PLANO OTIMO ECONOMICO DE MANEJO DE CORTE PARA FLORESTAS DE
EUCALIPTOS

ADELIA BEATRIZ NAVARRO PASCOAL MONTANHESE DE LIMA
Engenheira Florestal

Orientador: JOSÉ FERREIRA DE NORONHA

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio - 1988

L732p Lima, Adélia Beatriz Navarro Pascoal Montanhese
de
Plano ótimo econômico de manejo de corte para
florestas de Eucaliptos. Piracicaba, 1988.
88p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Economia florestal 2. Eucalipto - Aspecto
econômico 3. Eucalipto - Corte - Manejo I. Esco_
la Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Pira_
cicaba

CD 634.92
338.1749734

PLANO OTIMO ECONOMICO DE MANEJO DE CORTE PARA FLORESTAS DE
EUCALIPTOS

ADELIA BEATRIZ NAVARRO PASCOAL MONTANHESE DE LIMA

Aprovada em: 20.06.1988

Comissão julgadora:

Prof. Dr. José Ferreira de Noronha	ESALQ/USP
Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves	ESALQ/USP
Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto	ESALQ/USP

Prof. Dr. José Ferreira de Noronha
Orientador

Aos meus filhos
e marido.

Ofereço

A minha mãe que me ensinou a
importância de aprender sempre.

Dedico

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José Ferreira de Noronha, pela orientação e dedicação.

- A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz e ao Departamento de Sociologia e Economia Rural, pela oportunidade.

- Ao Prof. Luiz Carlos Estraviz Rodriguez, do Departamento de Ciências Florestais, pelo auxílio e incentivo.

- A RIPASA S.A. PAPEL E CELULOSE, em nome do seu Diretor de Recursos Naturais Engo. Nelson Barbosa Leite, pelas informações utilizadas nesta dissertação.

- Aos Profs. Evaristo Marzabal Neves e Hilton Tadeu Zarate do Couto, pelas valiosas sugestões.

- Aos Engenheiros Florestais Rildo Moreira e Moreira e Egas Monteiro dos Santos Júnior, pelo auxílio na coleta de informações, enquanto estagiários do Departamento de Ciências Florestais.

- Ao Engenheiro Florestal Marcelo Montanhese de Lima, meu marido, que com dedicação e paciência me apoiou em todas as fases do Curso de Mestrado.

- A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

PLANO OTIMO ECONOMICO DE MANEJO DE CORTE PARA FLORESTAS DE EUCALIPTOS

AUTOR: Adélia Beatriz Navarro Pascoal Montanhese de Lima.

ORIENTADOR: José Ferreira de Noronha.

RESUMO:

Este trabalho visa obter um plano de manejo de corte economicamente ótimo para florestas de eucaliptos vinculadas ao abastecimento de uma indústria de celulose. A técnica utilizada é a programação linear.

O objetivo do modelo de programação linear desenvolvido é o de maximização do retorno sobre os investimentos. Para tanto, foram calculados o Valor Líquido Presente (VLP) de todas as alternativas de manejo dadas ao modelo. Neste calculo foi considerado como parte integrante do fluxo de caixa o Valor Esperado da Terra (VET).

Na determinação do plano de manejo mais adequado ao suprimento da indústria, foram analisados quatro diferentes cenários de planejamento dos pontos de vista econômico e operacional. Os quatro cenários considerados foram:

- 1 - Oscilação livre da produção anual.

- 2 - Suprimento anual de madeira para celulose superior ao limite mínimo de 40.000 m³/ano.
- 3 - Suprimento anual de madeira para celulose inferior ao limite máximo de 100.000 m³/ano.
- 4 - Suprimento anual de madeira para celulose restrito a intervalos.

Os resultados demonstraram que, independente da estratégia de manejo obtida, dentro das condições estipuladas, a produção florestal não é deficitária.

A estratégia de manejo de corte considerada mais apropriada foi a do cenário cujo fluxo de produção ficou restrito a intervalos pré-fixados.

AN OPTIMAL ECONOMIC PLAN FOR MANAGEMENT AND LOGGING OF EUCALYPT FORESTS

AUTHOR: Adélia Beatriz Navarro Pascoal Montanhese de Lima.

ADIVISER: José Ferreira de Noronha.

SUMMARY:

The purpose of this paper was to obtain, an optimal economic planning for management and logging of Eucalypt forests linked to the annual's supply of a pulpwood mill. The technique utilized is linear programming.

The objective of the linear programming model was to maximize the return over the investments. There for the Net Present Value (NPV) of the all management alternative conditions given to were calculated the model. In this calculus, the Bare Land Value (BLV) was considered part of the cash flow.

For the determination of the must suitable management planning to the mill supply, four different scenarios of economical and operational planning were analised. The considered scenarios were:

- 1 - Free oscillation to the annual productions of wood.
- 2 - Annual wood supply for pulpwood higher to the minimum limit the 40.000 m³/year.

3 - Annual wood supply for pulwood lower to the maximum limit the 100.000 m³/year.

4 - Annual wood supply for pulwood restricted to pre-fixed intervals.

The results showed that, independent of management strategy obtained under the considered adjust conditions, the forest production was not deficient.

The best management alternative, considering the technological and operational limitation, was that from the scenary in which the production flux was restricted to pre-fixed intervals.

SUMARIO

	página
Resumo.....	iv
Summary.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo Geral.....	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
3. REVISAO DE LITERATURA.....	5
4. METODOLOGIA.....	14
4.1. METODO: Programação Linear.....	14
4.2. Descrição do Modelo de Planejamento.....	18
4.2.1. Unidades de Manejo Florestal.....	18
4.2.2. Regimes de Manejo Florestal.....	18
4.2.3. Prognose de Produção.....	20
4.2.4. Horizonte de Planejamento.....	21
4.2.5. Conjunto de restrições.....	21
4.2.6. Avaliação Econômica das Variá- veis de Decisão.....	22
4.3. Processamento do Modelo.....	27
4.4. Metodologia Aplicada a um Estudo de Caso.....	29
4.4.1. Descrição do Caso Estudado.....	30
4.4.2. Prognose de Produção.....	31
4.4.3. Composição dos Fluxos de Caixa.....	34
4.4.4. Obtenção do Modelo de Planeja- mento.....	35

5. RESULTADOS E DISCUSSAO	39
5.1 Programa Gerador TEMPON.....	39
5.2 Coeficientes da Função Objetivo.....	42
5.3 Análise dos Cenários de Planejamento.....	49
5.3.1 Cenário no. 1: Oscilação livre.....	51
5.3.2 Cenário no. 2: Limite mínimo em 40.000 m3/ano.....	54
5.3.3 Cenário no. 3: Limite máximo em 100.000 m3/ano.....	59
5.3.4 Cenário no. 4: Produção anual restrita a internos.....	63
5.4 Cronograma Geral de Planejamento baseado no cenário 4.....	66
6. CONCLUSOES e SUGESTOES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	73
APENDICES.....	78

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as empresas que dependem da madeira de eucaliptos como fonte de matéria-prima, aplicam elevadas somas de capital no plantio, manutenção e exploração de florestas.

Dentro da cadeia de verticalização destas empresas, o segmento florestal se torna responsável pelo abastecimento industrial, tendo que cumprir os objetivos estabelecidos.

As indústrias de celulose se enquadram nesta caracterização, e seus segmentos florestais visam um fornecimento contínuo e uniforme de madeira, o que requer um planejamento estratégico de longo-prazo.

O planejamento florestal destas empresas, mediante uma série de informações tem que decidir anualmente quanto e onde explorar e como manejar as florestas. As respostas a estas questões seriam facilitadas se não implicassem em consequências diretas sobre a produção e abastecimento futuro de madeira.

Deste modo, a resolução do problema deve ser baseada no presente e no futuro, onde a produção de madeira deve ser encarada de forma global e no decorrer de um horizonte de planejamento determinado.

Entretanto, estas empresas, tem na maioria dos casos, um planejamento de médio-prazo com base nos estoques de madeira em campo inventariados anualmente, o que dificulta tanto a determinação de um fluxo regular da produção futura, como uma análise econômica de horizontes de planejamento mais extensos.

Juntamente com a produção e manejo florestal, os resultados econômicos do empreendimento vem se tornando mais importantes. Ou seja, além da preocupação com a produção as empresas precisam utilizar um planejamento que viabilize da melhor maneira o retorno aos investimentos.

Os instrumentos de planejamento utilizados atualmente não atendem essas indagações do planejador. As alternativas analisadas ficam restritas a possibilidade de manusear as informações técnicas e econômicas disponíveis.

Um instrumento que pode incorporar simultaneamente a análise de dados técnicos e econômicos da produção florestal, capaz de atender ao abastecimento de

indústrias como as de celulose, é a programação linear.

A programação linear é uma ferramenta utilizada na resolução de problemas objetivos de certa complexidade, onde é possível proceder a análise de diversas alternativas de planejamento, e de acordo com a versatilidade do planejador, chegar a uma elevada pormenorização dos resultados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Obter, dentro de um horizonte de planejamento pré-determinado, um plano de manejo de corte economicamente ótimo para florestas de eucaliptos vinculadas ao abastecimento de uma indústria de celulose.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

a) dar um enfoque econômico à ao manejo e exploração de florestas.

b) utilizar um método de avaliação econômica mais adequado aos empreendimentos florestais.

c) desenvolver um programa de computador que auxilie na construção do modelo de programação linear aplicada ao planejamento de cortes em florestas.

d) estudar cenários de planejamento analisando-os técnica e economicamente.

3. REVISAO DE LITERATURA

A necessidade de serem traçadas linhas de planejamento é inerente a todas as atividades, quer sejam econômicas, sociais ou políticas.

No setor florestal, dentro dos segmentos voltados à utilização racional e econômica dos recursos florestais, esta necessidade torna-se mais pronunciada dados os aumentos da demanda e a extensão dos prazos requeridos à produção de madeira.

Segundo HOSOKAWA e MENDES (1984), considerando-se que o ciclo da produção florestal é longo, um planejamento eficiente tem que resultar entre outros fatores na racionalização do fluxo da produção florestal.

Com referência ao planejamento de longo-prazo, GAJ (1975) recomenda que, em qualquer atividade, deve-se fixar objetivos realistas e proceder uma análise criteriosa dos caminhos de ação para atingi-la.

Para VON GADOW (1980) o planejamento para aqueles que praticam a silvicultura, deve ser baseado

no princípio da sustentação. Não na sustentação clássica de apenas se restringir volumes de exploração de madeira no presente para assegurar produção futura, mas no sentido amplo de sustentação que nas palavras do autor significa:

" O princípio da sustentação não é confinado apenas a floresta, mas é o objetivo fundamental em que se empenha toda meta de continuidade e estabilidade. Em florestas sustentação pode ser definida como a capacidade do empreendimento florestal suprir eficientemente bens e serviços em bases contínuas."(VON GADOW, 1980 pag.26).

Uma forma de planejamento e um caminho para solucionar o problema do manejo sustentado da produção florestal, e tem sido a proposta de inúmeros autores utilizando como método a técnica da programação linear WARDLE (1966); JOHNSON e SCHEURMAN (1977); BARROS e WEINTRAUB (1982)).

A programação linear é um instrumento de pesquisa operacional que tem como meta indicar a alternativa ou conjunto de alternativas que melhor solucionam o problema equacionado via maximização ou minimização de uma função objetivo.

A adequação da programação linear ao planejamento florestal, discutida por WARDLE (1966), apresenta a técnica como um mecanismo eficaz na resolução dos problemas

de planejamento em florestas, ressaltando que, dada a lógica requerida pelo método, sua aplicação pode se estender desde o planejamento de operações relativas à implantação até a escolha do destino da produção, permitindo ao administrador a possibilidade de efetuar um plano de trabalho que considere uma avaliação das interrelações entre a produção de madeira e diversas etapas do processo produtivo.

Da mesma forma VON GADOW (1982) e JOHNSON e TEDDER (1983) salientam que um instrumento flexível como a programação linear deve ter seu uso intensificado em florestas. Por um lado ao superar dificuldades de se analisar, simultaneamente, diversas atividades, de existir mais de uma opção para o planejamento das mesmas. Por outro ao considerar inúmeras restrições e a possibilidade concomitante da avaliação econômica dos resultados.

Diversos modelos de programação linear tem sido formulados nas últimas décadas para solucionarem problemas relativos ao planejamento da produção madeireira, quer seja no que se refere à área de produção, quer ao volume madeira.

Um dos estudos pioneiros aplicando a programação linear ao planejamento florestal, foi realizado por COUTU e ELLERSTON (1960), para indicar a área de ocupação ótima para o manejo florestal, como alternativa de receita

em propriedades rurais nos E.U.A. determinando, num período pré-estabelecido, a combinação entre terras destinadas à agropecuária e à produção de madeira.

Diferentes trabalhos descrevendo a utilização desta técnica no planejamento da produção de madeira foram realizados na década de sessenta, tais como o de CURTIS (1962) e LEAK (1964) voltados a definição de programas de planejamento e estimativa da produção em florestas; LOUCKS (1964) e NAUTIYAL e PEARSE (1967), com modelos que além de maximizar o retorno do investimento determinam estratégias que permitem o manejo sustentado da produção; KIDD, THOMPSON e HOEPNER (1966) e CESAL (1970) para obtenção de modelos que possibilitam a estabilização da produção florestal.

Grande parte dos trabalhos desenvolvidos até os anos sessenta enfrentaram limitações quanto à capacidade operacional dos programas de computadores existentes para a resolução dos modelos.

A partir da década de setenta com os grandes avanços computacionais, modelos mais complexos de programação linear puderam ser desenvolvidos em todas as áreas. No campo florestal estes avanços permitiram o desenvolvimento de vários sistemas de programas envolvendo a programação linear, que auxiliam na formulação e na resolução dos

modelos, contribuindo para uma maior difusão da técnica e o aprimoramento na sua aplicação.

Dentre estes sistemas destacam-se o MAX-MILLION desenvolvido por CLUTTER (1968) na Universidade da Geórgia, o TIMBER RAM (Resource Allocation Model) de NAVON (1971) do Serviço Florestal Americano, o MAX-MILLION II de CLUTTER, FORTONS e PIENAAR (1978), o MUSIC (Multiple Use Sustained Yield Resource Scheduling Calculation) de Johnson e Jones (citado por JOHNSON e TEDDER 1983), o FORPLAN (Forest Planning) do Serviço Florestal Americano desenvolvido por JOHNSON et alii (1980), e o PLANFLOR (Planejamento Florestal Integrado) de TAUBE NETTO (1984).

Os sistemas mencionados apresentam entre si diferentes graus de complexidade com relação à elaboração de modelos, necessidade de dados e avaliação dos resultados, o que deve-se ao fato de, apesar de terem sido criados para auxiliarem no planejamento florestal, cada um guarda certa identidade com as peculiaridades em que foram desenvolvidos.

Normalmente o desenvolvimento dos modelos de programação linear voltados ao planejamento da produção de madeira, quer sejam ou não por intermédio de sistemas de programas, podem ser representados de acordo com JOHNSON e SCHEURMAN (1977), através de duas estruturas matemáticas

distintas denominadas modelo tipo I e modelo tipo II.

JOHNSON (1977) esclarece que o modelo do tipo I se caracteriza por preservar durante todo o horizonte de planejamento a composição física das unidades de manejo, não implicando, entretanto, que as mesmas sejam cortadas integralmente num único período ou ano. Por outro lado no modelo de tipo II a forma física de uma unidade não existe, os talhões podem ser reagrupados a cada novo período de corte, sendo que a variável de decisão corresponde ao total da área plantada dentro do período i que deverá ser cortada no período j .

Dos sistemas citados, apenas o MUSIC e o FORPLAN possuem rotinas para resolução dos dois tipos de modelos, sendo que os demais sistemas operam com modelos do tipo I.

Os modelos do tipo I são empregados com maior frequência na resolução de problemas de planejamento econômico da produção florestal, especificamente no que se refere a determinação de planos de corte (WARE e CLUTTER, 1983).

O planejamento de cortes dentro de uma floresta pode ser efetuado a nível de talhão ou a nível da área total da floresta.

Nas plantações florestais voltadas ao abastecimento industrial, onde as áreas são extensas, a alocação logística dos pontos de vista técnicos, operacionais e econômicos torna-se necessário que o planejamento de cortes seja realizado a nível de floresta como um todo (WARE e CLUTTER, 1971).

Para LEUSCHNER (1984) um plano florestal voltado à determinação de cortes periódicos deve informar os regimes de manejo que serão adotados para cada unidade florestal, permitindo obter dados referentes à madeira a ser extraída e os fluxos de caixa e produção.

WARE e CLUTTER (1971) ressaltam que a análise de um número elevado de planos de corte alternativos torna maleável a escolha, sendo a ideal para uma maior aproximação do plano ótimo de manejo.

A programação linear possibilita a obtenção, entre alternativas especificadas, de um plano ótimo de manejo sustentado da produção florestal através de planos de corte, desde que baseada na definição de sustentação de VON GADOW (1980). Segundo WARE e CLUTTER (1971), as técnicas tradicionais de manejo sustentado ignoram em sua essência considerações econômicas.

Vários trabalhos relativos à especificação de planos de corte visando a melhor forma de ordenar o

fluxo da produção florestal, podem ser encontrados utilizando a programação linear em estruturas do modelo do tipo I, tais como os de WEIR (1972), WEINTRAUB e NAVON (1976), BUONGIORNO e MICHIE (1980), NAZARETH (1980), BARROS e WEINTRAUB (1982), HOGANSON e ROSE (1984) e RODRIGUEZ et alii (1986).

Nestes trabalhos, pode ser confirmada a colocação de JOHNSON e TEDDER (1983), de que o planejamento da produção florestal através da programação linear visa na maioria dos casos a maximização de valores monetários associados à exploração de determinados níveis de madeira.

Nos trabalhos citados, cada autor apresenta uma única análise para o modelo elaborado, o que impossibilita uma análise gradual do comportamento do modelo frente a outros cenários de planejamento, o que pode ser desejável para que o planejador visualize a sensibilidade do modelo.

Desta forma a programação linear auxiliaria nas etapas intermediárias da determinação das reais limitações para obtenção de um plano de manejo de corte economicamente ótimo.

Outras aplicações da programação linear no setor florestal encontram-se amplamente divulgadas na lite-

ratura, entre as quais pode-se citar os trabalhos realizados por McGUIGAN (1984) e SESSIONS e FILIPPETTO (1984) em estudos de minimização de custos em atividades de exploração e transporte; RODRIGUEZ e LIMA (1985) na análise de estratégias ótimas para reforma de plantios florestais; SAMPSON (1979) e HAGG (1973) em modelos para o processamento primário da madeira; e VON GADON (1982) para o planejamento da alocação de pessoal em frentes de trabalhos.

Para VON GADOW (1982), a programação linear aplicada a problemas florestais emerge como uma forma de revolucionar os métodos de planejamento e análise utilizados.

4. METODOLOGIA

4.1 Método: Programação Linear

A programação linear é uma técnica que permite a otimização condicionada de problemas definidos através de equações e/ou inequações lineares.

A estrutura de todo programa linear apresenta os seguintes componentes:

a)função objetivo: Equação linear cuja variável dependente é o objeto de otimização e as variáveis independentes são variáveis de decisão.

b)conjunto de restrições: Equações ou inequações lineares que expressam a presença de fatores limitantes ao problema de otimização, o que produz uma dependência mútua entre as variáveis de decisão.

c)conjunto de condições de não negatividade: Estabelece que as variáveis de decisão tem que ser não negativas.

A forma como se apresentam caracterizadas as restrições e as variáveis de decisão alternativas para problemas, bem como todas as considerações levantadas para a obtenção das mesmas, define um modelo de programação linear.

Os passos básicos para a construção de um modelo de programação linear dividem-se em três etapas:

1. Identificar as variáveis de decisão, pertinentes às várias alternativas em questão.

2. Identificar todas as restrições do problema e expressá-las como equações ou inequação das variáveis de decisão.

3. Identificar o objetivo e delineá-lo como uma função linear das variáveis de decisão - função objetivo - cujos coeficientes são os principais orientadores da escolha.

O uso do algoritmo requer que a forma matemática do modelo seja explicitada de maneira a respeitar as seguintes restrições (HEADY e CANDLER, 1973):

1. **Linearidade:** Exige que a função objetivo e o conjunto de restrições sejam definidos com base em relações lineares e não admite, portanto, as economias de escala.

2. **Aditividade:** Determina que os resultados das variáveis de decisão não devem ter caráter aditivo, não permitindo interações entre coeficientes tanto da função objetivo como das restrições.

3. **Número finito de atividades e restrições:** Deve-se assumir que há um limite para o número de

variáveis de decisão e de restrições ao se formular o modelo de programação.

4. **Divisibilidade:** O método implica na utilização dos números reais. Todos os resultados podem ser expressos na forma decimal.

5. **Determinismo:** Os dados utilizados como coeficientes das variáveis de decisão tanto na função objetivo como nas restrições são não estocásticos.

O processo de otimização condicionada efetuado pela programação linear permite a maximização ou minimização da função objetivo, sujeito às restrições impostas pelo problema.

A formulação geral do programa linear com n variáveis e m restrições, expresso por notação somatório, é apresentado a seguir:

Maximizar ou minimizar:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \quad (1)$$

$$\text{sujeito à : } \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq \text{ou} \geq r_i \quad (i=1,2,\dots,m)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

onde: Z = valor da função objetivo.

x_j = variável de decisão, j .

c_j = coeficiente da variável de decisão j na função objetivo, constante pré-determinada.

a_{ij} = coeficiente na restrição i da variável de decisão j , constante pré-determinada.

r_i = constante representando a limitação i imposta na i ésima restrição.

Os fundamentos do método, assim como das etapas de resolução, são descritos de forma detalhada em HADLEY (1963); HEADY e CANDLER (1973); BENEKE e WINTERBOER (1973); CONVERSE (1977); DOWLING (1981); LANZER (1982); CHIANG (1982).

4.2 Descrição do Modelo de Planejamento Florestal

O modelo de planejamento enfocado neste trabalho é caracterizado com o de estrutura tipo I. Segundo JOHNSON e SCHEURMAN (1977), objetiva a obtenção de um plano de manejo que maximize o valor líquido presente para uma investimento florestal verticalizado. É uma adaptação da metodologia e terminologia desenvolvida por CLUTTER (1968) e CLUTTER et alii (1983).

A descrição apresentada a seguir tem como objetivo detalhar os procedimentos utilizados na composição do modelo.

4.2.1 Unidades de Manejo Florestal

As florestas implantadas de eucaliptos são subdivididas em lotes de áreas bem definidos de tamanho irregular conhecidos como talhões florestais.

A finalidade da criação de unidades de manejo florestal é agrupar todos os talhões de áreas contínuas ou próximas, que apresentem em comum diferentes características importantes para o manejo florestal, tais como tipo de solo, topografia, acessibilidade para implantação/exploração, gêneros ou espécies ou procedências florestais, idades das árvores e outras. Desta forma pode-se trabalhar com as unidades admitindo-se produtividades homogêneas, facilitando a elaboração do plano de manejo.

Estas unidades são a base para todo o modelo de planejamento e serão identificadas pela letra U onde _i o índice i identifica o número da unidade.

4.2.2 Regimes de Manejo

O conceito de regime de manejo é um componente essencial na formulação dos problemas de planos de corte da floresta. Cada regime de manejo define uma estratégia que envolve uma série de práticas silviculturais

e cortes ao longo do horizonte de planejamento.

Os regimes de manejo considerados para a floresta de eucaliptos foram os de ciclos de duas rotações, com idades de corte para a primeira ou segunda rotação aos 5,6,7,8 ou 9 anos. A adoção de ciclos com apenas duas rotações, deve-se ao fato de que para o caso estudado, não havia disponibilidade de dados das prognoses de produção para ciclos com tres ou mais rotações.

Como os ciclos não precisam ter a mesma idade de corte nas duas rotações, as permutações entre as cinco idades da primeira e da segunda rotação, resultam em 25 regimes de manejo, proporcionando diferentes combinações de produção.^{1/}

Estes regimes adotados como alternativos aplicados as unidades de manejo definidas, formam as variáveis de decisão do modelo.

Cada regime de manejo é identificado pela letra R_j , onde o índice j identifica o numero do tipo de manejo. Na tabela 1, apresenta-se a identificação dos regimes de manejo de acordo com a idade de corte em cada rotação.

^{1/} Princípio da multiplicação em Permutação. KMENTA, J. Elementos de Econometria. pagina 47.

TABELA 1: Identificação dos regimes de manejo por idade de corte nas rotações.

REGIME	IDADE DE CORTE (anos)	
	1a. ROTAÇÃO	2a. ROTAÇÃO
1	5	5
2	5	6
3	5	7
4	5	8
5	5	9
6	6	5
7	6	6
8	6	7
9	6	8
10	6	9
11	7	5
12	7	6
13	7	7
14	7	8
15	7	9
16	8	5
17	8	6
18	8	7
19	8	8
20	8	9
21	9	5
22	9	6
23	9	7
24	9	8
25	9	9

4.2.3 Prognose de Produção

O produção madeireira de uma espécie florestal, é distinta entre a primeira e segunda rotação, mesmo considerando-se ciclos homogêneos. Estas diferenças podem ser explicadas em função da procedência, espécie, sítio, tratos culturais e tratos culturais. As informações referentes a estas produções, quando são baseadas em

técnicas de inventário florestal adequadamente aplicadas, possibilitam prognoses de produção confiáveis.

Estas prognoses de produção, obtidas de forma confiável, serão utilizadas como coeficientes das variáveis de decisão nas restrições de suprimento de madeira, pressupondo-se que são valores determinísticos.

4.2.4 Horizonte de Planejamento

De acordo com as colocações de CESAL (1970), WARE e CLUTTER(1971), BARROS e WEINTRAUB(1982) e TAUBE NETTO (1984), o período de planejamento deve considerar um intervalo suficiente de tempo que permita a ocorrência de 1,5 a 2 ciclos típicos da floresta implantada, de modo a permitir a ocorrência de um ciclo completo de todos os regimes de manejo utilizados. Como tradicionalmente se considera para o eucaliptos um ciclo de duas rotações de sete anos, definiu-se um intervalo de 1,5 este ciclo, gerando um horizonte de planejamento de 21 anos.

4.2.5 Conjunto de Restrições

As restrições impostas a um modelo de programação linear podem ser de três tipos: restrições de mínimo, de máximo e de igualdade.

No modelo de programação linear desenvolvido, estes três tipos de restrições são encontrados nas situações a seguir:

1. Fixação da área: Para cada unidade de manejo florestal o modelo impõe que qualquer que seja a alternativa ou opções de manejo escolhidos para aplicação, esta terá que ocupar a área integral desta unidade, sendo portanto uma restrição de igualdade.

2. Volume de madeira: Na exploração global da madeira dois tipos de restrições são estabelecidos: um de se extrair um volume de madeira que não ultrapasse um nível máximo e outro que determina que este volume não seja inferior a um nível mínimo, ocorrendo desta forma restrições de máximo e mínimo.

4.2.6 Avaliação Econômica das Variáveis de Decisão

O objetivo do modelo de programação linear apresentado é o de maximização do retorno sobre os investimentos, obedecendo às restrições impostas.

O dado econômico comparativo, sobre o qual basear-se-á a escolha, é a viabilidade econômica de cada regime em cada unidade.

Para cada regime de manejo aplicado a cada

unidade foi elaborado um fluxo de caixa com as receitas brutas dos cortes, os custos de reforma, condução, manutenção, exploração e transporte.

Existem vários métodos de avaliação desses fluxos de caixa. Entre eles estão a taxa interna de retorno (TIR), a relação benefício-custo, o valor líquido presente (VLP), todos discutidos amplamente na literatura. Utilizar-se-á neste trabalho o valor líquido presente (VLP), que além de avaliar o fluxo de caixa permite uma quantificação dos ganhos.

O valor líquido presente, assim como os demais métodos, é aplicável à comparação de fluxos de caixa de mesmo horizonte de tempo. Como os regimes de manejo aplicados às unidades resultam em fluxos de caixa de horizonte irregular, é preciso torná-los equivalentes.

Para contornar este tipo de problema CLUTTER et alii, (1983), sugeriram dois procedimentos:

1. Considerar um valor de venda da floresta de cada unidade florestal sujeita a cada regime e somá-lo como receita no último ano de planejamento. Esta opção porém não é prática, uma vez que considera o cálculo dos valores de venda de florestas com idades diferentes.

2. Considerar que após o último corte especificado pelo regime de manejo dentro do horizonte de

planejamento, a unidade florestal será manejada para propiciar a condução de uma série infinita de ciclos de rotações economicamente ótimas, somando-se o VLP destes ciclos ao último ano de corte do horizonte de planejamento.

Os ciclos de rotações economicamente ótimos citados por CLUTTER et alii (1983), referem-se ao ciclo que proporciona o maior valor líquido presente de um fluxo de caixa periódico futuro e infinito. Este valor é considerado como o valor esperado da terra (VET), ou seja, o valor que a terra propiciaria se manejada indefinidamente com florestas.

A adição do VET ao último ano de corte do regime permite considerar que o fluxo de caixa de cada regime seja infinito, o que os torna passíveis de serem avaliados pelo valor líquido presente.

O segundo procedimento apresenta-se como a mais adequada para a resolução do problema, pois a floresta considerada está vinculada ao abastecimento industrial e, dentro de um horizonte indefinido, o solo onde se encontra será manejado para esta finalidade.

Para cada unidade calculou-se o ciclo que proporcionaria o maior VET a ser utilizado. Neste cálculo considerou-se prognoses de produção de espécies que serão introduzidas após a reforma, já possuindo uma estima-

tiva de suas produtividades.

A fórmula do VET^{1/} é a seguinte:

$$VET = \sum_{j=0}^m \frac{(R_j - C_j) \cdot (1 + t)^{m-j}}{(1 + t)^m - 1} \quad (2)$$

onde: VET= valor esperado da terra.

R_j = receita do ciclo no ano j .

C_j = custos do ciclo no ano j .

m = número de anos do ciclo em questão.

t = taxa de desconto.

O dividendo da fórmula (2) refere-se à receita líquida obtida no final do ciclo, podendo ser considerada uma receita periódica, e o divisor é o desconto da soma de uma série perpétua, sendo o VET uma aplicação do valor líquido presente a uma série periódica perpétua de pagamentos futuros.

Como os ciclos considerados na criação do modelo são de duas rotações, em geral o último corte de cada ciclo não se encerra dentro do horizonte de planejamento. Para tanto, fixaram-se os seguintes critérios:

^{1/} A fórmula do VET tem um desenvolvimento lógico em GUNTER e HANEY JR. (1984), pag. 71-83.

1. Se o intervalo de tempo entre o último corte do ciclo do regime e o final do período de planejamento permitir uma primeira rotação do ciclo economicamente ótimo, repete-se mais um ciclo do regime e a receita obtida com o último corte desse ciclo soma-se o VET.

2. Se o intervalo de tempo entre o corte do último ciclo do regime e o final do período de planejamento não permitir uma primeira rotação do ciclo economicamente ótimo, encerra-se o fluxo de caixa no corte do último ciclo do regime e soma-se o VET à receita obtida com esse corte.

3. Se o último ciclo do regime se encerrar ao final do horizonte de planejamento, soma-se o VET à receita líquida obtida com o último corte.

Estabelecidos estes critérios, calcula-se para cada fluxo de caixa o valor líquido presente (VLP) de cada alternativa, pela fórmula:

$$VLP_{ki} = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{RC_j - CS_j}{(1+t)^j} + \frac{(RC_n - CS_n) + VET_i}{(1+t)^n} \quad (3)$$

onde: VLP_{ki} = valor líquido presente por hectare do fluxo de caixa do regime k aplicado a unidade i.

RC_j = receita bruta por hectare proveniente do corte da floresta no ano j.

RC_n = receita bruta por hectare proveniente do corte da floresta no ano n .
 CS_j = custos por hectare no ano j (manutenção, condução, exploração).
 CS_n = custos por hectare no ano n (manutenção, condução, exploração).
 VET_i = valor esperado da terra para unidade i .
 t = taxa de desconto.
 n = ano do último corte do regime para efeito do fluxo de caixa.

O VLP calculado será o coeficiente do k_i regime k aplicado a unidade i na função objetivo.

4.3 Processamento do Modelo

O processamento computacional do modelo de planejamento desenvolvido, foi realizado em computador BURROUGHS 6900, instalado no Centro de Computação Eletrônica da Universidade de São Paulo, através de um programa de resolução de programação linear denominado "TEMPO".

O programa TEMPO utiliza o algoritmo Simplex de resolução. A introdução de dados exige a definição do nome de cada linha relativa ao conjunto de restrições, e de cada coluna relativa às variáveis de decisão.

As coordenadas dadas pelos nomes da coluna e da linha contém os coeficientes das variáveis de decisão em cada restrição, sendo que estas coordenadas e os coeficientes são introduzidos individualmente por um processo de digitação, seguindo a padronização do programa.

Este tipo de introdução de dados, além de demorada é passível de erros, que podem ocasionar problemas de aceitação do arquivo de dados pelo programa principal e acarretar prejuízos à solução.

Por estas razões desenvolveu-se um programa de computador, para gerar o arquivo de dados a ser acessado pelo programa TEMPO. Este programa denominado TEMPON, gera a partir de uma série de informações introduzidas e de fácil conferência, o arquivo de dados do modelo de planejamento através de três etapas específicas:

1. Gerar para cada unidade de manejo florestal os regimes de manejo adotados, alocando nos anos corretos o volume esperado de madeira por hectare, discriminadamente para celulose e energia, o que significa criar a matriz dos coeficientes de produção de cada variável de decisão, aqui denominada de matriz produção.

2. Estabelecer paralelamente à geração dos regimes para cada unidade o seu fluxo de caixa, e calcular de acordo com os critérios apresentados o valor de cada

variável de decisão na função objetivo.

3. A partir das duas primeiras etapas e dos valores das restrições elaborar arquivo de dados no padrão de aceitação do TEMPO.

4.4 Metodologia Aplicada a um Estudo de Caso

4.4.1 Descrição do Caso Estudado

A metodologia apresentada nos itens 4.1 a 4.3 foi aplicada ao planejamento de um parque florestal de propriedade de uma empresa de papel e celulose, para a qual se destina a produção madeireira.

Para efeito de planejamento a área considerada foi de 3.703,68 hectares, plantados com **Eucalyptus spp.**, com idades de 0, 1, 4, 5, 6 e 7 anos no primeiro ano de planejamento, cuja distribuição da área por idade é apresentada na tabela 2.

O parque florestal, após um levantamento de informações de cada talhão quanto à idade, área, espécie e tipo de solo, pode ser sub-dividido em 14 unidades de manejo florestal, caracterizadas na tabela 3. Estas unidades formam a base para todo o planejamento e a elas foram aplicados os 25 regimes de manejo apresentados na

tabela 1, resultando em 350 alternativas de manejo.

O horizonte de planejamento considerado foi o de 21 anos.

TABELA 2: Distribuição da área plantada com *Eucalyptus* de acordo com a idade de plantio, São Paulo 1987.

IDADE (anos)	AREA (ha)
0	1602,09
1	513,55
4	226,15
5	1026,13
6	226,96
7	108,80

4.4.2 Prognose de Produção

Os dados referentes à prognose de produção foram fornecidos pela equipe de dendrometria e inventário florestal da empresa, com base em dados reais disponíveis e em expectativas de produção.

Para cada espécie plantada em um determinado tipo de solo, a prognose foi realizada para as idades de 5 a 9 anos, para a primeira e segunda rotações, com divisão

TABELA 3 - Caracterização das unidades de manejo por idade área e número dos respectivos talhões.

UNIDADE	IDADE anos	AREA hectares	TALHOES números
1	5	252,50	111 a 119, 121, 122, 152 a 154
2	7	108,80	108 a 110
3	5	233,77	91, 93, 95, 120, 123 a 126
4	1	305,72	59, 71, 96 a 98, 100 a 107, 148, 150, 151, 176
5	6	226,96	81 a 83, 86 a 90, 92, 94
6	1	207,83	01 a 11
7	0	210,16	12 a 19, 21, 22, 84
8	0	324,79	20, 23 a 31, 35, 36, 38, 40 a 43, 54, 55
9	5	287,92	57, 58, 72 a 75, 78, 79, 146, 147
10	5	251,94	76, 77, 128 a 140, 142 a 144, 149 158
11	4	226,15	61 a 66
12	0	267,14	32 a 34, 37, 39, 44 a 53
13	0	450,00	"Fazenda REGINA"
14	0	350,00	"Fazenda GENESIO"

Observação : As Fazendas Regina e Genésio não possuem identificação por talhões.

de volumes referentes a madeira destinada para produção de celulose e para a utilização como energia.

Além das espécies plantadas foram prognosticadas espécies potencialmente produtivas a serem introduzidas após a reforma nas unidades que apresentam produtividades menores.

Para efeito de prognose, foram identificados oito conjuntos distintos de unidades de manejo, quanto à espécie/procedência e tipo de solo, estes conjuntos são apresentados na tabela 4 e as prognose de produção referentes a eles na tabela 5.

Tabela 4 : Conjuntos de unidades de manejo para efeito de prognose.

Conjunto de Unidades	Espécie/Procedência	Tipo de solo (*)	Unidades (no.)
A	E.grandis/MG	AQa	01,10,11,14
B	E.grandis/MG	LVA	06,07
C	E.grandis/BO	AQa	13
D	E.grandis/BO	AQa	04
E	E.grandis/MG	LVAa	03,05
F	E.saligna/IT	AQa	02
G	E.saligna/IT	AQh	08,12
H	E.saligna/IT	LVAa	09

(*) Tipo de solo: AQa(Areia quartzosa álica), LVA (Latosol vermelho amarelo), LVAa (Latossol vermelho amarelo álico), AQh (Areia quartzosa hidromórfica).

Tabela 3 : Projeções de produção para o conjunto de unidades consideradas.

Conjunto de Unidades Indus-	Três	Plantio atual				Plantio após reforma			
		Vol. mad. celulose (m3/ano)		Vol. mad. energia (m3/ano)		Vol. mad. celulose (m3/ano)		Vol. mad. energia (m3/ano)	
		1a. Rot.	2a. Rot.	1a. Rot.	2a. Rot.	1a. Rot.	2a. Rot.	1a. Rot.	2a. Rot.
A	5	150	96	21	32	150	96	21	32
	6	168	111	19	29	168	111	19	29
	7	181	123	16	24	181	123	16	24
	8	190	135	12	18	190	135	12	18
	9	190	190	12	18	190	190	12	18
B	5	-	115	-	38	179	107	24	36
	6	-	138	-	37	210	129	23	34
	7	-	160	-	30	233	149	20	28
	8	-	176	-	24	251	165	16	22
	9	-	176	-	24	251	165	16	22
C	5	110	70	15	24	126	81	17	27
	6	126	83	14	22	145	96	16	25
	7	138	94	12	18	158	108	14	21
	8	147	103	9	14	168	119	11	16
	9	147	103	9	14	168	119	11	16
D	5	110	70	15	24	110	70	15	24
	6	126	83	14	22	126	83	14	22
	7	138	94	12	18	138	94	12	18
	8	147	103	9	14	147	103	9	14
	9	147	103	9	14	147	103	9	14
E	5	155	99	21	33	155	99	21	33
	6	176	116	20	31	176	116	20	31
	7	193	133	17	25	193	133	17	25
	8	207	145	13	20	207	145	13	20
	9	207	145	13	20	207	145	13	20
F	5	79	54	11	19	150	96	21	32
	6	100	70	11	18	168	111	19	29
	7	117	85	10	16	181	123	16	24
	8	130	97	8	13	190	135	12	18
	9	130	97	8	13	190	135	12	18
G	5	152	97	21	33	152	97	21	33
	6	174	114	19	30	174	114	19	30
	7	190	129	16	25	190	129	16	25
	8	202	142	13	19	202	142	13	19
	9	202	142	13	19	202	142	13	19
H	5	130	88	18	30	130	88	18	30
	6	147	103	16	28	147	103	16	28
	7	159	117	14	22	159	117	14	22
	8	169	127	11	17	169	127	11	17
	9	169	127	11	17	169	127	11	17

4.4.3 Composição dos Fluxos de Caixa

Na composição dos fluxos de caixa, tanto para o cálculo ^{1/} dos 350 coeficientes da função objetivo como para a determinação dos VET, foram considerados valores reais fornecidos pela empresa para o parque florestal em questão.

Estes valores referem-se aos custos de exploração por metro cúbico de madeira de forma distinta para uso em celulose e energia, custo de reforma por hectare, custo por hectare da primeira manutenção após reforma, custo por hectare da primeira manutenção após corte, custo por hectare das demais manutenções, preços do metro cúbico de madeira para celulose e para energia.

A incorporação dos custos e receita inerentes a madeira destinada a energia visa atingir um fluxo de caixa real.

Os valores utilizados são descritos no tabela 6, assim como a taxa de desconto adotada.

^{1/} No apêndice 1 encontra-se um esquema destes cálculos

TABELA 6 : Valores considerados nos fluxos de caixa.

DISCRIMINAÇÃO		OTN de ABRIL de 87
Custo de Exploração:		
madeira para celulose(corte, remoção, carga frete)...		1.70/m3
madeira para energia(corte, remoção).....		0.63/m3
Custo de Reforma:		54.53/ha
Custo das Manutenções:		
primeira após reforma.....		13.95/ha
primeira após corte(condução).....		6.71/ha
demais manutenções.....		1.93/ha
Valor da madeira para a empresa:		
celulose, posto fábrica.....		3.76/m3
energia, posto carreador.....		2.28/m3
Taxa de desconto		12.25%
* m3 sem casca.		

4.4.4 Obtenção do Modelo de Planejamento

O modelo de planejamento formulado está vinculado ao objetivo e ao conjunto de restrições impostas para atingilo. Qualquer alteração nos valores impostos às restrições origina um novo cenário de planejamento e consequentemente, uma nova análise.

No presente estudo, mantido o objetivo de maximizar o valor líquido presente da produção florestal, quatro diferentes cenários de planejamento foram definidos

a partir da adoção parcial ou total das seguintes restrições:

1. A produção anual de madeira para celulose deverá permanecer dentro do intervalo compreendido entre limites mínimo e máximo de estéreos por ano.

2. A produção anual de madeira para energia poderá variar de acordo com a produção de madeira para celulose, devendo entretanto ser quantificada anualmente.

3. A área da fazenda deverá ser usada integralmente.

Os quatro cenários considerados foram:

1. Oscilação livre da produção anual.
2. Suprimento anual de celulose superior ao limite mínimo de 40.000 m³/ano.
3. Suprimento anual de celulose inferior ao limite máximo de 100.000 m³/ano.
4. Suprimento anual de celulose restrito a intervalos.

Em todos os cenários será quantificada o volume de madeira destinada para energia.

Todas as análises respeitam a condição referente à utilização integral da área da fazenda.

O estabelecimento destes cenários em ordem

crescente de complexidade, permitirá uma visualização dos efeitos da técnica sobre o resultado final e uma análise gradativa sobre o plano ótimo resultante poderá ser realizada, permitindo a determinação do intervalo necessário ao quarto cenário, sendo este cenário o responsável pelo plano de manejo economicamente ótimo apresentado neste trabalho.

Para a formulação do modelo usou-se a seguinte terminologia:

OBJ_{ik} = valor atual por hectare do fluxo de caixa da unidade florestal i se o regime de manejo k for utilizado.

U_{ik} = número de hectares da unidade florestal i designado ao regime de manejo k .

A_i = número de hectares da unidade florestal i .

SCN_{ijk} = volume de madeira para celulose por hectare na unidade florestal i no ano j se o regime de manejo k for utilizado.

SEX_{ijk} = volume de madeira para energia por hectare na unidade florestal i no ano j se o regime de manejo k for utilizado.

V_{ij}^{max} = volume máximo desejado para suprir a indústria no ano i .

V_{ij}^{min} = volume mínimo desejado para suprir a indústria no ano i .

A formulação do modelo pode ser expressa da seguinte forma:

MAXIMIZAR:

$$Z = \sum_{i=1}^{14} \sum_{k=1}^{25} (\text{OBJ}_{i,k}) \cdot (U R_{i,k})$$

sujeito a :

$$\text{(restrição de área)} \quad \sum_{k=1}^{25} U R_{i,k} = A_i \quad (i = 1, 2, \dots, 14)$$

$$\text{(supri/o máximo)} \quad \sum_{i=1}^{14} \sum_{k=1}^{25} \text{SCN}_{ijk} \cdot (U R_{i,k}) \leq V_{\max,j} \quad (j = 1, \dots, 21)$$

$$\text{(supri/o mínimo)} \quad \sum_{i=1}^{14} \sum_{k=1}^{25} \text{SCN}_{ijk} \cdot (U R_{i,k}) \geq V_{\min,j} \quad (j = 1, \dots, 21)$$

$$\text{(supri/o energia)} \quad \sum_{i=1}^{14} \sum_{k=1}^{25} \text{SEX}_{ijk} \cdot (U R_{i,k}) \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, 21)$$

Algumas análises poderão necessitar de todas as informações definidas, enquanto outras não.

O resultado para cada cenário é expresso através de valores imputados às variáveis $U R_{i,k}$, e significam a quantidade de hectares da unidade florestal U_i ($i=1, 2, \dots, 14$) que devem ser conduzidas através do regime de manejo R_k ($k=1, 2, \dots, 25$).

5. RESULTADOS E DISCUSSAO

5.1. Programa Gerador TEMPON

O programa de computador denominado TEMPON foi desenvolvido em linguagem FORTRAN para, a partir de informações básicas, gerar o arquivo de dados do modelo de programação linear, sendo a base para a elaboração dos quatro cenários de planejamento citados.

O fluxograma simplificado do programa TEMPON é apresentado na figura 1, e as informações do arquivo de dados necessárias a sua execução no apêndice 2. A listagem do programa encontra-se no apêndice 3.

Alguns esclarecimentos do que ocorre em cada uma das etapas do fluxograma, são apresentados a seguir:

a. Leitura dos dados:

Para facilitar o acesso de informações pelo programa, estas foram armazenadas em um arquivo de dados. A leitura deste arquivo inicia o processo do TEMPON.

b. Indexação dos coeficientes:

Com base nas idades e rotações atuais das unidades, ocorre a indexação para cada regime em cada

FIGURA 1: Fluxograma simplificado do programa TEMPON.

unidade dos anos de ocorrência de corte, sendo destinadas a produção de celulose e geração de energia.

c. Cálculo e indexação dos coeficientes das matrizes de receitas e custos:

Esta etapa se processa simultaneamente a anterior, sendo calculada e indexada as receitas nos anos de corte da floresta, e os custos de todos os anos até o último corte do regime dentro do período de planejamento.

d. Definição do último ano do fluxo de caixa para cada regime e unidade:

A matriz de produção pode encerrar-se antes ou ao final do período de planejamento, e conseqüentemente também as matrizes de receitas e custos que são geradas simultaneamente. Entretanto, de acordo com os critérios fixados para cálculo do fluxo de caixa que originará o valor dos coeficientes da função objetivo, estas duas matrizes podem ser prolongadas além do período de planejamento. Para tanto, torna-se necessária a definição, com base nestes critérios, do último ano do fluxo de caixa para cada regime em cada unidade, sendo este o cálculo realizado nesta etapa do programa.

e. Conclusão das matrizes de receitas e custos:

Definido o último ano do fluxo de caixa para cada regime em cada unidade, são concluídas as

matrizes de receitas e custos.

f. Cálculo dos coeficientes da função objetivo:

Concluídas as matrizes de receitas e custos o cálculo do coeficiente da função objetivo para cada regime em cada unidade, processa-se de acordo com a fórmula do VLP citada (3).

g. Formatação da matriz do modelo de programação linear:

O programa formata os coeficientes da função objetivo, a matriz de produção, a área de cada unidade e as restrições de suprimento de acordo com a entrada dos modelos de programação linear para o programa TEMPO.

5.2 Coeficientes da Função Objetivo

O valor líquido presente (VLP) de cada alternativa de manejo dada as unidades, calculados pelo TEMPO, revelam que, independente da unidade, todos os regimes de manejo proporcionam valores positivos, indicando que para os valores de custos, receitas e taxa de desconto utilizados a produção florestal é economicamente viável.

Estes valores, usados como coeficientes da

função objetivo do modelo, são comuns a todos os cenários de planejamento e encontram-se dispostos em ordem decrescente para cada unidade de manejo na tabela 7.

Analisando-se a tabela 7 nota-se que, exceto para as unidades 2 e 5, o regime de manejo que gera o maior VLP é o número 1, o qual apresenta o ciclo de 10 anos com duas rotações de 5 anos cada. Esta predominância pode ser explicada pelo fato de que, quanto mais próximo do início do planejamento for o lucro futuro, maior será o valor presente.

As unidades onde o regime de manejo 1 foi o de maior VLP encontram-se com idades iguais ou inferiores a cinco anos no início do período de planejamento, o que favoreceu este tipo de regime.

No caso da unidade 2, o aparecimento do regime 11 com o maior VLP pode ser devido ao fato desta unidade se encontrar com sete anos, e o regime 11 indica ciclo de 12 anos, com uma rotação de 7 e outra de 5 anos. Este manejo proporciona uma receita líquida do volume de 7 anos logo no primeiro ano de planejamento, sem a necessidade da utilização da taxa de desconto, o que eleva o VLP.

Da mesma forma ocorre algo semelhante com a unidade 5, que apresenta com maior VLP o regime 6, pois,

TABELA 7: Coeficientes da funcao objetivo, em ordem decrescente, para os regimes das unidade de manejo.

UNIDADE 1		UNIDADE 2		UNIDADE 3	
REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)
R1	560.12	R11	403.22	R1	579.22
R2	536.21	R12	393.23	R2	557.19
R6	513.49	R6	384.27	R6	537.86
R3	509.94	R13	379.06	R3	533.62
R7	494.05	R7	375.22	R7	519.95
R4	486.07	R14	363.78	R4	508.55
R8	472.10	R16	363.18	R8	500.24
R11	460.07	R1	360.32	R11	488.43
R5	459.45	R8	359.25	R5	480.21
R9	542.04	R17	356.07	R9	479.04
R12	444.34	R2	346.25	R12	473.94
R10	429.42	R18	345.06	R13	457.69
R13	426.21	R15	343.09	R10	454.83
R14	409.55	R9	342.46	R14	439.97
R16	406.64	R19	332.81	R16	437.61
R17	394.04	R3	328.65	R17	426.04
R15	390.49	R10	320.39	R15	419.44
R18	379.17	R20	315.61	R18	412.75
R19	365.42	R4	310.49	R19	398.03
R21	350.56	R21	309.30	R20	380.70
R20	349.40	R22	304.63	R21	377.53
R22	340.65	R23	296.31	R22	368.58
R23	328.59	R5	287.21	R23	357.97
R24	317.35	R24	286.67	R24	345.93
R25	303.99	R25	272.49	R25	331.47

continuacao TABELA 7:

UNIDADE 4		UNIDADE 5		UNIDADE 6	
REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)
R1	239.80	R6	603.36	R1	356.38
R2	231.64	R7	585.81	R6	344.99
R6	223.87	R1	579.22	R2	331.75
R3	221.53	R8	563.68	R11	326.79
R7	217.16	R2	557.19	R7	325.74
R4	211.28	R11	550.43	R16	315.61
R8	208.67	R9	539.89	R12	313.09
R11	202.77	R12	534.16	R3	303.96
R9	199.99	R3	533.62	R17	298.42
R5	199.37	R13	515.92	R8	298.05
R12	197.39	R10	512.71	R21	293.71
R13	190.39	R4	508.55	R13	287.36
R10	189.79	R14	496.03	R22	279.31
R14	183.15	R16	493.38	R18	274.80
R16	179.78	R17	480.39	R4	272.25
R17	175.57	R5	480.21	R9	267.63
R15	174.50	R15	472.99	R14	258.66
R18	169.86	R18	465.48	R23	258.23
R19	163.88	R19	448.95	R19	247.97
R20	156.61	R20	429.50	R5	234.24
R21	153.73	R21	425.94	R24	233.65
R22	150.56	R22	415.90	R10	230.81
R25	146.43	R23	403.99	R15	223.44
R23	146.00	R24	390.47	R20	214.47
R24	141.13	R25	374.24	R25	202.21

continuacao TABELA 7:

UNIDADE 7		UNIDADE 8		UNIDADE 9	
REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)
R1	315.56	R1	262.16	R1	485.68
R6	305.41	R6	249.85	R2	467.37
R2	294.81	R2	239.99	R6	447.36
R11	294.36	R11	239.48	R3	446.15
R7	288.26	R7	231.96	R7	432.58
R16	279.24	R16	225.75	R4	424.28
R12	276.99	R12	221.02	R8	414.86
R3	268.85	R3	215.96	R11	402.65
R17	263.93	R21	209.60	R5	400.42
R8	263.59	R8	209.35	R9	396.42
R21	259.73	R17	209.20	R12	390.78
R13	254.07	R13	200.07	R13	376.18
R22	246.90	R22	195.18	R10	376.09
R18	242.88	R4	191.88	R14	360.79
R4	240.62	R18	189.97	R16	358.23
R9	236.49	R9	186.48	R17	348.82
R14	228.50	R14	178.66	R15	343.61
R23	228.12	R23	177.86	R18	336.87
R19	218.98	R19	170.06	R19	324.09
R5	206.75	R5	164.21	R20	309.61
R24	206.22	R10	159.93	R21	308.59
R10	203.69	R24	159.62	R22	301.33
R15	197.13	R15	153.43	R23	291.71
R20	189.14	R20	146.18	R24	281.23
R25	178.21	R25	137.25	R25	269.14

continuacao TABELA 7:

UNIDADE 10		UNIDADE 11		UNIDADE 12	
REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)
R1	560.12	R1	497.06	R1	262.16
R2	536.21	R2	475.76	R6	249.85
R6	513.49	R6	455.52	R2	239.99
R3	509.95	R3	452.36	R11	239.48
R7	494.05	R7	438.20	R7	231.96
R4	486.07	R4	431.09	R16	225.75
R8	472.10	R8	418.65	R12	221.02
R11	460.07	R11	407.93	R3	215.96
R5	459.45	R5	407.39	R21	209.60
R9	452.04	R9	400.78	R8	209.35
R12	444.34	R12	393.92	R17	209.20
R10	429.42	R10	380.63	R13	200.07
R13	426.21	R13	377.77	R22	195.18
R14	409.55	R14	362.93	R4	191.88
R16	406.64	R16	360.33	R18	189.97
R17	394.04	R17	349.11	R9	186.48
R15	390.49	R15	345.94	R14	178.66
R18	379.17	R18	335.86	R23	177.86
R19	365.42	R19	323.61	R19	170.06
R21	350.56	R21	310.37	R5	164.21
R20	349.40	R20	309.34	R10	159.93
R22	340.65	R22	301.54	R24	159.62
R23	328.59	R23	290.80	R15	153.43
R24	317.35	R24	280.79	R20	146.18
R25	303.99	R25	268.89	R25	137.25

continuacao TABELA 7:

UNIDADE 13		UNIDADE 14	
REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)	REGIME	COEFIC. F. O.(OTN)
R1	223.57	R1	306.38
R2	214.70	R2	293.12
R6	207.71	R6	280.37
R3	204.18	R3	278.39
R7	200.37	R7	269.47
R4	193.80	R4	264.99
R8	191.53	R8	257.15
R11	187.00	R11	250.40
R9	182.74	R5	250.06
R5	182.03	R9	245.89
R12	181.17	R12	241.57
R13	173.85	R10	233.20
R10	172.67	R13	231.40
R14	166.53	R14	222.05
R16	164.96	R16	220.42
R17	160.33	R17	213.35
R15	158.04	R15	211.35
R18	154.42	R18	205.01
R20	151.71	R20	202.56
R19	148.39	R19	197.29
R21	140.38	R21	188.95
R24	139.62	R24	186.79
R22	136.84	R22	183.39
R25	133.22	R25	178.53
R23	132.12	R23	176.62

esta unidade encontra-se com 6 anos ,e o regime 6 é composto de uma rotação de 6 e outra de 5 anos, gerando no primeiro ano de planejamento uma receita líquida do volume de seis anos.

Apesar das particularidades dos regimes que apresentam maior VLP, isto não significa que, nos resultados gerados pelo modelo para cada cenário, eles estejam incluídos, uma vez que, outras variáveis participam deste processo de escolha.

Ainda na tabela 7, percebe-se que os regimes de manejo com ciclos mais extensos, como os regimes 23,24 e 25 aparecem na maioria das unidades nas últimas colocações. Isto explica-se por estes regimes apresentarem receitas líquidas maiores num futuro mais distante, porém, quando atualizadas para o valor presente tornam-se proporcionalmente menores as obtidas por regimes que permitem receitas mais próximas ao início do período de planejamento.

5.3 Análise dos Cenários de Planejamento

Para cada cenário de planejamento foram obtidos valores distintos da função objetivo, da produção total de madeira para celulose, da produção média anual e

de seu respectivo coeficiente de variação, (tabela 8).

TABELA 8: Resumo dos resultados dos cenários de planejamento estudados.

CENARIO	VALOR F.O.(*) OTN	VOL.MADEIRA CELULOSE m3	PROD.MEDIA ANUAL m3/ano	COEF.VARIACAO %
1	1427727,16	1920263,45	91441,12	134,5
2	1364455,28	1855052,54	88335,83	83,8
3	1324142,18	1685064,42	80241,16	39,6
4	1295480,50	1729832,49	82372,97	24,5

* F.O.= função objetivo.

Os planos de manejo de cada cenário, junto com as suas produções anuais de madeira, serão apresentados separadamente. As produções de madeira para energia, dada a sua não utilização efetiva na produção de celulose não serão discutidas para os cenário.

Deve-se ressaltar que, dentro das características de cada cenário, o plano de manejo obtido é o economicamente ótimo, o que significa que qualquer alteração na estratégia obtida ocasionará um decréscimo no valor da sua função objetivo.

5.3.1 Cenário no. 1: Oscilação livre da produção anual.

Neste cenário o modelo de programação linear não sofre a imposição de restrições quanto ao suprimento anual de madeira para celulose.

Desta forma a produção anual pode oscilar livremente para obter a maximização da função objetivo.

A tabela 9 indica a estratégia de manejo para cada unidade, com referência aos regimes de manejo escolhidos e área a eles destinadas nas unidades.

TABELA 9: Estratégia de manejo para o cenário 1.

UNIDADE - REGIME	A R E A (ha)
U1R1	252.50
U2R11	108.80
U3R1	233.77
U4R1	305.72
U5R6	226.96
U6R1	207.83
U7R1	210.16
U8R1	324.79
U9R1	287.92
U10R1	251.94
U11R1	226.15
U12R1	267.14
U13R1	450.00
U14R1	350.00

Nota-se na tabela 9 que para cada unidade o modelo determinou apenas um regime para manejar toda sua

área. Estes regimes escolhidos são aqueles que, para a unidade, apresentam o maior valor do coeficiente da função objetivo.

Este resultado deve-se ao fato de que, com o modelo livre de restrições de suprimento, a única imposição a ser respeitada é a de manejar integralmente a área da unidade. Desta forma, para maximizar a função objetivo, o modelo indica para o manejo da unidade o regime que apresentar o maior VLP.

Dadas as características deste cenário, nenhum outro que possa ser simulado para este modelo será capaz de gerar um valor da função objetivo superior.

A adoção desta estratégia de manejo possibilita obter o valor de 1.427.727,16 OTN para a função objetivo, e as produções de madeira para celulose e energia são apresentadas na tabela 10.

Uma análise da tabela 10 mostra que a oscilação da produção varia de zero a 346.971 m³/ano, sendo este tipo de variação registrada ao longo do período de planejamento, como pode ser observado na representação do fluxo de produção na figura 2.

Nesta, ficam evidentes as grandes oscilações da produção anual, o que compromete qualquer tentativa de

TABELA 10: Produções de madeira para o cenário 1, com oscilação livre da produção anual

SUPRIMENTO DE MADEIRA (m3/ano)		
ANO	CELULOSE	ENERGIA
1	202004.51	26312.17
2	33922.50	4749.15
3	0.00	0.00
4	0.00	0.00
5	57529.65	12483.34
6	308836.28	83561.94
7	21710.40	7236.80
8	0.00	0.00
9	0.00	0.00
10	58601.97	12325.20
11	342021.95	60159.34
12	73867.46	9288.35
13	19692.80	1740.80
14	0.00	0.00
15	55867.01	12067.68
16	286010.76	74593.54
17	44179.44	14726.48
18	10444.80	3481.60
19	0.00	0.00
20	58601.97	12325.20
21	346971.95	61509.34
T O T A L	1920263.45	396560.93
F. O. =	1427727.16	OTN

dimensionamento de equipes de trabalho ou outras medidas operacionais, além de provocar ora déficit ora superávit no fornecimento de madeira à indústria.

Como a produção em questão está vinculada ao abastecimento industrial, este cenário dentro deste modelo, não é o mais indicado, pois mesmo proporcionando o maior retorno aos investimentos o coeficiente de variação da produção é de 134,5% (tabela 8), sendo considerado para populações experimentais, extremamente elevado por FONSECA e MARTINS (1982).

FIGURA 2: Distribuição do suprimento de madeira para celulose ao longo do período de planejamento do cenário 1.

5.3.2 Cenário no. 2: Limite mínimo da produção em 40.000 m³/ano.

Este cenário introduziu no modelo a restrição

celulose maior ou igual a 40.000 m³.

O suprimento de 40.000 m³/ano foi considerado um volume fácil de ser atingido nas dimensões da área a ser planejada, de forma a não tornar inviável a resolução do cenário, possibilitando uma análise do fluxo de produção nestas condições.

As unidades 3,5,9 e 13 (tabela 11) serão manejadas por mais de um regime, tendo sua área subdividida. Estas sub-divisões fazem parte da lógica da programação linear e são baseadas no pressuposto da divisibilidade.

Verifica-se, ainda, que as demais unidades serão manejadas por um único regime, sendo aquele que proporciona o maior VLP. Observa-se que, para respeitar a restrição de suprimento anual imposta, o modelo não se diferenciou muito da estratégia do cenário anterior.

Os resultados da produção de madeira para celulose e energia, e do valor da função objetivo gerados com esta estratégia encontram-se na tabela 12.

O valor da função objetivo de 1.364.455,28 OTN, decresceu em relação ao cenário anterior em 4,4%, devido a presença da restrição de suprimento anual e às poucas alterações na estratégia de manejo.

TABELA 11: Estratégia de manejo para o cenário 2.

UNIDADE - REGIME	A R E A (ha)
U1R1	252.50
U2R11	108.80
U3R8	30.14
U3R12	10.40
U3R16	193.23
U4R1	305.72
U5R6	146.20
U5R7	80.76
U6R1	207.83
U7R1	210.16
U8R1	324.79
U9R1	51.89
U9R9	102.22
U9R7	133.81
U10R1	251.94
U11R6	226.15
U12R1	267.14
U13R1	128.40
U13R6	203.83
U13R7	61.53
U13R11	56.24
U14R1	350.00
AREA TOTAL	3703.68

TABELA 12: Produções de madeira para o cenário 2, cujas restrições são :
1 ao 21 ano: produção superior a 40.000,00 m3/ano.

SUPRIMENTO DE MADEIRA (m3/ano)		
ANO	CELULOSE	ENERGIA
1	135086.47	17154.49
2	40000.00	4379.16
3	40000.00	4473.61
4	40000.00	2512.08
5	57529.65	12483.34
6	221552.05	61277.78
7	42802.97	6218.46
8	40000.00	10773.85
9	40000.00	10396.28
10	58601.97	12325.20
11	252592.10	43283.33
12	40000.00	7815.98
13	42949.46	6059.29
14	53019.77	5932.39
15	80840.44	14811.30
16	203582.58	54507.89
17	54474.23	7336.82
18	40000.00	6742.86
19	40000.00	10724.71
20	78016.32	15974.73
21	254004.53	43668.53
T O T A L	1855052.54	358852.08
F. O. =	1364455.28	OTN

A produção anual limitada em um patamar mínimo (tabela 12) não impediu que houvessem grandes variações na produção, que permaneceram entre 40.000 m³/ano e 254.000 m³/ano.

Mesmo com a ocorrência de variações desta grandeza, verifica-se (figura 3) que, em dezesseis anos, a produção variou entre 40.000 m³/ano e 80.840 m³/ano formando um perfil de produção entre estes dois limites.

FIGURA 3: Distribuição do suprimento de madeira para celulose ao longo do período de planejamento do cenário 2.

Entretanto o fluxo de produção durante o período de planejamento apresentou um coeficiente de variação de 85,8%, demonstrando que o resultado deste cenário também não é o mais adequado do ponto de vista operacional.

5.3.3 Cenário no. 3: Limite máximo da produção em 100.000 m³/ano.

Nos dois cenários anteriores as variações entre as produções anuais resultaram em coeficientes de variação elevados, uma vez que apresentaram-se superiores a 50% e indicando desta forma um alto grau de dispersão e consequentemente pequena representatividade da média (FONSECA e MARTINS, 1982).

A imposição de um limite superior à produção objetivou restringir a possível ocorrência de picos de produção a um valor pré-determinado, verificando o comportamento do modelo frente a esta situação.

O limite superior fixado em 100.000 m³/ano foi considerado como um valor pouco restritivo nas condições de planejamento, levando-se em conta que as médias do primeiro e do segundo cenário foram 91.441,12 m³/ano e 88.335,83 m³/ano, respectivamente.

Para este cenário o modelo estabelece uma estratégia de manejo diversificada em relação aos anteriores, na qual a maioria das unidades são manejadas por mais de um regime, o que pode ser verificado na tabela 13.

Esta diferenciação indica que, a medida que

TABELA 13: Estratégia de manejo para o cenário 3.

UNIDADE - REGIME	A R E A (ha)
U1R1	252.50
U2R11	23.20
U2R13	85.60
U3R6	147.35
U3R12	86.42
U4R1	305.72
U5R6	207.76
U5R7	19.20
U6R1	207.83
U7R3	129.86
U7R13	78.07
U7R18	2.23
U8R1	244.94
U8R2	79.85
U9R6	77.05
U9R7	210.87
U10R1	63.00
U10R6	188.94
U11R6	226.15
U12R2	267.14
U13R13	111.15
U13R16	338.85
U14R1	160.88
U14R6	111.36
U14R11	1.82
U14R16	75.94

as restrições tornam-se mais inflexíveis, o modelo, no seu processo de interações para obter uma solução ótima, faz com que a estratégia de manejo seja mais segmentada.

Nota-se que o valor da função objetivo de 1.685.064,42 OTN foi menor que as anteriores (tabela 8), decréscimo este atribuído ao tipo de restrição de suprimento imposta.

O modelo apresentou, conforme tabela 14 e figura 4, uma solução com 13 anos do período de planejamento atingindo o limite máximo de produção; 5 anos com produções entre 54.000 e 95.400 m³/ano; e 3 anos com produções inferiores a 25.000 m³/ano, proporcionando uma média de 80.241 m³/ano e um coeficiente de variação da produção de 39,6%, (tabela 8).

O fluxo de produção deste cenário, em relação aos anteriores, apresenta maior uniformidade evidenciada pelo menor valor do seu coeficiente de variação.

Entretanto, percebe-se que o quarto ano de planejamento não apresenta produção (figura 4), tornando este cenário impróprio ao manejo da floresta em questão, pelo não fornecimento de matéria-prima à indústria e pelas consequências mencionadas anteriormente.

TABELA 14 :Produções de madeira para o cenário 3, cujas restrições são :

1 ao 21 ano: produção máxima de 100.000,00 m3/ano.

SUPRIMENTO DE MADEIRA (m3/ano)		
ANO	CELULOSE	ENERGIA
1	100000.00	12252.76
2	100000.00	11143.61
3	54671.46	5765.92
4	0.00	0.00
5	57529.65	12483.34
6	100000.00	28831.11
7	100000.00	26341.15
8	100000.00	22178.46
9	74338.93	6639.77
10	58601.97	12325.20
11	100000.00	16917.34
12	100000.00	15005.71
13	100000.00	11699.79
14	100000.00	18233.07
15	100000.00	16999.47
16	95416.59	23062.15
17	20568.37	6856.12
18	100000.00	26488.34
19	23937.45	7831.96
20	100000.00	21894.67
21	100000.00	16917.34
T O T A L	1685064.42	357290.21
F. O. = 1324142.18 OTN

Figura 4: Distribuição do suprimento de madeira para celulose ao longo do periodo de planejamento do cenário 3.

5.3.4 Cenário no. 4 : Produção anual restrita a intervalos

Neste cenário, os valores das restrições anuais que atuam sobre a produção de madeira para celulose, não são iguais para todos os anos do horizonte de planejamento.

Tais diferenças estão associadas aos aumentos de produtividade esperada no decorrer do período considerado, e foram estabelecidas através de simulações.

Estas simulações foram iniciadas com a produção variando entre 40.000 e 100.000 m3/ano, todavia, em alguns anos este limites eram impossíveis de serem

satisfeitos. Através do exame dos anos onde não ocorriam o preenchimento destas restrições, e de novas simulações, pode-se detectar onde deveriam ser realizadas alterações, obtendo-se os três intervalos de produção apresentados a seguir:

1. Do 1o. ao 5o. ano : 65.000 a 100.000 m³/ano.
2. No 6o. ano : 65.000 a 130.000 m³/ano.
3. Do 7o. ao 21o. ano : 70.000 a 110.000 m³/ano.

A tabela 15 apresenta a estratégia de manejo referente a estes intervalos, onde pode-se observar a segmentação das áreas devido a maior inflexibilidade das restrições.

Com esta estratégia a produção oscilou de 65.000 a 127.700 m³/ano (tabela 16), com uma média anual de 82.373 m³/ano e coeficiente de variação de 24,5% (tabela 8), sendo o mais baixo entre os quatro cenários analisados.

A figura 5 ilustra o comportamento do fluxo de produção, cuja confrontação com os fluxos dos demais cenários realçam a sua maior homogeneidade.

Apesar de apresentar o menor retorno econômico, dentre os cenários estudados, representado pelo valor da função objetivo de 1.295.480,5 OTN, este cenário, dados seus resultados de produção, torna-se o mais indicado

TABELA 15: Estratégia de manejo para o cenário 4.

UNIDADE	- REGIME	A R E A
	(ha)	(ha)
U1R6		212.69
U1R11		39.81
U2R11		108.80
U3R16		130.22
U3R17		67.46
U3R21		36.09
U4R1		305.72
U5R6		226.96
U6R1		207.83
U7R2		9.26
U7R3		174.36
U7R4		26.54
U8R1		324.79
U9R8		78.49
U9R12		66.94
U9R16		142.49
U10R1		95.81
U10R7		105.53
U10R11		50.59
U11R6		226.15
U12R1		97.00
U12R2		170.15
U13R6		6.45
U13R7		281.51
U13R16		162.04
U14R1		328.30
U14R6		21.70
AREA TOTAL		3703.68

para a obtenção de um fluxo de madeira para celulose com pouca oscilação, o que é desejável quando se destina esta produção a uma escala industrial.

Figura 5: Distribuição da produção anual restrita a intervalos inferior e superior.

Por ser o cenário, dentro deste modelo, mais apropriado à cadeia de verticalização industrial, organizou-se com base nos dados da tabela 15 um cronograma geral de planejamento de onde podem ser extraídas informações indispensáveis à administração da floresta, que será apresentado no item 5.4.

5.4. Cronograma Geral de Planejamento baseado no cenário 4.

O cronograma geral de planejamento é apresentado na tabela 17, onde podem ser encontrados para

cada ano do horizonte de planejamento as unidades em corte, o regime de manejo aplicado a estas unidades - se no ano em questão o regime gera um corte e condução (CC) ou corte e reforma (CR), a área destinada a cada regime, a área total em exploração por ano, os volumes parciais esperados para cada unidade e o volume total de madeira para celulose.

Através destas informações, pode-se estabelecer previamente a organização dos pátios de madeira; o dimensionamento e treinamento de equipes de trabalho para exploração e manutenção; os dados necessários à organização dos viveiros e operações de plantio; a lógica do deslocamento de máquinas, equipamentos e mão de obra; o calendário dos cortes e a quantificação de qualquer recurso produtivo pertinente.

Permite ainda, após os cortes, verificar os dados de produção obtidas com as esperadas, analisando-se dentro de variações aceitáveis para a empresa se as prognoses de produção estão sendo confirmadas, o que pode indicar, quando necessário, revisões em todo o planejamento efetuado.

TABELA 17: Cronograma geral de planejamento do cenário 4.

ANO	UNIDAD	REGIME	MANEJO	AREA ha	MADEIRA CELULOSE m3
1	2	11	CC	108.80	12729.60
	5	6	CC	226.96	39944.96
	10	1	CC	95.81	14371.98
SUB-TOTAL 01				431.57	67046.54
2	1	6	CC	212.69	35732.15
	9	8	CC	78.49	11538.35
	10	7	CC	105.53	17729.50
SUB-TOTAL 02				396.71	65000.00
3	1	11	CC	39.81	7205.36
	9	12	CC	66.94	10643.91
	10	11	CC	50.59	9157.53
	11	6	CC	226.15	37993.20
SUB-TOTAL 03				383.49	65000.00
4	3	16	CC	130.22	26956.01
	3	17	CC	67.46	13964.03
	9	16	CC	142.48	24079.96
SUB-TOTAL 04				340.16	65000.00
5	3	21	CC	36.09	7470.35
	4	1	CC	305.72	33629.20
	6	1	CR	207.83	23900.45
SUB-TOTAL 05				549.64	65000.00
6	2	11	CR	108.80	5875.20
	5	6	CR	226.96	22469.04
	8	1	CR	324.79	31504.63
	10	1	CR	95.81	9198.07
	12	1	CR	96.99	9408.49
	14	1	CC	328.29	49244.90
SUB-TOTAL 06				1181.64	127700.33
7	1	6	CR	212.69	20418.37
	7	2	CR	9.26	1279.23
	12	2	CR	170.14	19396.56
	13	6	CC	6.45	812.06
	13	7	CC	281.51	35470.52
	14	6	CC	21.70	3645.71
SUB-TOTAL 07				701.75	81022.45

continuação TABELA 17:

ANO	UNIDADE	REGIME	MANEJO	AREA ha	MADEIRA CELULOSE m3
8	1	11	CR	39.81	3821.63
	7	3	CR	174.35	27896.81
	10	7	CR	105.53	11714.13
	10	11	CR	50.59	4857.03
	11	6	CR	226.15	21710.40
SUB-TOTAL 08				596.43	70000.00
9	3	16	CR	130.22	12892.00
	7	4	CR	26.54	4671.46
	9	8	CR	78.49	9183.58
	9	12	CR	66.94	6895.11
	9	16	CR	142.48	12538.67
	13	16	CC	162.03	23819.18
SUB-TOTAL 09				606.70	70000.00
10	3	17	CR	67.46	7825.25
	3	21	CR	36.09	3572.78
	4	1	CR	305.72	21400.40
	6	1	CC	207.83	37201.57
SUB-TOTAL 10				617.10	70000.00
11	8	1	CC	324.79	49368.08
	10	1	CC	95.81	14371.98
	12	1	CC	96.99	14743.20
	14	1	CR	328.29	31516.74
SUB-TOTAL 11				845.88	110000.00
12	5	6	CC	226.96	39944.96
	7	2	CC	9.26	1658.00
	12	2	CC	170.14	25862.08
	13	6	CR	6.45	451.70
	14	6	CR	21.70	2083.26
SUB-TOTAL 12				434.51	70000.00
13	1	6	CC	212.69	35732.15
	2	11	CC	108.80	19692.80
	7	3	CC	174.35	31209.55
	13	7	CR	281.51	23365.50
SUB-TOTAL 13				777.35	110000.00
14	7	4	CC	26.54	4751.09
	10	7	CC	105.53	17729.49
	11	6	CC	226.15	37993.20
	13	16	CR	162.03	11342.46
SUB-TOTAL 14				520.25	71816.24

continuação tabela 17.

ANO	UNIDAD	REGIME	MANEJO	AREA ha	MADEIRA CELULOSE m3
15	1	11	CC	39.81	7205.36
	4	1	CC	305.72	33629.20
	6	1	CR	207.83	22237.82
	9	8	CC	78.49	11538.35
	10	11	CC	50.59	9157.53
SUB-TOTAL 15				682.44	83768.26
16	8	1	CR	324.79	31504.63
	9	12	CC	66.94	10643.91
	10	1	CR	95.81	9198.07
	12	1	CR	96.99	9408.49
	14	1	CC	328.29	49244.90
SUB-TOTAL 16				912.82	110000.00
17	3	16	CC	130.22	26956.01
	5	6	CR	226.96	22469.04
	9	16	CC	142.48	24079.96
SUB-TOTAL 17				499.66	73505.01
18	1	6	CR	212.69	20418.37
	2	11	CR	108.80	10444.80
	3	17	CC	67.46	13964.03
	7	2	CR	9.26	1194.87
	12	2	CR	170.14	19396.56
	13	6	CC	6.45	935.66
	14	6	CC	21.70	3645.71
SUB-TOTAL 18				596.50	70000.00
19	3	21	CC	36.09	7470.35
	11	6	CR	226.15	21710.40
	13	7	CC	281.51	40819.25
SUB-TOTAL 19				543.75	70000.00
20	1	11	CR	39.81	3821.63
	4	1	CR	305.72	21400.40
	6	1	CR	207.83	37201.57
	7	3	CR	174.35	25978.90
	10	11	CR	50.59	4857.03
	10	7	CR	105.53	11714.13
SUB-TOTAL 20				883.83	104973.66
21	8	1	CC	324.79	49368.08
	10	1	CC	95.81	14371.98
	12	1	CC	96.99	14743.20
	14	1	CR	328.29	31516.74
SUB-TOTAL 21				845.88	110000.00
TOTAL GERAL				13348.06	1729832.49

6 - CONCLUSOES e SUGESTOES

A programação linear aplicada ao planejamento de florestas verticalizadas de eucaliptos, apresentou-se como um instrumento estratégico dos pontos de vista econômico e operacional, permitindo desta forma atingir um plano de manejo economicamente ótimo para produção de madeira para indústrias.

O programa gerador TEMPON mostrou-se eficiente no auxílio da criação da matriz de programação linear, dinamizando os cálculos necessários e minimizando a ocorrência de erros.

Todos os coeficientes da função objetivo são positivos, podendo-se afirmar que, para as condições estipuladas, independente da estratégia de manejo a ser obtida, a atividade florestal é economicamente viável.

Para as características da área florestal considerada, o regime que proporcionou o maior VLP para a maioria das unidades foi o número 1, que apresenta um ciclo de 10 anos.

No presente modelo de programação linear, a

análise de diferentes cenários de planejamento permitiu o desenvolvimento lógico do caminho para se determinar a estratégia de manejo mais apropriada ao problema em questão.

A análise econômica da estratégia de manejo, não determina que essa seja a melhor opção do ponto de vista operacional.

Quanto mais inflexíveis as restrições impostas ao modelo, menor o valor da função objetivo obtida, e maior a segmentação das áreas das unidades nas estratégias de manejo.

O presente trabalho limitou-se a aplicação de uma única taxa de desconto, sendo que para estudos posteriores sugere-se a utilização de mais de uma taxa analisando-se as diferenças obtidas, econômica e operacionalmente.

As prognoses de produção da forma como foram utilizadas tornam o modelo de programação linear determinista, em modelos posteriores estratégias não determinísticas devem ser estudadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARROS, O. & WEINTRAUB, A. - Planning for a vertically integrated forest industry. *Operations Research*, s.l., 30(6):1168-1182, nov/dec. 1982.
- BENEKE, R. & WINTERBOER, R. - **Linear programming to agriculture**. Ames, Iowa State University Press, 1973, cap.3, p.37-77.
- BUONGIORNO, J. & MICHIE, B.R. - A matrix model of uneven-aged forest management. *Forest Science*, Washington, 26(4):609-25, 1980.
- CESAL, L.C. - O uso da programação linear na programação de cortes florestais. In: **SIMPOSIO FLORESTAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**, 4., Viçosa, 1970, Anais. Viçosa, ESF/EFV, 1970, p.46-75.
- CHIANG, A. **Matemática para economistas**. Trad. R.C. MORAES, São Paulo, EDUSP/McGRAW HILL, 1982, cap.4 e 6.
- CLUTTER, J. L. **MAX-MILLION - a computerized forest management planning system**. Sch. Forest Resources, Georgia University, 1968, 61p.
- CLUTTER, J. L., J. C. FORTSON, e L. V. PIENAAR. **MAX-MILLION II, a computerized forest management planning system**. Athens, Georgia, 1978.
- CLUTTER, J. L. et alii. **Timber Management - a quantitative approach**. John Wiley & Sons, Inc., 1983, 333p.
- CONVERSE, A.O. - **Otimização**. Trad. A. R. NETO, São Paulo, EDUSP/EDART, 1977, 262p.

- COUTU, A.J. & ELLERSTEN, B.W. - Farm forestry planning through linear programming. **TVA Report**, Norris, (8):236-60, 1960.
- CURTIS, F.H. Linear programming, the management of a forest property. **Journal Forest**, Bethesda. 60:611-616, 1982.
- DOWLING, E.T. **Matemática aplicada a economia e administração**. Trad. H.C.E. CARMO, 1a. Edição, São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1981, p.252-331.
- FONSECA, J.S. da e MARTINS, G. de A. - **Curso de Estatística**. 3a. Edição. São Paulo, ATLAS, 1982. p.127-128.
- GAJ, L. Conjuntura e planejamento de longo-prazo. In: **CONGRESSO ANUAL DA ABCP**, 7., São Paulo, 1975, Anais. São Paulo, ABCP, 1975, 17-21.
- GUNTER, J. E. & H. L. HANEY Jr. **Essentials of forestry investment analysis**. OSU Book Stores Inc, Corvallis, OR. 1984, 345p.
- HADLEY, G. **Linear programming**. 2 ed. Massachusetts, Addison Wesley, 1963. 520p.
- HAGG, A. - A linear programming model for short term planning of saw-log acquisition saw-mill production and sale. **Research notes Royal College of Forestry, Department of Forest Products**, Stockholm, (82):74-8, 1973.
- HEADY, E.O. & CANDLER W. **Linear programming methods**. 7 ed. Michigan, Iowa State University Press, 1973. 597p.
- HOGANSON, H.M. & ROSE, D.W. A simulation approach for optimal timber management. **Management Scheduling**, s.l., 30(1):220-38, 1984.
- HOSOKAWA, R.T. & MENDES, J.B. - Planejamento florestal (Técnicas para manutenção da contribuição do setor florestal à economia nacional). **Revista Floresta**, Curitiba, 15(1/2):4-7, 1984.

- JOHNSON, K. N. & H. L. SCHEURMAN. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives - discussion and synthesis. **Forest Sci. Monograph 18**, Bethesda, 1977.
- JOHNSON, K.N. - A comment on "Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives - discussion and synthesis". **FOREST SCIENCE**, Bethesda, 23(4):444-445, 1977.
- JOHNSON, K. N., D. B. JONES & B. M. KENT. 1980. Forest planning model (FORPLAN): user's guide and operations manual. **USDA For. Serv.**, Land Management Planning, Fort Collins, 1980.
- JOHNSON, K.N. & TEDDER, P.L. - Linear programming vs binary search in periodic harvest level calculation. **Forest Science**, Bethesda, 29(3):569-81, set., 1983.
- KIDD, W. E., E. F. THOMPSON & P. H. HOEPNER. Forest regulation by linear programming - a case study. **Journal Forest**, Bethesda, 64:611-613, 1966.
- KMENTA, J. - **Elementos de Econometria**. Trad. C.R.V. ARANJO. São Paulo, Atlas, 1978, p. 44-50.
- LANZER, E.A. - **Programação linear: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1982, 258p.
- LEAK, W. B. Estimating maximum allowable timber yields by linear programming. **USDA For. Serv.**, Res. Paper NE-17, 1964.
- LEUSCHNER, W. A. **Introduction to Forest Resource Management**. John Wiley & Sons, Inc. 1984, 298p.
- LOUCKS, D. P. The development of an optimal program for sustained-yield management. **Journal Forest**, Bethesda, 62:485-490, 1964.

- MCGUIGAN, B.N. - A log resource allocation model to assist forest industry managers in process selection and location, wood allocation and transportation and production planning. *APPITA*, Melbourne, 37(4):289-96, 1984.
- NAUTIYAL, J. C. & P. H. PEARSE.- Optimising the conversion to sustained yield - a programming solution. *Forest Science*, Washington, 13(2):131-39, jun. 1967.
- NAZARETH, L. A land management model using Dantzig-Wolfe decomposition. *Management Science*, s.l., 26(5):510-23, 1980.
- NAVON, D. I. Timber RAM ... a long range planning method for comercial timber lands under multiple-use management. *USDA For. Serv.*, Res Paper PNW-70, 1971.
- RODRIGUEZ, L.C.E. et alii - Programação linear no planejamento florestal: uma aplicação prática. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., Olinda, 1986. Edição Especial. Olinda, 1986, 163-68.
- RODRIGUEZ, L.C.E. & LIMA, A.B.N.P.M. - A utilização da programação linear na determinação de um estratégia ótima de reforma de um talhão florestal. IPEF, Piracicaba, (31):47-53, dez., 1985.
- SAMPSON, G.R. - Effects of oversimplification inherent in L.P. models of primary wood processing operations. *Forestry Products Journal*, Madison, 29(5):23-7, mai. 1979.
- SESSIONS, J. & FILIPPETTO, L.S. - Determinação de custos marginais em níveis alternativos de produção. *Brasil Florestal*, Brasília, 14(60):56-9, 1984.
- TAUBE NETTO, M. - Um modelo de programação linear para o planejamento de florestas de Eucalyptus. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, 4(1):19-38, 1984.
- VON GADOW, K. - The principle of sustentation in forestry planning. *South African Forestry Journal*, Johannesburg, (114):25-8, sep. 1980.

VON GADOW, K. - Application of linear programming in forestry: annual planning of operations. **South African Forestry Journal**, Pretoria, (122):28-33, sep., 1982.

WARDLE, P. A. - The application of linear programming to the solution of forest management problems. In: **WORLD FORESTRY CONGRESS**, 6., Madrid, 1986. **Proceeding**. Madrid, 1986, 3:4011-13

WARE, G. O. & J. L. CLUTTER. A mathematical programming system for the management of industrial forestes. **Forest Science**, 17:428-445, 1971.

WEINTRAUB, A. & NAVON, D. - A forest management planning model integrating and transportation activities. **Management Science**, 22(12):1299-1309, aug., 1976.

WEIR, I. C. A. - Planning of wood production using systems analysis. **APPITA**, Melbourne, 26(2):107-12, 1972.

APENDICES

APENDICE 1 - Esquema de cálculo do fluxo de caixa.

Dados: Espécie - Eucalyptus grandis/MG
 Tipo de solo - Areia quartzosa alica
 Unidade - 01
 Rotação - 1
 Idade - 5 anos
 Regime de manejo - 1 (5/5)

1. Cálculo do VET:

VET = 282,3095 OTN's

Onde:

CR - custo da reforma/ha

AR - custo da primeira manutenção após reforma

A - custo da manutenção anual/ha

E - custo de exploração da madeira para celulose e energia/ha

AC - custo da primeira manutenção após corte/ha

RCE- receita da exploração da madeira para celulose e energia/ha

continuação APENDICE 1.

2. Cálculo do coeficiente da função objetivo

VLP = 560,120 OTN's

Os valores dos custos encontram-se na tabela 6 e as produções desta espécie no referido tipo de solo na tabela 5.

Para cada unidade foram calculadas 25 VET, sendo escolhido o de maior valor para integrar o fluxo de caixa do VLP de cada alternativa dada a unidade.

APENDICE 2: Dados originais para serem acessados pelo programa TEMPON.

PARQUE FLORESTAL: Guarujá TAXA DE JUROS: 12.25
 NUMERO DE UNIDADES: 14 PERIODO DE PLANEJAMENTO: 21
 IDADE MINIMA DE CORTE: 5 IDADE MAXIMA DE CORTE: 8
 PREÇO MADEIRA CELULOSE: 3.76 PREÇO MADEIRA ENERGIA: 2.28
 CUSTO EXPLORAÇÃO CEL: 1.70 CUSTO EXPLORAÇÃO ENE: 0.63
 CUSTO MANUT. CONDUÇÃO: 6.71 CUSTO MANUT. REFORMA: 13.95
 CUSTO REFORMA: 54.53 CUSTO FIXO ANUAL: 1.93

ANOS	UNID	ROT	IDAD anos	AREA ha	VETres OTN	1a. ROTACAO DO CICLO OTIMO
<hr/>						
	1	1	5	252,50	282,3095	5
<hr/>						
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	150	21	96	32	150	21
6	168	19	111	29	168	19
7	181	16	123	24	181	16
8	191	12	135	18	191	12
9	191	12	135	18	191	12
<hr/>						
	2	1	7	108,80	282,3095	5
<hr/>						
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	79	11	54	18	150	21
6	100	11	70	19	168	19
7	117	10	85	16	181	16
8	130	8	97	13	191	12
9	130	8	97	13	191	12
<hr/>						
	3	1	5	233,77	294,1426	5
<hr/>						
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	155	21	99	33	155	21
6	176	20	116	31	176	20
7	193	17	133	25	193	17
8	207	13	145	20	207	13
9	207	13	145	20	207	13
<hr/>						
	4	1	1	305,72	175,9646	5
<hr/>						
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	110	15	70	24	110	15
6	126	14	83	22	126	14
7	138	12	94	18	138	12
8	147	9	103	14	147	9
9	147	9	103	14	147	9

continuação APENDICE 2:

ANOS	UNID	ROT	IDAD anos	AREA ha	VETres OTN	1a. ROTACAO DO CICLO OTIMO
	5	1	6	226,96	294,1426	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	155	21	99	33	155	21
6	176	20	116	31	176	20
7	193	17	133	25	193	17
8	207	13	145	20	207	13
9	207	13	145	20	207	13
	6	2	1	207,83	350,1517	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	0	0	115	38	179	24
6	0	0	138	37	210	23
7	0	0	160	30	233	20
8	0	0	176	24	251	16
9	0	0	176	24	251	16
	7	2	0	210,16	350,1517	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	0	0	115	38	179	24
6	0	0	138	37	210	23
7	0	0	160	30	233	20
8	0	0	176	24	251	16
9	0	0	176	24	251	16
	8	2	0	324,79	287,4026	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	0	0	97	33	152	21
6	0	0	114	30	174	19
7	0	0	129	25	190	16
8	0	0	142	19	202	13
9	0	0	142	19	202	13
	9	1	5	287,92	235,4345	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	130	18	88	30	130	18
6	147	16	103	28	147	16
7	159	14	117	22	159	14
8	169	11	127	17	169	11
9	169	11	127	17	169	11

continuação APENDICE 2:

ANOS	UNID	ROT	IDAD anos	AREA ha	VETres OTN	1a. ROTACAO DO CICLO OTIMO
	10	1	5	251,94	282,3095	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	150	21	96	32	150	21
6	168	19	111	29	168	19
7	181	16	123	24	181	16
8	191	12	135	18	191	12
9	191	12	135	18	191	12
	11	1	4	226,15	282,3095	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	150	21	96	32	150	21
6	168	19	111	29	168	19
7	181	16	123	24	181	16
8	191	12	135	18	191	12
9	191	12	135	18	191	12
	12	2	0	267,14	287,4026	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	0	0	97	33	152	21
6	0	0	114	30	174	19
7	0	0	129	25	190	16
8	0	0	142	19	202	13
9	0	0	142	19	202	13
	13	1	0	450,00	218,2036	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	110	15	70	24	126	17
6	126	14	83	22	145	16
7	138	12	94	18	158	14
8	147	9	103	14	168	11
9	147	9	103	14	168	11
	14	1	0	350,00	282,3095	5
	CEL	ENE	CEL	ENE	CEL	ENE
5	150	21	96	32	150	21
6	168	19	111	29	168	19
7	181	16	123	24	181	16
8	191	12	135	18	191	12
9	191	12	135	18	191	12

APENDICE 3: LISTAGEM DO PROGRAMA GERADOR TENPON

```

$LARGE
$STORAGE:2
    DIMENSION IROT(30),IDADE(30),KCEL(5,30,3),KENE(5,30,3),
    1KBCEL(5,30,3),KBENE(5,30,3),KA(17,40,30,3),R(17,40,30),
    2C(17,40,30),LAFC(17,30),FO(17,30),AREA(30),SMAX(21),
    3SINT(21),SEX(21),VET(30),NPR(30)
    CHARACTER*64 ARQDAT
    CHARACTER*64 ARQTEMP
    WRITE (*,100)
100 FORMAT (' *** NOME DO ARQUIVO DE DADOS:  \')
    READ (*,110) ARQDAT
110 FORMAT (A)
    WRITE (*,112)
112 FORMAT (' *** NOME DO ARQUIVO "TEMPO" :  \')
    READ (*,115) ARQTEMP
    WRITE (*,113)
113 FORMAT (' ***** AGUARDE ***** ')
115 FORMAT (A)
    OPEN (3,FILE=ARQDAT)
    OPEN (4,FILE=ARQTEMP,STATUS='NEW')
    READ (3,120) TJ
    READ (3,121) NU,NPP
    READ (3,121) IMIN,IMAX
    READ (3,122) PC,PE
    READ (3,122) CC,CE
    READ (3,122) CMC,CMR
    READ (3,122) CREF,CF
120 FORMAT (62X,F7.4)
121 FORMAT (29X,I2,23X,I2)
122 FORMAT (25X,F9.4,26X,F8.4)
    DO 10 MU=1,NU
        READ (3,130) IROT(MU),IDADE(MU),AREA(MU),VET(MU),NPR(MU)
130 FORMAT (12X,2I6,2F10.4,I10)
        DO 20 I=IMIN,IMAX
            READ (3,140) KCEL(I,MU,1),KENE(I,MU,1),KCEL(I,MU,2),KENE(I,MU,2),
            4KBCEL(I,MU,1),KBENE(I,MU,1),KBCEL(I,MU,2),KBENE(I,MU,2)
140 FORMAT (816)
        20 CONTINUE
    10 CONTINUE
    DO 25 N=1,NPP
        READ (3,145) SMAX(N), SINT(N), SEX(N)
145 FORMAT (20X,3F10.2)
    25 CONTINUE
    DO 30 MU=1,NU
        IF (IROT(MU)-1) 1000,200,1000
200 MR=0
        DO 40 I=IMIN,IMAX
            DO 50 J=IMIN,IMAX
                IF (IDADE(MU)-I) 210,210,220
210 MAC=I-IDADE(MU)+1
                GOTO 230
220 MAC=1
230 MR=MR+1
                KA(MR,MAC,MU,1)=KCEL(I,MU,1)
                KA(MR,MAC,MU,2)=KENE(I,MU,1)

```

continuação do Apêndice 3:

```

R(MR,MAC,MU)=KCEL(I,MU,1)*PC+KENE(I,MU,1)*PE
C(MR,MAC,MU)=KCEL(I,MU,1)*CC+KENE(I,MU,1)*CE+CF
C(MR,MAC+1,MU)=CMC
K=1
K1=1
250 IF(MAC-NPP) 300,500,550
300 IF(K-1) 400,310,400
310 MAC=MAC+J
K1=K1+1
K=K-1
IF(K1-2) 320,320,330
320 KA(MR,MAC,MU,1)=KCEL(J,MU,2)
KA(MR,MAC,MU,2)=KENE(J,MU,2)
R(MR,MAC,MU)=KCEL(J,MU,2)*PC+KENE(J,MU,2)*PE
C(MR,MAC,MU)=KCEL(J,MU,2)*CC+KENE(J,MU,2)*CE+CREF
C(MR,MAC+1,MU)=CMR
GOTO 250
330 KA(MR,MAC,MU,1)=KBCEL(J,MU,2)
KA(MR,MAC,MU,2)=KBENE(J,MU,2)
R(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*PC+KBENE(J,MU,2)*PE
C(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*CC+KBENE(J,MU,2)*CE+CREF
C(MR,MAC+1,MU)=CMR
GOTO 250
400 MAC=MAC+I
K1=K1+1
K=K+1
IF(K1-2) 410,410,420
410 KA(MR,MAC,MU,1)=KCEL(I,MU,1)
KA(MR,MAC,MU,2)=KENE(I,MU,1)
R(MR,MAC,MU)=KCEL(I,MU,1)*PC+KENE(I,MU,1)*PE
C(MR,MAC,MU)=KCEL(I,MU,1)*CC+KENE(I,MU,1)*CE+CF
C(MR,MAC+1,MU)=CMC
GOTO 250
420 KA(MR,MAC,MU,1)=KBCEL(I,MU,1)
KA(MR,MAC,MU,2)=KBENE(I,MU,1)
R(MR,MAC,MU)=KBCEL(I,MU,1)*PC+KBENE(I,MU,1)*PE
C(MR,MAC,MU)=KBCEL(I,MU,1)*CC+KBENE(I,MU,1)*CE+CF
C(MR,MAC+1,MU)=CMC
GOTO 250
500 IF(KA(MR,MAC,MU,1)-KBCEL(J,MU,2)) 510,510,520
510 LAFC(MR,MU)=NPP
C(MR,MAC,MU)=C(MR,MAC,MU)-CREF+CF
GOTO 50
520 MAC=MAC+J
LAFC(MR,MU)=MAC
R(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*PC+KBENE(J,MU,2)*PE
C(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*CC+KBENE(J,MU,2)*CE+CF
GOTO 50
550 IF(KA(MR,MAC,MU,1)-KBCEL(J,MU,2)) 560,560,570
560 LAFC(MR,MU)=MAC
C(MR,MAC,MU)=C(MR,MAC,MU)-CREF+CF
GOTO 50
570 IF(KA(MR,MAC-I,MU,1)-KBCEL(J,MU,2)) 600,600,520
600 IF((MAC-I)-(NPP-NPR(MU)+1)) 520,520,610
610 LAFC(MR,MU)=MAC-I

```


continuação do Apêndice 3:

```

      C(MR,MAC-I,MU)=C(MR,MAC-I,MU)-CREF+CF
50  CONTINUE
40  CONTINUE
      GOTO 30
1000 MR=0
      DO 60 I=IMIN,IMAX
      DO 70 J=IMIN,IMAX
      IF(IDADE(MU)-J) 1100,1100,1200
1100 MAC=J-IDADE(MU)+1
      GOTO 1300
1200 MAC=1
1300 MR=MR+1
      KA(MR,MAC,MU,1)=KCEL(J,MU,2)
      KA(MR,MAC,MU,2)=KENE(J,MU,2)
      R(MR,MAC,MU)=KCEL(J,MU,2)*PC+KENE(J,MU,2)*PE
      C(MR,MAC,MU)=KCEL(J,MU,2)*CC+KENE(J,MU,2)*CE+CREF
      C(MR,MAC+1,MU)=CMR
      K=0
      K1=1
1350 IF(MAC-NPP) 1400,1700,1750
1400 IF(K=0) 1800,1500,1600
1500 MAC=MAC+I
      K1=K1+1
      K=K+1
      KA(MR,MAC,MU,1)=KBCEL(I,MU,1)
      KA(MR,MAC,MU,2)=KBENE(I,MU,1)
      R(MR,MAC,MU)=KBCEL(I,MU,1)*PC+KBENE(I,MU,1)*PE
      C(MR,MAC,MU)=KBCEL(I,MU,1)*CC+KBENE(I,MU,1)*CE+CF
      C(MR,MAC+1,MU)=CMC
      GOTO 1350
1600 MAC=MAC+J
      K1=K1+1
      K=K-1
      KA(MR,MAC,MU,1)=KBCEL(J,MU,2)
      KA(MR,MAC,MU,2)=KBENE(J,MU,2)
      R(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*PC+KBENE(J,MU,2)*PE
      C(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*CC+KBENE(J,MU,2)*CE+CREF
      C(MR,MAC+1,MU)=CMR
      GOTO 1350
1700 IF(KA(MR,MAC,MU,1)-KBCEL(J,MU,2)) 1710,1710,1720
1710 LAFC(MR,MU)=NPP
      C(MR,MAC,MU)=C(MR,MAC,MU)-CREF+CF
      GOTO 70
1720 MAC=MAC+J
      LAFC(MR,MU)=MAC
      R(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*PC+KBENE(J,MU,2)*PE
      C(MR,MAC,MU)=KBCEL(J,MU,2)*CC+KBENE(J,MU,2)*CE+CF
      GOTO 70
1750 IF(KA(MR,MAC,MU,1)-KBCEL(J,MU,2)) 1760,1760,1770
1760 LAFC(MR,MU)=MAC
      C(MR,MAC,MU)=C(MR,MAC,MU)-CREF+CF
      GOTO 70
1770 IF(KA(MR,MAC-I,MU,1)-KBCEL(J,MU,2)) 1800,1800,1720
1800 IF((MAC-I)-(NPP-NPR(MU)+1)) 1720,1720,1810
1810 LAFC(MR,MU)=MAC-I

```

continuação do Apêndice 3:

```

      C(MR,MAC-I,MU)=C(MR,MAC-I,MU)-CREF+CF
70  CONTINUE
80  CONTINUE
30  CONTINUE
      NR=(IMAX-IMIN+1)**2
      TJ=TJ/100.
      DO 80 MU=1,NU
      DO 82 MR=1,NR
      DO 84 MAC=1,LAFC(MR,MU)
      IF (C(MR,MAC,MU).NE.0.) GOTO 86
      C(MR,MAC,MU)=CF
88  FO(MR,MU)=FO(MR,MU)+(R(MR,MAC,MU)-C(MR,MAC,MU))/(1+TJ)**MAC
84  CONTINUE
      FO(MR,MU)=FO(MR,MU)+(VET(MU))/(1+TJ)**LAFC(MR,MU)-CF
82  CONTINUE
80  CONTINUE
      WRITE (4,71) ARQTEMP
71  FORMAT (1X,'NAME',10X,A,/,1X,'ROWS',/,2X,'N',2X,'OBJ')
      DO 72 I=1,NU
      WRITE (4,74) I
74  FORMAT (2X,'L',2X,'T',I2)
72  CONTINUE
      DO 75 J=1,NPP
      WRITE (4,77) J
77  FORMAT (2X,'L',2X,'SC',I2)
      WRITE (4,81) J
91  FORMAT (2X,'L',2X,'SE',I2)
75  CONTINUE
      WRITE (4,73)
73  FORMAT (1X,'COLUMNS')
      DO 700 MU=1,NU
      DO 710 MR=1,NR
      WRITE (4,711) MU,MR,FO(MR,MU),MU
711  FORMAT (5X,'U',I2,'R',I2,4X,'OBJ',F18.4,4X,'T',I2,12X,'1.0000')
      DO 715 MAC=1,NPP
      IF (KA(MR,MAC,MU,1).EQ.0) GOTO 715
      WRITE (4,713) MU,MR,MAC,KA(MR,MAC,MU,1),MAC,KA(MR,MAC,MU,2)
713  FORMAT (5X,'U',I2,'R',I2,4X,'SC',I2,I12,'.0000',4X,'SE',I2,
- 6I12,'.0000')
715  CONTINUE
710  CONTINUE
700  CONTINUE
      WRITE (4,800)
800  FORMAT (1X,'RHS')
      DO 850 MU=1,NU
      WRITE (4,810) MU,AREA(MU)
810  FORMAT (5X,'RHS1',6X,'T',I2,F18.4)
850  CONTINUE
      DO 860 MAC=1,NPP
      WRITE (4,870) MAC, SMAX(MAC)
870  FORMAT (5X,'RHS1',6X,'SC',I2,F17.4)
860  CONTINUE
      DO 880 MAC=1,NPP
      WRITE (4,890) MAC, SEX(MAC)
890  FORMAT (5X,'RHS1',6X,'SE',I2,F17.4)

```

continuação do Apêndice.3:

```
880 CONTINUE
    WRITE (4,895)
895 FORMAT (1X,'RANGES')
    DO 900 MAC=1,NPP
        WRITE (4,910) MAC, SINT(MAC)
910 FORMAT (5X,'INT1',6X,'SC',I2,F17.4)
900 CONTINUE
    WRITE (4,920)
920 FORMAT (1X,'ENDATA')
    STOP
    END
```