



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA  
DEPARTAMENTO DE DIRETRIZES E MÉTODOS DE PLANEJAMENTO

APLICAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR PARA A  
DETERMINAÇÃO DE COMBINAÇÕES ÓTIMAS DE TRATAMENTOS

Fernando L. Garagorry  
Vitor A. Hoeflich

①

APLICAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR PARA A DETERMINAÇÃO  
DE COMBINAÇÕES ÓTIMAS DE TRATAMENTOS

Fernando L. Garagorry e Vítor A. Hoeflich

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília

SUMÁRIO

Neste trabalho comunicamos nossa experiência na utilização de programação não linear (principalmente programação quadrática), em combinação com diferentes superfícies de regressão, para determinar combinações ótimas de tratamentos, usando diferentes funções objetivas. Como exemplo, tomamos dados experimentais para adubação (N,P,K) em que plantou-se trigo e depois soja. Em primeiro lugar, usando SAS, ajustamos diferentes superfícies de resposta. Depois selecionamos uma das superfícies que tenha dado um bom ajustamento, e que seja razoável do ponto de vista da interpretação biológica ou econômica, e procuramos a combinação de tratamentos que otimize a resposta, dentro da região definida pelos tratamentos utilizados. Consideramos tanto a maximização da produtividade como a maximização do lucro.

APLICAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR PARA A DETERMINAÇÃO  
DE COMBINAÇÕES ÓTIMAS DE TRATAMENTOS

Fernando L. Garagorry e Vitor A. Hoeflich

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho comunicamos nossa experiência na utilização de programação não linear, em combinação com superfícies de resposta, para determinar combinações ótimas de tratamentos, usando diferentes funções objetivas. Como exemplo, tomamos dados experimentais para adubação (N, P, K) em que plantou-se trigo e depois soja. Em primeiro lugar, ajustamos diferentes superfícies de resposta para a produção de trigo por hectare (produtividade), para a produtividade de trigo e soja, para a receita total e para o lucro total do produtor. Sendo que nosso interesse principal é ilustrar a aplicação de certas técnicas de programação não linear, não entramos no estudo afinado dos custos de produção. Em particular, definimos o lucro como a diferença entre a receita obtida pela venda do trigo e da soja, e o custo dos fertilizantes. Consideramos, portanto, como se os outros custos (preparação da terra, aplicação de fertilizantes, colheita, etc.) fossem constantes, independentemente do tratamento aplicado.

Em segundo lugar, selecionamos para cada caso uma das superfícies que tenha dado um bom ajustamento, e que seja razoável tanto do ponto de vista da interpretação biológica como da interpretação econômica. Em terceiro lugar encontramos a combinação de tratamentos que maximize a resposta (ou fun

ção objetiva, como é chamada em pesquisa operacional), dentro da região definida pelos tratamentos utilizados. Pensamos que se o pesquisador escolheu certos limites para os níveis de tratamentos, é porque não está muito interessado pelo que acontece fora dessa região; ou, pelo menos, seu interesse principal é conhecer razoavelmente bem o que acontece dentro da região escolhida. Temos, portanto, problemas de otimização restrita. Em geral, não podem ser resolvidos anulando as primeiras derivadas e estudando o comportamento das segundas derivadas. Por exemplo, no caso de ajustar uma função quadrática, nem sempre vamos obter uma forma quadrática definida negativa, e que tenha seu máximo sobre a região de interesse.

Finalmente, aplicamos programação não linear para fazer um estudo de "expansão". Brevemente, o problema consiste no seguinte. Para obter o máximo do lucro, o produtor deverá enfrentar um custo  $C^*$ . Mas, em caso de que esteja disposto a ter um custo de  $aC^*$ , com  $0 < a \leq 1$ , deveremos resolver um novo problema de maximização, em que apareça também essa limitação. Podemos, portanto, determinar uma curva, que é o lugar geométrico dos programas ótimos, para os diferentes custos de produção.

## 2. METODOLOGIA

A continuação, daremos alguns detalhes dos aspectos mais importantes da metodologia utilizada.

- (1) Seleção de superfícies de regressão. Em geral, pode ser usado qualquer programa disponível para o ajustamento de superfícies de regressão. A forma que nos resulta mais eficiente é utilizando "pacotes estatísticos". Para o ajustamento de superfícies polinomiais temos usado sistematicamente o SAS (Statistical Analysis System). O SAS nos oferece as seguintes