

Modelo de Otimização para Apoio à Tomada de Decisão no Plantio Agrícola em Citricultura

Cassiano Tavares ¹
Pedro Munari ²

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP

O panorama do mercado mundial da citricultura vem sofrendo alguns impactos em relação ao atendimento à demanda devido a fatores como: crescimento populacional mundial, alta dos custos nos insumos agrícolas e diminuição de áreas de plantio disponíveis [1]. Tal cenário necessita de soluções para dar suporte às decisões estratégicas de plantio para o atendimento das demandas de contratos internacionais firmados anteriormente.

Este trabalho propõe um modelo de otimização que auxilie os produtores nas decisões de plantio no planejamento estratégico da citricultura, tendo como motivação a interação com um dos maiores produtores mundiais de suco de laranja. A modelagem considera características fundamentais específicas deste tipo de negócio, incluindo o equilíbrio varietal da produção e o controle de grupos etários das plantas. Tais características e os dados de entrada foram levantados junto com o produtor parceiro.

A modelagem matemática tem sido pouco explorada nas decisões estratégicas de plantio [2]. Apesar de já haver alguns estudos em algumas culturas como em: maçãs e peras [3] e dendê [4], esse estudo não são diretamente aplicáveis ao contexto estudado, devido a quatro pontos fundamentais: (i) função objetivo: o produtor parceiro deseja maximizar a produção de caixas da fruta; (ii) número de fazendas: são consideradas 28 fazendas; (iii) objeto de estudo: nosso estudo explora a citricultura, em especial o plantio de laranjas, com suas particularidades de manejo; e (iv) horizonte de planejamento de longo prazo (30 anos).

Para apoiar as decisões do planejamento estratégico de plantio, o modelo desenvolvido auxilia na tomada de decisão, determinando: *O que plantar e erradicar em cada fazenda e em cada ano do horizonte de planejamento, de modo a maximizar a produção de laranjas, considerando as curvas de produtividade e erradicação estimadas, bem como os requisitos de controle varietal e etário.* As decisões envolvidas não são triviais, pois há uma grande diversidade de tipos de laranjas, porta-enxertos e adensamentos que podem ser usados no plantio, além de um número relativamente grande de fazendas, com áreas extensas, e um horizonte de planejamento de longo prazo. Além disso, a produtividade de cada variedade de laranja, considerando o porta-enxerto utilizado, é afetada pela fase de sua idade e região de plantio. Assim, recorreu-se a curvas de produtividade e de erradicação, fornecidas pela empresa parceira.

Um fator fundamental que foi considerado na modelagem matemática foram as fases de vida das plantas. Nos primeiros anos de vida da planta a sua produtividade é muito baixa, após isso, as plantas evoluem e, atingem um estágio intermediário em seu ciclo de vida onde é iniciada uma produção estável e viável economicamente. A planta permanece alguns anos neste estágio ótimo de produção, e este nível começa a decair nos últimos anos do ciclo de vida da planta, até atingir

¹cassiano.tavares@estudante.ufscar.br

²munari@dep.ufscar.br

um patamar inviável economicamente [3]. Em virtude disso, se torna atrativo estabelecer um controle etário sobre toda a plantação, para que todas as plantas não permaneçam nas mesmas faixas etárias, de forma a não penalizar a produção global.

Outro fator importante considerado na modelagem envolve a decisão de controle varietal, que consiste na definição de um *mix* ideal de proporção de colheita de frutos e, conseqüentemente, a produção uniforme de suco de laranja durante o ano todo pela indústria. Este controle é necessário devido a dois fatores: ciclos de maturação de cada variedade ao longo de um ano; e níveis de produtividade de cada variedade.

Nos resultados iniciais obtidos, foram observadas as dificuldades do atendimento simultâneo dos requisitos de produtividade, controle etário e controle varietal, obtendo soluções infactíveis. Isso ocorreu devido ao perfil de plantio atual da empresa parceira não corresponder aos limites impostos dos controles varietal e etário. Outro desafio encontrado foi em relação ao tamanho do horizonte de planejamento de 30 anos, que levava ao estouro de memória do computador sem que o *solver* conseguisse retornar uma solução satisfatória. Para até 20 anos, era possível conseguir uma solução relativamente próxima da ótima (menos de 1% de *gap*) sem estourar a memória. Assim, foi utilizada a técnica de horizonte rolante para solucionar esta dificuldade. A Figura 1 apresenta o resultado do plantio ano a ano, em número de caixas, baseando-se na solução fornecida pelo modelo desenvolvido. Após o aumento da produtividade atendendo todos os requisitos necessários, há uma estabilização em um nível superior de produção ao realizado pela empresa atualmente.

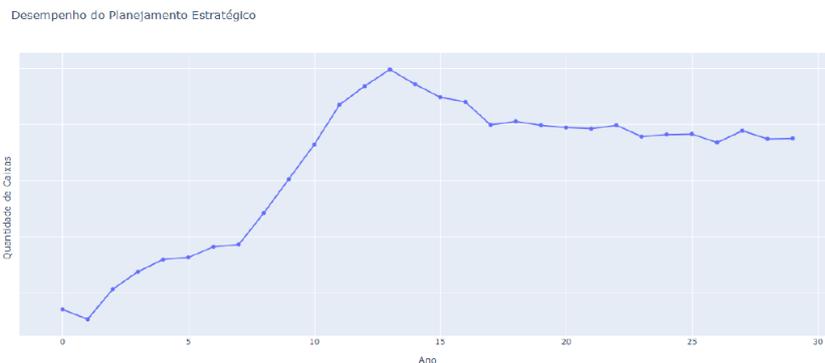


Figura 1: Resultado do planejamento de 30 anos utilizando a técnica de horizonte rolante.

Referências

- [1] Escallón-Barrios et al. *Improving harvesting operations in an oil palm plantation*. *Annals of Operations Research*, v. 314, n. 2, p. 411-419, 2022.
- [2] Nguyen, T. et al. *Mathematical Programming Models for Fresh Fruit Supply Chain Optimization: A Review of the Literature and Emerging Trend*. *AgriEngineering*. 3: 519–541, 2021.
- [3] Catalá et al. *Mathematical model for strategic planning optimization in the pome fruit industry*. *Agricultural Systems*. 115: 63-71, 2013.
- [4] Rajakal, J.P. et al. *Does age matter? A strategic planning model to optimize perennial crops based on cost and discounted carbon value*. *Journal of Cleaner Production*. 318:128526, 2021.