

## APLICAÇÃO DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA BATATEIRA À CULTURA DA BATATA-PRIMOR NA REGIÃO DO OESTE

**Pinto, P. A. e Lopes, C.**  
Instituto Superior de Agronomia  
Tapada da Ajuda, 1399 LISBOA CODEX

RESUMO: Apresenta-se um modelo de simulação do desenvolvimento da batateira aplicado ao caso particular da batata-primor na região do Oeste. Comparam-se os resultados do modelo com observações de campo efectuadas no concelho da Lourinhã, no ano de 1987, para a variedade Spunta em três densidades de plantação. Finalmente apresentam-se as potencialidades de utilização do modelo.

### 1 - INTRODUÇÃO

A análise de sistemas e a simulação são técnicas que têm vindo a ser utilizadas desde há mais de 20 anos em vários ramos da Economia e Engenharia. O sucesso aí obtido levou à aplicação de técnicas similares em agricultura.

Nos últimos anos a simulação computadorizada do crescimento das culturas tem vindo a implantar-se como um válido instrumento para uma melhor compreensão da ecologia e fisiologia das culturas (Loomis *et al.*, 1979). Dentre as diversas culturas que têm sido objecto deste esforço de simulação contam-se: milho, soja, beterraba-sacarina, algodão, luzerna e batata.

### 2 - BREVE CARACTERIZAÇÃO DO MODELO "POTATO"

O modelo "POTATO" é um modelo de simulação computadorizada do desenvolvimento da cultura da batata. Foi construído por Loomis *et al.* (1984) na Universidade de Davis (EUA) em colaboração com a Universidade de Idaho. Numa primeira fase o modelo poderá ser considerado um modelo de produção de nível 1, visto que simulava o desenvolvimento da planta da batateira em condições óptimas no que refere a água, nutrientes e incidência de pragas e doenças. Foi posteriormente desenvolvido por Pinto (1988) para acomodar a resposta da planta a diferentes condições de alimentação em água.

Trata-se de um modelo dinâmico e explanatório que possui elevado grau de detalhe fisiológico e morfológico. Possui uma estrutura hierárquica (comunidade-

planta-órgãos), interações e “feedbacks” entre os diferentes níveis e um tempo de integração de uma hora. Os inputs necessários são os seguintes:

i) Variáveis de força ambientais:

- Média diária de:
  - temperatura do ar;
  - amplitude da temperatura do ar;
  - ponto de orvalho.
- Totais diários de
  - precipitação;
  - radiação;
  - percurso do vento.

ii) Opiniões Fisiológicas:

- Funções de resposta tais como:
  - efeito da temperatura na fotossíntese;
  - efeito do teor relativo da planta em água no crescimento das folhas;
  - efeito do fornecimento de assimilados no crescimento dos tubérculos;
  - efeito da idade na fracção capaz de crescer.
- Potenciais (constantes):
  - taxa de iniciação das folhas;
  - taxa de iniciação dos ramos;
  - área específica da folha.

iii) Estado Sistema:

- Solo:
  - difusividade térmica;
  - capacidade de campo;
  - coeficiente de emurchecimento;
  - densidade aparente;
  - número de horizontes.
- Dados culturais:
  - latitude do lugar;
  - densidade de plantação;
  - peso da semente;
  - data emergência;
  - duração do ciclo cultural.
- Valores iniciais de todas as variáveis de estado.

O modelo POTATO.1 (1ª versão) foi construído com base em elementos de campo recolhidos no estado de Idaho situado no NW dos USA numa zona de altitude que é a maior zona batateira deste país. Embora o modelo tenha sido validado para outras situações, este processo é sempre incompleto. A sua adaptação a situações concretas exige, por conseguinte, uma validação de campo, que consiste em comparar os resultados da simulação com os dados de campo obtidos experimentalmente.

planta-órgãos), interações e “feedbacks” entre os diferentes níveis e um tempo de integração de uma hora. Os inputs necessários são os seguintes:

i) Variáveis de força ambientais:

- Média diária de:
  - temperatura do ar;
  - amplitude da temperatura do ar;
  - ponto de orvalho.
- Totais diários de
  - precipitação;
  - radiação;
  - percurso do vento.

ii) Opiniões Fisiológicas:

- Funções de resposta tais como:
  - efeito da temperatura na fotossíntese;
  - efeito do teor relativo da planta em água no crescimento das folhas;
  - efeito do fornecimento de assimilados no crescimento dos tubérculos;
  - efeito da idade na fracção capaz de crescer.
- Potenciais (constantes):
  - taxa de iniciação das folhas;
  - taxa de iniciação dos ramos;
  - área específica da folha.

iii) Estado Sistema:

- Solo:
  - difusividade térmica;
  - capacidade de campo;
  - coeficiente de emurchecimento;
  - densidade aparente;
  - número de horizontes.
- Dados culturais:
  - latitude do lugar;
  - densidade de plantação;
  - peso da semente;
  - data emergência;
  - duração do ciclo cultural.
- Valores iniciais de todas as variáveis de estado.

O modelo POTATO.1 (1ª versão) foi construído com base em elementos de campo recolhidos no estado de Idaho situado no NW dos USA numa zona de altitude que é a maior zona batateira deste país. Embora o modelo tenha sido validado para outras situações, este processo é sempre incompleto. A sua adaptação a situações concretas exige, por conseguinte, uma validação de campo, que consiste em comparar os resultados da simulação com os dados de campo obtidos experimentalmente.

### 3 - VALIDAÇÃO DE CAMPO COM BATATA PRIMOR NA REGIÃO OESTE

#### 3.1 - Objectivos

Com esta validação pretende-se testar o comportamento do modelo face às condições específicas da cultura de batata primor (variedade temporã, período de crescimento mais desfavorável e condições de sequeiro) e também à variação da densidade de plantação.

#### 3.2 - Caracterização sumária do ensaio de campo

Local - Cabeça Gorda, Lourinhã;

Implantação e condução do ensaio:

- variedade - 'Spunta' (semi-temporã)
- data de plantação - 87/01/24
- fertilização: -correctivos - 5500 kg.ha<sup>-1</sup> calcário magnesiano
  - 6000 kg.ha<sup>-1</sup> estrume de aviário
- adubação de fundo - 117 kg N.ha<sup>-1</sup>
  - 42 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>
  - 167 kg k<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>
- adubação de cobertura - 60 kg N.ha<sup>-1</sup>
- densidades de plantação (tubérculos inteiros):
  - I - 20408 tub.ha<sup>-1</sup> (70 x 70 cm)
  - II - 40816 tub.ha<sup>-1</sup> (70 x 35 cm)
  - III - 81632 tub.ha<sup>-1</sup> (70 x 17.5 cm)
- data de emergência - 87/02/22
- monda química - data 87/01/31 (pré-emergência)
- tratamentos semanais contra o mildio (*Phytophthora infestans*)
- um tratamento contra escaravelho (*Leptinotarsa decemlineata*) na fase final do ciclo.
- sacha e amontoa - 87/03/16
- data de colheita - 87/05/30

Registos:

- dados climáticos (posto meteorológico instalado no local);
- humidade do solo (sonda de neutrões);
- análise de crescimento destrutiva - colheitas quinzenais de 10 plantas por modalidade.

### 3.3 - Resultados

#### 3.3.1 - Observados

Uma vez que se trata da cultura de batata primor o ciclo cultural deveria ter terminado cerca de um mês mais cedo (início de Maio - 5ª colheita). No entanto, de forma a se obter dados do período de senescência, manteve-se a cultura no terreno durante mais um mês. No que se refere ao número de caules principais, cada batata semente, em média, deu origem a três, não se tendo verificado diferenças significativas entre densidades.

#### 3.3.2 - Observados vs. Simulados

##### 3.3.2.1 - Peso seco da parte aérea

Da análise comparativa dos três gráficos da figura 1 verifica-se que, em termos de valores observados, o peso seco da parte aérea é tanto maior quanto maior a densidade, dinâmica esta que é satisfatoriamente simulada pelo modelo. Em termos gerais verifica-se que, nos primeiros 30 dias do ciclo o modelo sobrestima o peso seco da parte aérea, situação esta que é mais nítida na maior densidade. No terço intermédio do ciclo, os valores simulados ajustam-se razoavelmente, excepto na menor densidade em que subestimam os valores observados. Na última fase do ciclo o modelo volta a sobrestimar os valores observados nas densidades extremas.

##### 3.3.2.2 - Índice de área foliar

Tal como se pode observar nos gráficos da figura 2, com excepção da menor densidade, o modelo sobrestima o índice de área foliar (IAF) no início do ciclo, fornece um razoável ajustamento entre os dias 43 e 71 e volta a sobrestimar na fase final do ciclo. Na menor densidade a situação é um pouco diferente. Assim nesta densidade o modelo dá um bom ajustamento nos primeiros 29 dias, subestima o IAF entre os dias 29 e 85 e sobrestima nos últimos 15 dias. No que se refere à dinâmica do modelo verifica-se que este acompanha de perto a dinâmica observada no terreno, quer em termos do aumento do IAF com a densidade quer em termos da data de ocorrência dos seus valores máximos.

P E S O S E C O D A P A R T E A É R E A

( kg . h a <sup>-1</sup> )

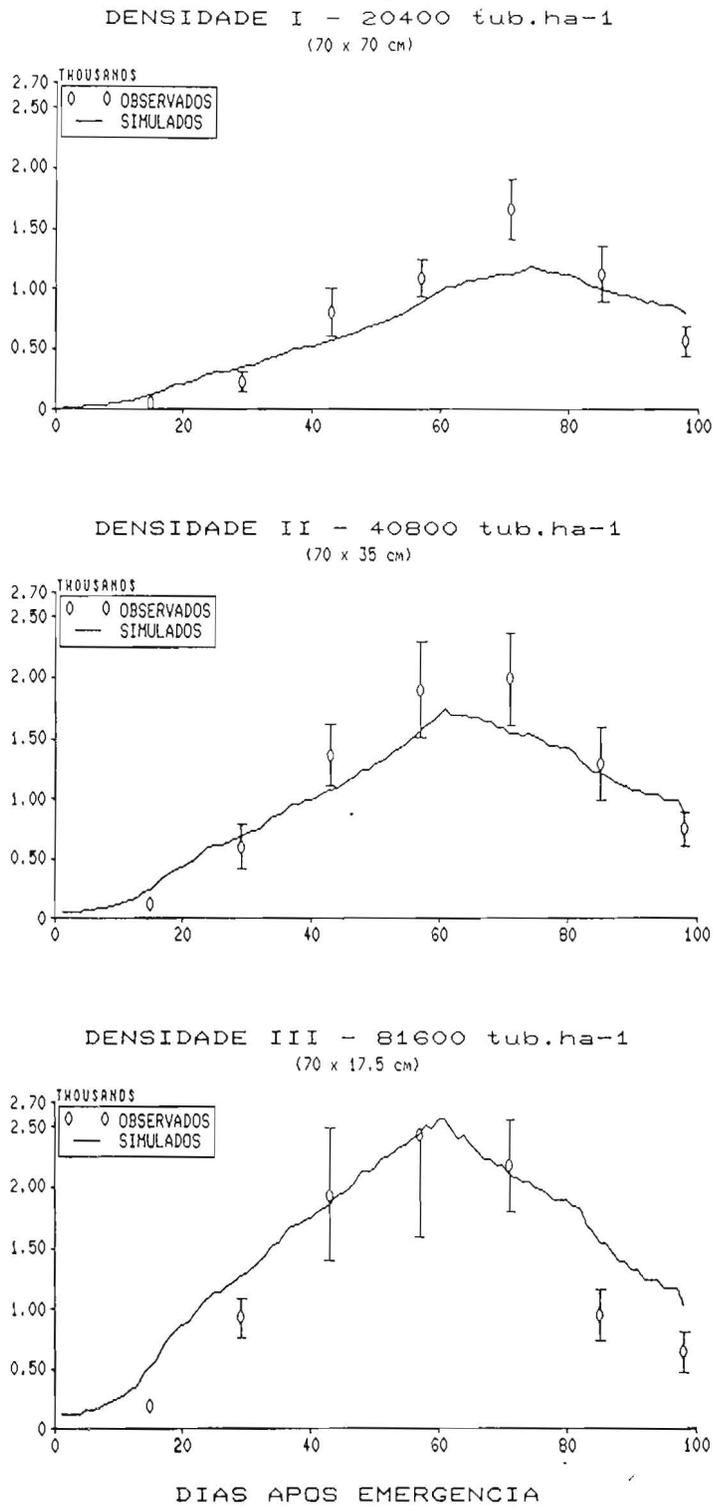
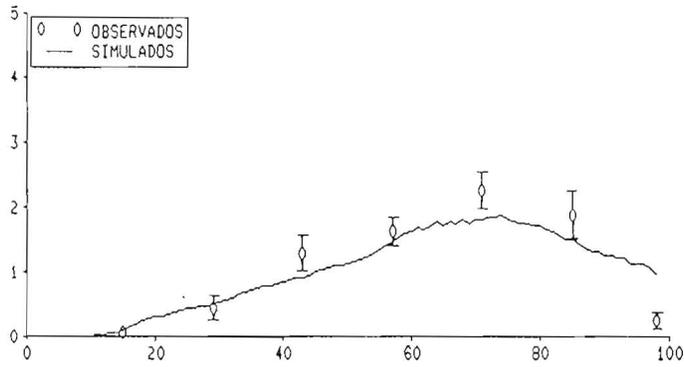
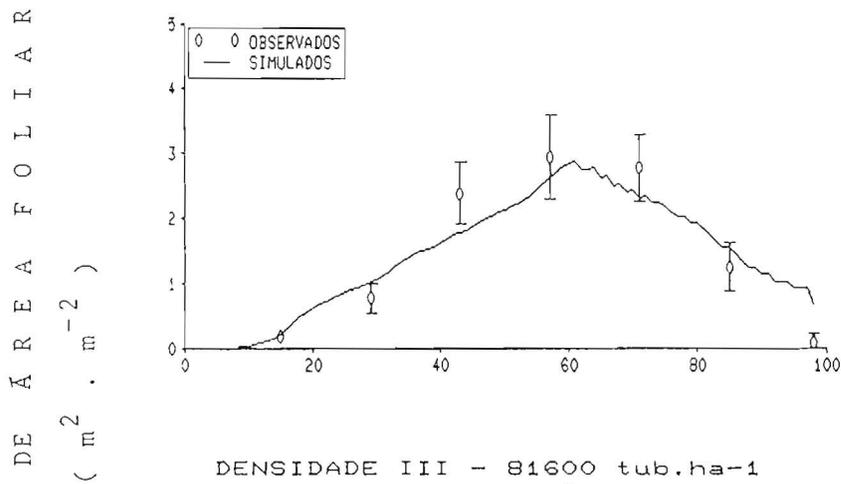


Fig. 1 - Evolução do peso seco da parte aérea nas 3 densidades - observados (O) vs. simulados (-). As barras verticais representam o intervalo de confiança ao nível de probabilidade de 0.05.



DENSIDADE II - 40800 tub.ha-1  
(70 x 35 cm)



DENSIDADE III - 81600 tub.ha-1  
(70 x 17.5 cm)

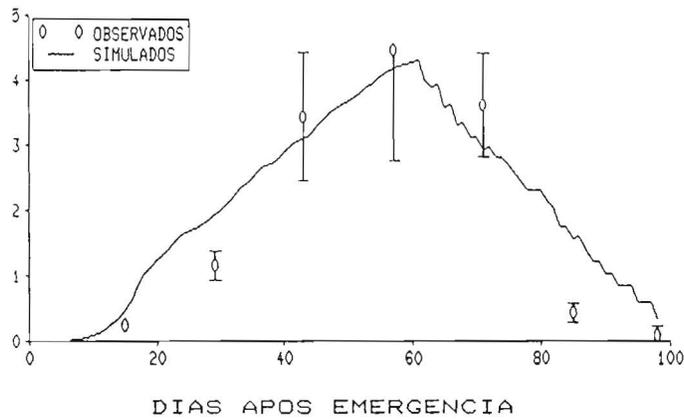


Fig. 2 - Evolução do índice de área foliar nas 3 densidades - observados (O) vs. simulados (-). As barras verticais representam o intervalo de confiança ao nível de probabilidade de 0.05.

### 3.2.3 - *Peso seco dos tubérculos*

Da análise comparativa dos gráficos da figura 3 observa-se que a produção aumentou com a densidade de plantação. Em termos de valores simulados, esta dinâmica é acompanhada quando se passa da menor densidade para a densidade intermédia mas, já não se verifica o mesmo quando se passa desta para a maior densidade. Em termos gerais, o modelo sobrestima os valores observados na primeira metade do ciclo e subestima-os na metade final, sendo as diferenças tanto maiores quanto maior a densidade.

### 3.4 - *Discussão*

Em termos de magnitude verifica-se que em qualquer das densidades o modelo sobrestima os valores observados na primeira fase do ciclo e subestima-os na fase final. Estes desajustamentos são tanto maiores quanto maior é a densidade. O maior desajustamento entre as previsões do modelo e os valores observados na maior densidade pode, eventualmente, ser explicado por uma simulação pouco adequada do processo de senescência (Pinto, 1988). No campo observou-se uma maior taxa de senescência nesta densidade, implicando uma rápida remobilização de reservas para os tubérculos, o que já não acontece com o mesmo ritmo nos valores simulados.

No que se refere à dinâmica do modelo pode-se considerar que esta se adapta satisfatoriamente à realidade. De facto, com excepção do peso dos tubérculos na maior densidade, a evolução dos valores simulados acompanhou a tendência manifestada pelos valores observados quer através da evolução ao longo do ciclo quer através das variações entre densidades. O caso da excessiva subestimação do peso dos tubérculos na maior densidade não pode ser considerado um desvio de dinâmica uma vez que, apesar de menores, os valores simulados acompanham a tendência dos observados.

As diferenças registadas parecem resultar quer de uma deficiente simulação da senescência quer dos efeitos limitativos resultantes de uma precoce deficiência de água, manifestada pelo modelo a partir do dia 50. Em síntese, e uma vez que neste tipo de modelo os desvios de dinâmica são muito mais importantes que os desvios de magnitude (Kirchner & Whicher, 1984), pode-se afirmar que se trata um modelo que, quando devidamente ajustado, poderá vir a ser um instrumento muito útil no estudo da batata primor. No entanto, de forma a obter melhores ajustamentos, torna-se

necessário, não só melhorar o modelo no sentido de adaptá-lo a estas condições específicas, como também, repetir a validação de campo pois os dados experimentais estão sempre sujeitos a erros de amostragem.

## 5 - POSSÍVEIS APLICAÇÕES DO MODELO

A partir do momento em que o modelo responda com razoável fidelidade à situação real, poder-se-à caminhar no sentido de o utilizar para a obtenção de vários tipos de resposta. Dentro das múltiplas aplicações destacam-se como mais importantes as seguintes:

a) Definição da data de plantação em função da data de colheita e do peso de tubérculos pretendido - particularmente importante no caso da batata primor em que a sua valorização económica é extraordinariamente dependente da época de colheita;

b) Escolha da densidade de plantação mais adequada para cada situação específica;

c) Perspectivas de irrigação - Apesar de normalmente a precipitação ser suficiente, casos há em que se verificam níveis de stress hídrico que afectam a produtividade. O modelo permite detectar esses níveis de stress podendo contribuir para a eventual elaboração de um calendário de rega;

d) Previsão das produções com base nas áreas plantadas, contribuindo para a elaboração antecipada de contratos de exportação com base em valores mais credíveis do que os das habituais previsões;

e) Macro-zonagem de zonas com potencial para a produção de batata-primor.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

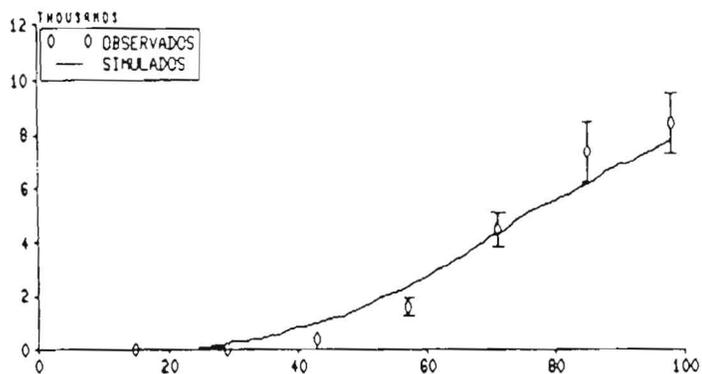
KIRCHNER, T.B. & WHICKER, F.W. (1984). Validation of Pathway, a simulation model of the transport of radionuclides through agroecosystems. *Ecological Modelling* **22**: 21-44.

LOOMIS, R.S.; Ng, E. & PINTO, P. (1984). Potato - Application of the model. *Proc. Ninth Triennial Conf. Europ. Assoc. Potato Res.*, Interlaken, Schweiz. 336-339.

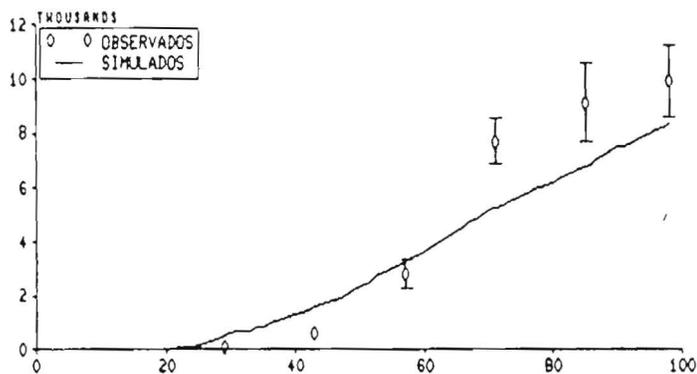
LOOMIS, R.S.; RABBING, R. & Ng, E. (1979). Explanatory models in crop physiology. *Ann. Rev. Pl. Phys.* **30**: 339-367.

PINTO, P.J.C.A. (1988). Computer simulation modeling of the growth and development of the potato crop under different water regimes. *Ph. D. Thesis*. University of California. Davis.

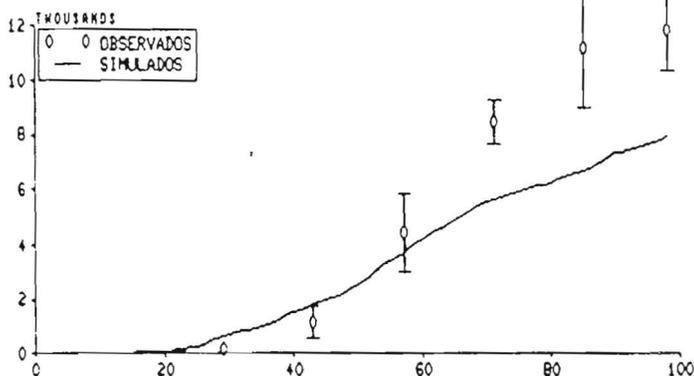
DENSIDADE I - 20400 tub.ha<sup>-1</sup>  
(70 x 70 cm)



DENSIDADE II - 40800 tub.ha<sup>-1</sup>  
(70 x 35)



DENSIDADE III - 81600 tub.ha<sup>-1</sup>  
(70 x 17.5 cm)



DIAS APOS EMERGENCIA

P E S O S E C O D O S T U B É R C U L O S  
( kg . ha<sup>-1</sup> )

Fig. 3 - Evolução do peso seco dos tubérculos nas 3 densidades - observados (O) vs. simulados (-). As barras verticais representam o intervalo de confiança ao nível de probabilidade de 0.05.