colheita no início da safra, m = colheita no meio da safra , f = colheita no final da safra).

F.O. = Função Objetivo (US\$/ha)

BLOCO :1

SOLO: BAIXA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: FORMAÇÃO

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º	REF. ANO 2º	REF. F.O.
AnAiAiAiAfAfAfAf+vet	4	8	2857,29
AnAiAiAiAi+vet	5		3023,73
AnAiAiAiAiAfAfAfAf+vet	5	9	2892,49
AnAiAiAiAiBfBfBfBf+vet	5	9	2847,73
AnAiAiAiAiCfCfCfCf+vet	5	9	2985,40
AnAiAiAiAm+vet	5		3064,82
AnAiAiAiAnAiAmAfAf+vet	4	9	2732,36
AnAiAiAiAnAmAfAfAf+vet	4	9	2794,01
AnAiAiAiBfBfBfBf+vet	4	8	2807,16
AnAiAiAiBnBiBmBfBf+vet	4	9	2695,17
AnAiAiAiBnBmBfBfBf+vet	4	9	2770,01
AnAiAiAiCfCfCfCf+vet	4	8	2961,35
AnAiAiAiCnCiCmCfCf+vet	4	9	2826,51
AnAiAiAiCnCmCfCfCf+vet	4	9	2906,27
AnAiAiAmAf+vet	5		3125,87
AnAiAiAmAm+vet	5		3117,97
AnAiAiAmAnAiAmAfAf+vet	4	9	2783,56
AnAiAiAmAnAmAfAfAf+vet	4	9	2845,22
AnAiAiAmBnBiBmBfBf+vet	4	9	2746,38
AnAiAiAmBnBmBfBfBf+vet	4	9	2821,21
AnAiAiAmCnCiCmCfCf+vet	4	9	2877,72
AnAiAiAmCnCmCfCfCf+vet	4	9	2957,48
AnAiAmAfAf+vet	5		3202,47
AnAiAmAfAnAiAmAfAf+vet	4	9	2857,31
AnAiAmAfAnAmAfAfAf+vet	4	9	2918,96
AnAiAmAfBnBiBmBfBf+vet	4	9	2820,12
AnAiAmAfBnBmBfBfBf+vet	4	9	2894,96
AnAiAmAfCnCiCmCfCf+vet	4	9	2951,47
AnAiAmAfCnCmCfCfCf+vet	4	9	3031,22
AnAiAmAmAf+vet	5		3189,84
AnAiAmAmAm+vet	5		3181,95
AnAiAmAmAnAiAmAfAf+vet	4	9	2847,54
AnAiAmAmAnAmAfAfAf+vet	4	9	2909,19
AnAiAmAmBnBiBmBfBf+vet	4	9	2810,35
AnAiAmAmBnBmBfBfBf+vet	4	9	2885,18
AnAiAmAmCnCiCmCfCf+vet	4	9	2941,69
AnAiAmAmCnCmCfCfCf+vet	4	9	3021,45
AnAmAfAfAf+vet	5		3299,49
AnAmAfAfAnAiAmAfAf+vet	4	9	2954,33
AnAmAfAfAnAmAfAfAf+vet	4	9	3015,99
AnAmAfAfBnBiBmBfBf+vet	4	9	2917,14
AnAmAfAfBnBmBfBfBf+vet	4	9	2991,98
AnAmAfAfCnCiCmCfCf+vet	4	9	3048,49
AnAmAfAfCnCmCfCfCf+vet	4	9	3128,24
AnAmAmAfAf+vet	5		3284,55
AnAmAmAfAnAiAmAfAf+vet	4	9	2939,40
AnAmAmAfAnAmAfAfAf+vet	4	9	3001,05

(continuação)

BLOCO :1

SOLO: BAIXA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: FORMAÇÃO

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
AnAmAmAfBnBiBmBfBf+vet	4	9	2902,21
AnAmAmAfBnBmBfBfBf+vet	4	9	2977,04
AnAmAmAfCnCiCmCfCf+vet	4	9	3033,55
AnAmAmAfCnCmCfCfCf+vet	4	9	3113,31
AnAmAmAmAf+vet	5		3271,93
AnAmAmAmAm+vet	5		3264,03
AnAmAmAmAnAiAmAfAf+vet	4	9	2929,62
AnAmAmAmAnAmAfAfAf+vet	4	9	2991,28
AnAmAmAmBnBiBmBfBf+vet	4	9	2892,43
AnAmAmAmBnBmBfBfBf+vet	4	9	2967,27
AnAmAmAmCnCiCmCfCf+vet	4	9	3023,78
AnAmAmAmCnCmCfCfCf+vet	4	9	3103,53

Observações:

A,B,C = variedades cultivadas ao longo da política de manejo.

n,i,m,f = período de colheita (n = área em formação, i = colheita no início da safra, m = colheita no meio da safra , f = colheita no final da safra).

F.O. = Função Objetivo (US\$/ha)

BLOCO :88

SOLO: MÉDIA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: SEGUNDO CORTE

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
CfCfAnAiAiAiAm+vet	2	7	5314,68
CfCfAnAiAiAmAf+vet	2	7	5382,23
CfCfAnAiAmAfAf+vet	2	7	5467,16
CfCfAnAiAmAmAf+vet	2	7	5453,68
CfCfAnAmAfAfAf+vet	2	7	5572,12
CfCfAnAmAmAfAf+vet	2	7	5555,84
CfCfAnAmAmAmAf+vet	2	7	5542,36
CfCfBnBiBiBiBm+vet	2	7	5249,39
CfCfBnBiBiBmBf+vet	2	7	5323,17
CfCfBnBiBmBfBf+vet	2	7	5423,71
CfCfBnBiBmBmBf+vet	2	7	5398,69
CfCfBnBmBfBfBf+vet	2	7	5554,43
CfCfBnBmBmBfBf+vet	2	7	5520,39
CfCfBnBmBmBmBf+vet	2	7	5495,36
CfCfCfAnAiAiAmAf+vet	3	8	5505,41
CfCfCfAnAiAmAfAf+vet	3	8	5581,24
CfCfCfAnAmAfAfAf+vet	3	8	5674,95
CfCfCfAnAmAmAfAf+vet	3	8	5660,41
CfCfCfBnBiBiBmBf+vet	3	8	5452,68
CfCfCfBnBiBmBfBf+vet	3	8	5542,44
CfCfCfBnBmBfBfBf+vet	3	8	5659,16
CfCfCfBnBmBmBfBf+vet	3	8	5628,76
CfCfCfCfAnAiAmAfAf+vet	4	9	5682,62
CfCfCfCfAnAmAfAfAf+vet	4	9	5766,29
CfCfCfCfBnBiBmBfBf+vet	4	9	5647,98
CfCfCfCfBnBmBfBfBf+vet	4	9	5752,18
CfCfCfCfCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	5774,04
CfCfCfCfCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	5881,19
CfCfCfCfDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	5926,70
CfCfCfCfDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	6022,10
CfCfCfCfEnEiEmEfEfEf+vet	4	10	6180,12
CfCfCfCfEnEmEfEfEfEf+vet	4	10	6295,52
CfCfCfCnCiCiCmCfCf+vet	3	9	5593,36
CfCfCfCnCiCmCfCfCf+vet	3	9	5683,63
CfCfCfCnCmCfCfCfCf+vet	3	9	5803,65
CfCfCfCnCmCmCfCfCf+vet	3	9	5771,08
CfCfCfDnDiDiDmDfDf+vet	3	9	5779,13
CfCfCfDnDiDmDfDfDf+vet	3	9	5854,61
CfCfCfDnDmDfDfDfDf+vet	3	9	5961,47
CfCfCfDnDmDmDfDfDf+vet	3	9	5940,44
CfCfCfEnEiEiEmEfEf+vet	3	9	6042,25
CfCfCfEnEiEmEfEfEf+vet	3	9	6138,45
CfCfCfEnEmEfEfEfEf+vet	3	9	6267,71
CfCfCfEnEmEmEfEfEf+vet	3	9	6250,60
CfCfCnCiCiCiCmCf+vet	2	8	5402,56
CfCfCnCiCiCmCfCf+vet	2	8	5480,73
CfCfCnCiCmCfCfCf+vet	2	8	5581,85

(continuação)

BLOCO :88

SOLO: MÉDIA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: SEGUNDO CORTE

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
CmCmCmCfBnBiBmBfBf+vet	4	9	5510,26
CmCmCmCfBnBmBfBfBf+vet	4	9	5614,46
CmCmCmCfCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	5636,32
CmCmCmCfCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	5743,47
CmCmCmCfDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	5788,98
CmCmCmCfDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	5884,38
CmCmCmCfEnEiEmEfEfEf+vet	4	10	6042,40
CmCmCmCfEnEmEfEfEfEf+vet	4	10	6157,80
CmCmCmCmAnAiAmAfAf+vet	4	9	5514,02
CmCmCmCmAnAmAfAfAf+vet	4	9	5597,69
CmCmCmCmBnBiBmBfBf+vet	4	9	5479,38
CmCmCmCmBnBmBfBfBf+vet	4	9	5583,59
CmCmCmCmCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	5605,44
CmCmCmCmCnCmCfCfCfCf+vet	4	10	5712,60
CmCmCmCmDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	5758,10
CmCmCmCmDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	5853,51
CmCmCmCmEnEiEmEfEfEf+vet	4	10	6011,53
CmCmCmCmEnEmEfEfEfEf+vet	4	10	6126,93
CmCmCmCnCiCiCmCfCf+vet	3	9	5458,83
CmCmCmCnCiCmCfCfCf+vet	3	9	5549,11
CmCmCmCnCmCfCfCfCf+vet	3	9	5669,12
CmCmCmCnCmCmCfCfCf+vet	3	9	5636,55
CmCmCmDnDiDiDmDfDf+vet	3	9	5644,60
CmCmCmDnDiDmDfDfDf+vet	3	9	5720,09
CmCmCmDnDmDfDfDfDf+vet	3	9	5826,94
CmCmCmDnDmDmDfDfDf+vet	3	9	5805,91
CmCmCmEnEiEiEmEfEf+vet	3	9	5907,72
CmCmCmEnEiEmEfEfEf+vet	3	9	6003,92
CmCmCmEnEmEfEfEfEf+vet	3	9	6133,18
CmCmCmEnEmEmEfEfEf+vet	3	9	6116,07
CmCmCnCnCnCnCmCf+vet	2	8	5306,22
CmCmCnCnCnCmCfCf+vet	2	8	5384,39
CmCmCnCnCmCfCfCf+vet	2	8	5485,50
CmCmCnCnCmCmCfCf+vet	2	8	5458,48
CmCmCnCmCfCfCfCf+vet	2	8	5619,92
CmCmCnCmCmCfCfCf+vet	2	8	5583,44
CmCmCnCmCmCmCfCf+vet	2	8	5556,42
CmCmDnDiDiDiDmDf+vet	2	8	5523,69
CmCmDnDiDiDmDfDf+vet	2	8	5592,46
CmCmDnDiDmDfDfDf+vet	2	8	5677,00
CmCmDnDiDmDmDfDf+vet	2	8	5657,84
CmCmDnDmDfDfDfDf+vet	2	8	5796,69
CmCmDnDmDmDfDfDf+vet	2	8	5773,13
CmCmDnDmDmDmDfDf+vet	2	8	5753,97
CmCmEnEiEiEiEmEf+vet	2	8	5803,20
CmCmEnEiEiEmEfEf+vet	2	8	5887,16

(continuação)

BLOCO :88

SOLO: MÉDIA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: SEGUNDO CORTE

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
CmCmBnBiBiBmBf+vet	2	7	5226,83
CmCmBnBiBmBfBf+vet	2	7	5327,37
CmCmBnBiBmBmBf+vet	2	7	5302,34
CmCmBnBmBfBfBf+vet	2	7	5458,09
CmCmBnBmBmBfBf+vet	2	7	5424,04
CmCmBnBmBmBmBf+vet	2	7	5399,02
CmCmCfAnAiAiAmAf+vet	3	8	5405,49
CmCmCfAnAiAmAfAf+vet	3	8	5481,32
CmCmCfAnAmAfAfAf+vet	3	8	5575,03
CmCmCfAnAmAmAfAf+vet	3	8	5560,49
CmCmCfBnBiBiBmBf+vet	3	8	5352,76
CmCmCfBnBiBmBfBf+vet	3	8	5442,52
CmCmCfBnBmBfBfBf+vet	3	8	5559,24
CmCmCfBnBmBmBfBf+vet	3	8	5528,84
CmCmCfCfAnAiAmAfAf+vet	4	9	5582,70
CmCmCfCfAnAmAfAfAf+vet	4	9	5666,37
CmCmCfCfBnBiBmBfBf+vet	4	9	5548,06
CmCmCfCfBnBmBfBfBf+vet	4	9	5652,26
CmCmCfCfCnCiCmCfCfCf+vet	4	10	5674,12
CmCmCfCfCnCmCfCfCf+vet	4	10	5781,27
CmCmCfCfDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	5826,77
CmCmCfCfDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	5922,18
CmCmCfCfEnEiEmEfEfEf+vet	4	10	6080,20
CmCmCfCfEnEmEfEfEfEf+vet	4	10	6195,60
CmCmCfCnCiCiCmCfCf+vet	3	9	5493,43
CmCmCfCnCiCmCfCfCf+vet	3	9	5583,71
CmCmCfCnCmCfCfCfCf+vet	3	9	5703,73
CmCmCfCnCmCmCfCfCf+vet	3	9	5671,16
CmCmCfDnDiDiDmDfDf+vet	3	9	5679,21
CmCmCfDnDiDmDfDfDf+vet	3	9	5754,69
CmCmCfDnDmDfDfDfDf+vet	3	9	5861,55
CmCmCfDnDmDmDfDfDf+vet	3	9	5840,52
CmCmCfEnEiEiEmEfEf+vet	3	9	5942,33
CmCmCfEnEiEmEfEfEf+vet	3	9	6038,53
CmCmCfEnEmEfEfEfEf+vet	3	9	6167,79
CmCmCfEnEmEmEfEfEf+vet	3	9	6150,68
CmCmCmAnAiAiAmAf+vet	3	8	5370,88
CmCmCmAnAiAmAfAf+vet	3	8	5446,71
CmCmCmAnAmAfAfAf+vet	3	8	5540,42
CmCmCmAnAmAmAfAf+vet	3	8	5525,88
CmCmCmBnBiBiBmBf+vet	3	8	5318,15
CmCmCmBnBiBmBfBf+vet	3	8	5407,92
CmCmCmBnBmBfBfBf+vet	3	8	5524,63
CmCmCmBnBmBmBfBf+vet	3	8	5494,23
CmCmCmCfAnAiAmAfAf+vet	4	9	5544,90
CmCmCmCfAnAmAfAfAf+vet	4	9	5628,57

(continuação)

BLOCO :88

SOLO: MÉDIA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: SEGUNDO CORTE

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
CmCfCfCfCnCmCfCfCf+vet	4	10	5823,79
CmCfCfCfDnDiDmDfDfDf+vet	4	10	5869,29
CmCfCfCfDnDmDfDfDfDf+vet	4	10	5964,70
CmCfCfCfEnEiEmEfEfEf+vet	4	10	6122,72
CmCfCfCfEnEmEfEfEfEf+vet	4	10	6238,12
CmCfCfCnCiCiCmCfCf+vet	3	9	5535,95
CmCfCfCnCiCmCfCfCf+vet	3	9	5626,23
CmCfCfCnCmCfCfCfCf+vet	3	9	5746,25
CmCfCfCnCmCmCfCfCf+vet	3	9	5713,68
CmCfCfDnDiDiDmDfDf+vet	3	9	5721,72
CmCfCfDnDiDmDfDfDf+vet	3	9	5797,21
CmCfCfDnDmDfDfDfDf+vet	3	9	5904,07
CmCfCfDnDmDmDfDfDf+vet	3	9	5883,03
CmCfCfEnEiEiEmEfEf+vet	3	9	5984,84
CmCfCfEnEiEmEfEfEf+vet	3	9	6081,05
CmCfCfEnEmEfEfEfEf+vet	3	9	6210,30
CmCfCfEnEmEmEfEfEf+vet	3	9	6193,19
CmCfCnCiCiCiCmCf+vet	2	8	5345,16
CmCfCnCiCiCmCfCf+vet	2	8	5423,33
CmCfCnCiCmCfCfCf+vet	2	8	5524,44
CmCfCnCiCmCmCfCf+vet	2	8	5497,43
CmCfCnCmCfCfCfCf+vet	2	8	5658,86
CmCfCnCmCmCfCfCf+vet	2	8	5622,39
CmCfCnCmCmCmCfCf+vet	2	8	5595,37
CmCfDnDiDiDiDmDf+vet	2	8	5562,63
CmCfDnDiDiDmDfDf+vet	2	8	5631,40
CmCfDnDiDmDfDfDf+vet	2	8	5715,94
CmCfDnDiDmDmDfDf+vet	2	8	5696,78
CmCfDnDmDfDfDfDf+vet	2	8	5835,63
CmCfDnDmDmDfDfDf+vet	2	8	5812,07
CmCfDnDmDmDmDfDf+vet	2	8	5792,91
CmCfEnEiEiEiEmEf+vet	2	8	5842,14
CmCfEnEiEiEmEfEf+vet	2	8	5926,10
CmCfEnEiEmEfEfEf+vet	2	8	6033,85
CmCfEnEiEmEmEfEf+vet	2	8	6018,70
CmCfEnEmEfEfEfEf+vet	2	8	6178,62
CmCfEnEmEmEfEfEf+vet	2	8	6159,45
CmCfEnEmEmEmEfEf+vet	2	8	6144,31
CmCmAnAiAiAiAm+vet	2	7	5218,33
CmCmAnAiAiAmAf+vet	2	7	5285,89
CmCmAnAiAmAfAf+vet	2	7	5370,82
CmCmAnAiAmAmAf+vet	2	7	5357,34
CmCmAnAmAfAfAf+vet	2	7	5475,78
CmCmAnAmAmAfAf+vet	2	7	5459,49
CmCmAnAmAmAmAf+vet	2	7	5446,01
CmCmBnBiBiBiBm+vet	2	7	5153,04

(continuação)

BLOCO :88

SOLO: MÉDIA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: SEGUNDO CORTE

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
CfCfCnCnCmCmCfCf+vet	2	8	5554,83
CfCfCnCnCmCfCfCf+vet	2	8	5716,27
CfCfCnCnCmCmCfCf+vet	2	8	5679,79
CfCfCnCnCmCmCmCfCf+vet	2	8	5652,77
CfCfDnDiDiDiDiDmDf+vet	2	8	5620,03
CfCfDnDiDiDiDmDfDf+vet	2	8	5688,80
CfCfDnDiDmDfDfDf+vet	2	8	5773,35
CfCfDnDiDmDmDfDf+vet	2	8	5754,19
CfCfDnDmDfDfDfDf+vet	2	8	5893,03
CfCfDnDmDmDfDfDf+vet	2	8	5869,47
CfCfDnDmDmDmDfDf+vet	2	8	5850,31
CfCfEnEiEiEiEmEf+vet	2	8	5899,54
CfCfEnEiEiEiEmEfEf+vet	2	8	5983,50
CfCfEnEiEmEfEfEf+vet	2	8	6091,25
CfCfEnEiEmEmEfEf+vet	2	8	6076,11
CfCfEnEmEfEfEfEf+vet	2	8	6236,02
CfCfEnEmEmEfEfEf+vet	2	8	6216,86
CfCfEnEmEmEmEfEf+vet	2	8	6201,71
CmCfAnAiAiAiAm+vet	2	7	5257,27
CmCfAnAiAiAmAf+vet	2	7	5324,83
CmCfAnAiAmAfAf+vet	2	7	5409,76
CmCfAnAiAmAmAf+vet	2	7	5396,28
CmCfAnAmAfAfAf+vet	2	7	5514,72
CmCfAnAmAmAfAf+vet	2	7	5498,43
CmCfAnAmAmAmAf+vet	2	7	5484,95
CmCfBnBiBiBiBm+vet	2	7	5191,98
CmCfBnBiBiBmBf+vet	2	7	5265,77
CmCfBnBiBmBfBf+vet	2	7	5366,31
CmCfBnBiBmBmBf+vet	2	7	5341,28
CmCfBnBmBfBfBf+vet	2	7	5497,03
CmCfBnBmBmBfBf+vet	2	7	5462,98
CmCfBnBmBmBmBf+vet	2	7	5437,96
CmCfCfAnAiAiAmAf+vet	3	8	5448,01
CmCfCfAnAiAmAfAf+vet	3	8	5523,84
CmCfCfAnAmAfAfAf+vet	3	8	5617,55
CmCfCfAnAmAmAfAf+vet	3	8	5603,01
CmCfCfBnBiBiBmBf+vet	3	8	5395,28
CmCfCfBnBiBmBfBf+vet	3	8	5485,04
CmCfCfBnBmBfBfBf+vet	3	8	5601,75
CmCfCfBnBmBmBfBf+vet	3	8	5571,36
CmCfCfCfAnAiAmAfAf+vet	4	9	5625,21
CmCfCfCfAnAmAfAfAf+vet	4	9	5708,88
CmCfCfCfBnBiBmBfBf+vet	4	9	5590,57
CmCfCfCfBnBmBfBfBf+vet	4	9	5694,78
CmCfCfCfCnCnCmCfCfCf+vet	4	10	5716,64

(continuação)

BLOCO :88

SOLO: MÉDIA FERTILIDADE

ESTÁGIO DE CORTE INICIAL: SEGUNDO CORTE

POLÍTICAS DE MANEJO	ANO 1º REF.	ANO 2ºREF.	F.O.
CmCmEnEiEmEfEfEf+vet	2	8	5994,91
CmCmEnEiEmEmEfEf+vet	2	8	5979,76
CmCmEnEmEfEfEfEf+vet	2	8	6139,67
CmCmEnEmEmEfEfEf+vet	2	8	6120,51
CmCmEnEmEmEmEfEf+vet	2	8	6105,37

Observações:

A,B,C,D,E = variedades cultivadas ao longo da política de manejo.

n,i,m,f = período de colheita (n = área em formação, i = colheita no início da safra, m = colheita no meio da safra , f = colheita no final da safra).

F.O. = Função Objetivo (US\$/ha)