

PROPOSTA DE SISTEMA DE DECISÃO DE PLANTIO E DE CORTE DE REFLORESTAMENTOS NO ESTADO DO PARANÁ

Luiz Carlos de Abreu Rodrigues¹; Edilson Batista de Oliveira²;
Osmir José Lavoranti²

¹ UTFPR, DAMEC, Av. Sete de Setembro 3165, 80230-901 Curitiba, PR

² Embrapa Florestas, Caixa Postal 319, 83411-000 Colombo, PR

e-mail: lcar@utfpr.edu.br, edilson@cnpf.embrapa.br, osmir@cnpf.embrapa.br

PROPOSITION OF A SYSTEM TO SUPPORT DECISIONS ON PLANTING AND CUTTING OF FORESTS AT PARANÁ STATE

Resumo

Foi desenvolvido um modelo matemático para decisão de plantio e de corte de plantações florestais no estado do Paraná. O estado foi representado em dez regiões, considerando-se a possibilidade de plantio de *Eucalyptus Grandis*, *Pinus Taeda* e *Mimosa Scabrella*. O objetivo é identificar quais decisões minimizam a área total reflorestada, indicando quais espécies plantar e quais decisões de desbaste/corte potencializariam a produtividade frente a um cenário de demanda. O problema proposto é resolvido através da Pesquisa Operacional, modelando-o como sendo de Programação Linear. Este artigo visa apresentar a versão inicial deste modelamento matemático. Concluiu-se que o presente modelo já permite analisar cenários simples, mas que a disponibilidade de mais informações permitirá novas simulações e análises de cenários.

Abstract

A mathematical model has been developed aiming to support decisions on planting and cutting of forests planting at Paraná State. This state was represented on ten regions, where it is possible to plant *Eucalyptus Grandis*, *Pinus Taeda* and *Mimosa Scabrella*. The goal is to identify how to minimize the total planted area. This will indicate which species of trees to plant and which cutting decisions that can maximize productivity at a given demand scenario. Operations Research – by means of Linear Programming – is used to solve the proposed problem. This paper is intended to present an initial version of a mathematical model. A conclusion is that it is already possible to analyze simple scenarios, but the availability of more detailed information will enable new simulations and deeper scenario analysis.

Introdução

A pesquisa operacional enfoca a otimização de processos, sendo aplicada a inúmeros problemas reais nas áreas de ciências exatas, sociais e biológicas, e todas as áreas da engenharia. Na engenharia florestal há vários artigos que aplicam conceitos de pesquisa operacional. Entre outros, FREPPAZ *et al.* (2004) apresentaram uma ferramenta de suporte à tomada de decisões que considera a exploração de biomassa, otimizando a idade de corte para a produção de energia elétrica e térmica, considerando aspectos sociais, econômicos, técnicos e regulatórios. GIELEN *et al.* (2003) analisaram as

condições necessárias para que a bioeletricidade seja viável economicamente, em função de diferentes panoramas regulatórios para a redução da emissão de CO₂. KRCMAR e VAN KOOTEN (2005) abordam a otimização dos ganhos com a produção de biomassa para a produção de energia elétrica, com a venda de créditos de carbono e outras aplicações para a madeira.

A análise da literatura permite identificar que o uso da Pesquisa Operacional na área florestal ainda é incipiente e há grande carência na modelagem de problemas florestais nacionais, considerando-se a diversidade dos vários biomas do Brasil.

O presente trabalho visa responder qual seria a área mínima necessária para satisfazer as demandas dos mercados de lenha, de papel e celulose, e de toras no estado do Paraná, considerando-se os dados do IBGE (2007). A definição da área total mínima reflorestada necessária implica na definição de quais espécies serão plantadas nas diferentes regiões do estado, além da política de manejo florestal aplicada a cada espécie. Note que a área total será calculada a partir da hipótese (ainda que irreal) de que a demanda será constante ao longo dos anos, havendo uma distribuição uniforme das idades dos plantios. Tal consideração foi adotada por representar um exemplo simples e porque permite a comparação entre esta hipótese ideal e a área plantada real. Porém, o modelo permite considerar quaisquer projeções de demanda.

Metodologia

O escopo deste trabalho foi definido em função dos dados disponíveis. Os dados da produção da silvicultura paranaense foram extraídos de IBGE (2007), que dividiu o Paraná em dez regiões, apresentando o volume de produção (em m³) de lenha, madeira para papel e celulose, e de toras. Por sua vez, a Embrapa Florestas dispõe de simuladores de crescimento e produção de bracatinga, pinus e eucalipto, entre outras espécies florestais, para diferentes sítios. A partir destes sistemas, foram geradas alternativas de exploração destas três culturas, considerando-se a existência de locais de maior e menor produtividade (Tabela 1). As produtividades médias anuais por hectare foram 15 m³ para *M. Scabrella*, 35 m³ e 45 m³ *E. Grandis* e 25 m³ e 35 m³ para *P. Taeda*, ..

Tabela 1. Alternativas de produção em m³ por espécie e tipo de sítio.

Alternat	Espécie	Índice de Sítio	Prod. anual (m ³ /ha)	1º corte				Corte final			
				Idade (anos)	Lenha (m ³)	Celulose (m ³)	Tora (m ³)	Idade (anos)	Lenha (m ³)	Celulose (m ³)	Tora (m ³)
1	Bracatinga	18,0	15					7	105,9	0	0
2	Eucalipto	25,2	35					7	23,4	157,1	64,4
3	Eucalipto	28,6	45					7	22,8	145,7	147
4	Eucalipto	28,6	45	7	16,5	111,5	87,5	14	6,1	25,6	211,7
5	Pinus	18,5	25					13	31,4	159,6	176
6	Pinus	18,5	25					16	24,1	159,7	293,8
7	Pinus	21,0	35	7	18,5	78,5	1,6	16	7,9	39,6	298,6
8	Pinus	21,0	35	7	18,5	78,5	1,6	21	7,3	35,1	453,8

A Tabela 2 apresenta a notação das expressões matemáticas dadas a seguir. A equação 1 apresenta a função objetivo deste problema. Nas equações 2 e 3 apenas uma fração da área de uma espécie de árvore plantada estará em idade de corte. A equação 4 impõe a igualdade de áreas com baixa

e com melhor produtividade. A equação 5 impõe que a demanda de um produto p na região r será dada pela soma das quantidades deste produto obtidas a partir de todas as possíveis espécies plantadas ($Conversão_{m,p,r}$), mais a soma de produtos de maior valor agregado que p e que serão usados para satisfazer a demanda de p ($Aproveit_{p,p',r}$), menos a soma de produtos p que serão usados para satisfazer a demanda de um produto p' de menor valor agregado ($Aproveit_{p,p',r}$). Assim, a equação 5 indica que pode-se suprir parte da demanda de um produto com outro de maior valor agregado.

Tabela 2. Notação usada nas expressões matemáticas.

Dados:

$Demanda_{p,r}$	Demanda do produto p na região r
$CvP_{m,i,p}$	Taxa de conversão da matéria prima m com idade i em produto p
$UltCorte_m$	Idade do último corte da matéria prima m
$TerPior_m$	Sítio associado com a matéria prima m onde há baixa produtividade
$TerMelhor_m$	Sítio associado com a matéria prima m onde há melhor produtividade

Variáveis:

$Area_{m,r}$	Área total alocada para a matéria prima m na região r
$Produção_{p,r}$	Quantia de produto p gerado na região r
$Conversão_{m,p,r}$	Quantia de produto p obtido a partir da matéria prima m na região r
$Corte_{m,i,r}$	Quantia da mat. prima m com idade i desbastada/cortada na região r
$Aproveit_{p,p',r}$	Quantia excedente de produto p aproveitado como um produto inferior p' na região r

$$(Min) \quad Area_Total = \sum_m \sum_r Area_{m,r} \quad (1)$$

$$Conversão_{m,p,r} = \sum_i CvP_{m,i,p} * Area_{m,r} / UltCorte_m \quad , \forall m,p,r \quad (2)$$

$$Corte_{m,i,r} = \sum_p CvP_{m,i,p} * Area_{m,r} / UltCorte_m \quad , \forall m,i,r \quad (3)$$

$$\sum_{m \in TerPior} Area_{m,r} = \sum_{m \in TerMelhor} Area_{m,r} \quad , \forall r \quad (4)$$

$$\sum_m Conversão_{m,p,r} + \sum_{p'} Aproveit_{p',p,r} - \sum_{p'} Aproveit_{p,p',r} = Demanda_{p,r} \quad , \forall p,r \quad (5)$$

Resultados

Foi adotada a hipótese de demanda constante ao longo dos anos. Isso simplificou o problema, a busca por dados disponíveis e a análise de seus resultados. A solução ótima para a minimização da área total plantada será 855.602 ha. Ainda que a hipótese adotada seja irreal, as decisões de corte ideais para suprir as demandas de 2007 são as frações de área plantada correspondentes a um ano (ou 1/total de anos até o último corte), conforme a Tabela 1. Assim, ainda que as demandas após 2007 sejam desconhecidas, a área total plantada remanescente seria maximizada, potencialmente aumentando o valor agregado destas áreas. A Tabela 3 indica as áreas associadas a cada uma das espécies nas dez regiões consideradas, dos quais 81.155 ha. seriam cortados em 2007. A definição da área total mínima (de 855.602 ha) implicou no uso como lenha de 3.740.498 m³ de madeira para

papel e celulose; no uso como lenha 501.341 m³ de toras; e no uso de 256.591 m³ de toras como madeira para papel e celulose. Estes valores indicam que outras alternativas de produção deveriam ser propostas na Tabela 1, pois estes aproveitamentos como produto de menor valor agregado implicam numa perda de receita para o produtor, mas que podem ocorrer de fato. Caso estes aproveitamentos sejam proibidos, área total plantada mínima seria de 1.104.176 ha. ou 29,05% maior.

Conclusões

- A definição das áreas mínimas necessárias para suprir demandas de mercado podem ser usadas como um balizador de futuros plantios;
- O presente trabalho ilustrou, aqui que sucintamente, o potencial do modelamento matemático proposto na análise de alternativas de produção;
- Há a possibilidade de simulação dos riscos do “apagão florestal” (ALMEIDA, 2006) usando o modelo proposto, já que este se traduz numa análise do déficit de área plantada;
- Há o potencial de geração de novos estudos e modelos matemáticos, a partir da coleta de mais dados.

Tabela 3. Alocação de área às alternativas propostas na tabela 1 (em ha).

Alternativa	Noroeste	Norte Centro	Norte Pion.	Centro Ocid.	Centro Orient.	Centro Sul	Sudoeste	Sudeste	Oeste	Curitiba
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	16408	28660	13648	0	37535	0	1442	0	9449	0
3	19991	28660	13648	2623	113619	12409	3765	16182	9449	46736
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3583	0	0	2925	76083	30458	2322	89001	0	116286
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	302	0	18049	0	72819	0	69550

Referências

ALMEIDA, A.N. **Estudo econométrico da demanda e oferta de madeira em tora para o processamento mecânico no estado do Paraná**. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais, UFPR, 2006.

FREPPAZ, D.; MINCIARDI, R.; ROBBA, M.; ROVATTI, M.; SACILE, R.; TARAMASSO, A. Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level. **Biomass and Bioenergy**, vol. 26, pp. 15-25, 2004.

GIELEN, D., FUJINO, J., HASHIMOTO, S., MORIGUCHI, Y. Modeling of global biomass policies. **Biomass and Bioenergy**, vol. 25, pp. 177-195, 2003.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, vol. 22, 2007.

KRCMAR, E., VAN KOOTEN, G.C. Boreal forest carbon sequestration strategies: A case study of the Little Red River Cree First Nation land tenures. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, vol. 53, pp. 325-341, 2005.