

ISSN 0104-1347

## Estimativa do crescimento e desenvolvimento para a videira 'Niagara Rosada' conduzida em espaldeira.

### Estimating growth and development of trellis pruned 'Niagara Rosada' grapevine

Mário José Pedro Júnior<sup>1,2</sup>, José Luiz Hernandez<sup>1</sup>, José Ricardo Macedo Pezzopane<sup>3</sup> e Ludmila Bardin<sup>1</sup>

**Resumo** - Foi feita uma adaptação de um modelo, para simulação do crescimento e desenvolvimento da videira 'Niagara Rosada', conduzida em espaldeira. O modelo estima o incremento de área foliar em função da temperatura do ar máxima e mínima e o acúmulo de massa seca em função da radiação solar além do crescimento do cacho em função do tempo. Os resultados obtidos, para os anos agrícolas de 1997/98 e 1998/99, mostraram que o modelo é viável para ser utilizado à época de podas efetuadas em agosto.

**Palavras-chave:** Videira, 'Niagara Rosada', massa seca, área foliar, modelo de simulação.

**Abstract** - An adaptation of a simple model for simulating growth and development of grapevine ('Niagara Rosada') was made at Jundiaí, São Paulo State, Brazil. The model simulates leaf area expansion as a function of maximum and minimum temperature; dry matter as a function of solar radiation and fruit growth is calculated as it varies with time. Data obtained in the vineyard during the growing seasons of 1997/98 and 1998/99 showed good agreement among observed and estimated values of leaf area and dry matter accumulation for the 'Niagara Rosada' grapevine pruned in August.

**Key words:** grape, dry matter, leaf area, simulation model

#### Introdução

Modelos matemáticos para simular o crescimento de plantas comerciais têm sido valiosos no entendimento dos processos de crescimento, desenvolvimento e formação da produção (GUTIERREZ et al., 1985). Esses modelos utilizam diferentes métodos para analisar o efeito de variáveis ambientais no crescimento de plantas. Dentre eles, destacam-se as equações de regressão, que têm sido usadas para correlacionar, empiricamente, elementos meteorológicos e produtividade de culturas comerciais (REYNOLDS & ACOCK, 1985). Contudo, a maior desvantagem do uso dessas equações reside no fato de não permitirem extrapolações das estimativas de produtividade além dos limites dos dados amostrais (BINDI et al., 1997).

Uma aproximação intermediária entre métodos estatísticos e modelos mais complexos é possível pelo uso de modelos mecanísticos simplificados que permitem definir o comportamento das comunidades vegetais em função de poucas variáveis ambientais, como os utilizados para soja (SPAETH et al., 1987), milho (MUCHOW et al., 1990) e trigo (AMIR & SINCLAIR, 1991).

Para o caso da videira alguns modelos foram desenvolvidos visando simular o crescimento e desenvolvimento das plantas. GUTIERREZ et al. (1985) utilizaram um modelo matemático, baseado no acúmulo de graus-dia (temperatura-base de 10°C), para estimativa do desenvolvimento da videira 'Chenin Blanc' e, na radiação solar, para estimar a taxa de fotossíntese nas folhas, ramos e cachos. Os valores de produção de massa seca simulados pelo

<sup>1</sup>Instituto Agronômico de Campinas (IAC/APTA/SAA), Caixa Postal 28, 13.001-970, Campinas, SP

<sup>2</sup>Bolsista do CNPq

<sup>3</sup>Pós-Graduação – ESALQ/USP. Bolsista da FAPESP

modelo, para a videira, na Califórnia, mostraram-se muito próximos dos observados até a fase de floração. Posteriormente, foi encontrada maior variabilidade nos dados amostrais o que não permitiu avaliar a consistência do modelo.

WILIAMS *et al.* (1985) analisaram a validação de um modelo para a videira 'Thompson seedless' que simulava o incremento da massa seca da folha, do ramo e do cacho, também em função do acúmulo de graus-dia. O incremento de massa seca, na folha e ramos da videira, foi estimado com exatidão pelo modelo, em dois vinhedos da região do vale do São Joaquim, nos Estados Unidos.

BINDI *et al.* (1997), trabalhando com a variedade Sangiovese, na Itália, desenvolveram um modelo simplificado na qual o aumento de área foliar foi definido como uma função da temperatura; o acúmulo de massa seca em função da radiação solar interceptada e o crescimento do cacho calculado em função da variação do índice de biomassa do fruto com o tempo.

Esse tipo de modelo mostrou-se interessante de ser utilizado, para vinhedos da região de Jundiaí (SP), devido à sua eficiência e simplicidade em avaliar informações detalhadas do crescimento (acúmulo de massa seca) e produtividade da videira em função de dados agrometeorológicos. Portanto, o objetivo do trabalho foi adaptar o modelo de simulação de crescimento e desenvolvimento, introduzido por BINDI *et al.* (1997), para a videira 'Niagara Rosada', conduzida em espaldeira.

## Material e métodos

O experimento foi realizado em vinhedos de 'Niagara Rosada', conduzidos em espaldeira com espaçamento de 2 x 1m, com oito anos de idade, localizados na região produtora de Jundiaí (23° 06'S; 46° 55'W e altitude: 720 m), em área experimental do Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA).

As amostragens para determinação do crescimento da videira por meio do acúmulo de massa seca foram feitas, coletando-se aleatoriamente, dez ramos de diversas plantas de um vinhedo de, aproximadamente, 900m<sup>2</sup>. As coletas foram efetuadas a intervalos variáveis de sete (no início do ciclo) ou 14 (no final do ciclo) dias. A determinação da massa seca das folhas (limbo foliar e pecíolos); do ramo (caule

secundário) e dos cachos (pedúnculo e inflorescência) foi feita por pesagem do material, após secagem, em estufa a 70°C, por 72 horas. A área foliar foi estimada por meio de medições de largura da folha como utilizado por PEDRO Jr. *et al.* (1986) e a caracterização dos subperíodos fenológicos das plantas foi feita por meio de escala visual, segundo PEDRO Jr. *et al.* (1990).

Para determinação dos parâmetros do modelo foram utilizados dados de área foliar e massa seca obtidos no ano agrícola 1997/98, considerando-se a época de poda de 01/08. Posteriormente, a validação do modelo foi feita com dados obtidos no ano agrícola de 1998/99, para a mesma época de poda.

Os valores de temperatura do ar máxima e mínima e de radiação solar foram obtidos, em estação meteorológica automática (Campbell Scientific) do posto meteorológico convencional, situado a 300m de experimento.

O modelo a ser adaptado para a videira 'Niagara Rosada' foi similar ao proposto por BINDI *et al.* (1997) no qual os processos a serem simulados são: fenologia, desenvolvimento foliar e acúmulo de massa seca nas folhas e ramos e nos cachos.

Os subperíodos fenológicos da videira considerados foram: vegetativo, compreendido entre a brotação e a floração; e crescimento do fruto, entre a floração e a maturação.

A estimativa da data de ocorrência dessas fases foi feita com base no acúmulo de graus-dia. Segundo PEDRO Jr. *et al.* (1993), a temperatura base é 10°C para a videira 'Niagara Rosada'. A duração do subperíodo entre a brotação e a floração foi calculada, empiricamente, pelo acúmulo de 100 graus-dia. E a duração do subperíodo entre a floração e a maturação foi calculada em função do acúmulo de 400 graus-dia.

A área foliar foi estimada em função do número de folhas por ramo, do número de ramos e da razão do incremento diário das folhas (MIGLIETTA *et al.*, 1992). Enquanto o acúmulo de massa seca foi estimado levando-se em consideração a radiação disponível no vinhedo e em função do índice de área foliar (WERMELINGER & BAUMGARTNER, 1991), a taxa de crescimento diário do fruto foi estimada utilizando o conceito do incremento linear do índice de biomassa do fruto durante seu desenvolvimento.

O fluxograma operacional do modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento adaptado de BINDI et al. (1997) é apresentado na Figura e Tabela 1.

## Resultados, discussão e conclusões

O modelo de crescimento e desenvolvimento da videira proposto por BINDI et al. (1997) foi elaborado, originalmente, para videiras da variedade Sangiovesi, cultivadas com espaçamento de 3x1m, em treliças verticais e podadas para ficarem com cerca de 11 botões por planta. Para utilização do modelo para a videira 'Niagara Rosada', conduzida em espaldeira, com espaçamento de 2x1m, poda de produção em agosto e podas de condução visando deixar cada planta com cerca de 12 ramos, algumas modificações na parametrização do modelo foram efetuadas e foi proposto um novo fluxograma operacional do modelo de BINDI et al. (1997) (Figura 1).

As principais modificações, em relação ao modelo de BINDI et al. (1997), foram: a) cálculo do número de folhas por ramo, por meio de equação de regressão linear múltipla, em que a taxa de aumento do número de folhas é uma função das variáveis independentes: número de folhas no instante anterior e temperatura média do ar (Figura 1); b) uso de uma função quadrática para estimativa do índice de biomassa do fruto ao invés de uma função linear e c) ao estabelecimento de um valor máximo de acúmulo de massa seca total e do fruto.

Na parametrização do modelo, o início da estação de crescimento é a data de poda referente a 01/08 e a duração do período entre brotação e floração foi calculada igualando-se o número de folhas (NFR) por ramo a 10, diferente de 17 utilizado por BINDI et al. (1997), principalmente em função da remoção do broto apical, normalmente efetuada pelos viticultores da região, na 'Niagara Rosada', impedindo o aparecimento de novas folhas. A duração dos subperíodos: brotação-floração (LAG) e floração-maturação (MAT) foi calculada por meio do acúmulo de 100 e 400 graus-dia, respectivamente, os quais foram obtidos empiricamente.

Outra diferença está na inclusão de um limite superior de acúmulo de massa seca total e do fruto, após acúmulo de graus-dia de crescimento (GD cresc) maior que 400 (MAT) em função, principalmente, do tipo de condução da videira 'Niagara Rosada' com poda do broto apical e retirada freqüente dos brotos laterais.

Para estimativa da área foliar foi obtida a relação entre valores médios de área foliar por ramo (AFR) e número de folhas (NF) (MIGLIETA et al., 1972 e BINDI et al., 1997) como se mostra na Figura 2, sendo a estimativa da área foliar feita pela expressão:

$$AFR = 0,901 * NF^{3,267} \quad (R^2=0,99)$$

A equação anterior foi obtida com medições efetuadas em folhas de 'Niagara Rosada', em anos agrícolas anteriores. O mesmo tipo de equação, também, foi utilizado para a cultura do trigo (AMIR & SINCLAIR, 1991).

O acúmulo de massa seca foi calculado em função da radiação solar interceptada por meio de eficiência do uso da radiação da cultura (EUR), em condições plenas de água disponível do solo como observado por vários autores (MUCHOW et al., 1990 e AMIR & SINCLAIR, 1991). O valor de EUR foi fixado em 1,001 g.MJ<sup>-1</sup> para todo o período de crescimento como utilizado por BINDI et al., 1997, para a "Sangiovese". Além disso, foi incluído o efeito das temperaturas máximas e mínimas na absorção de carbono como uma função de segunda ordem como sugerido por BINDI et al. (1997).

O incremento de massa seca do cacho foi obtido em função da taxa de aumento diário do cacho, calculada pela relação entre o índice de biomassa dos cachos (IB<sub>FRUTO</sub>) e o número de dias após a floração (Figura 3). A função que melhor se ajustou aos dados observados foi:

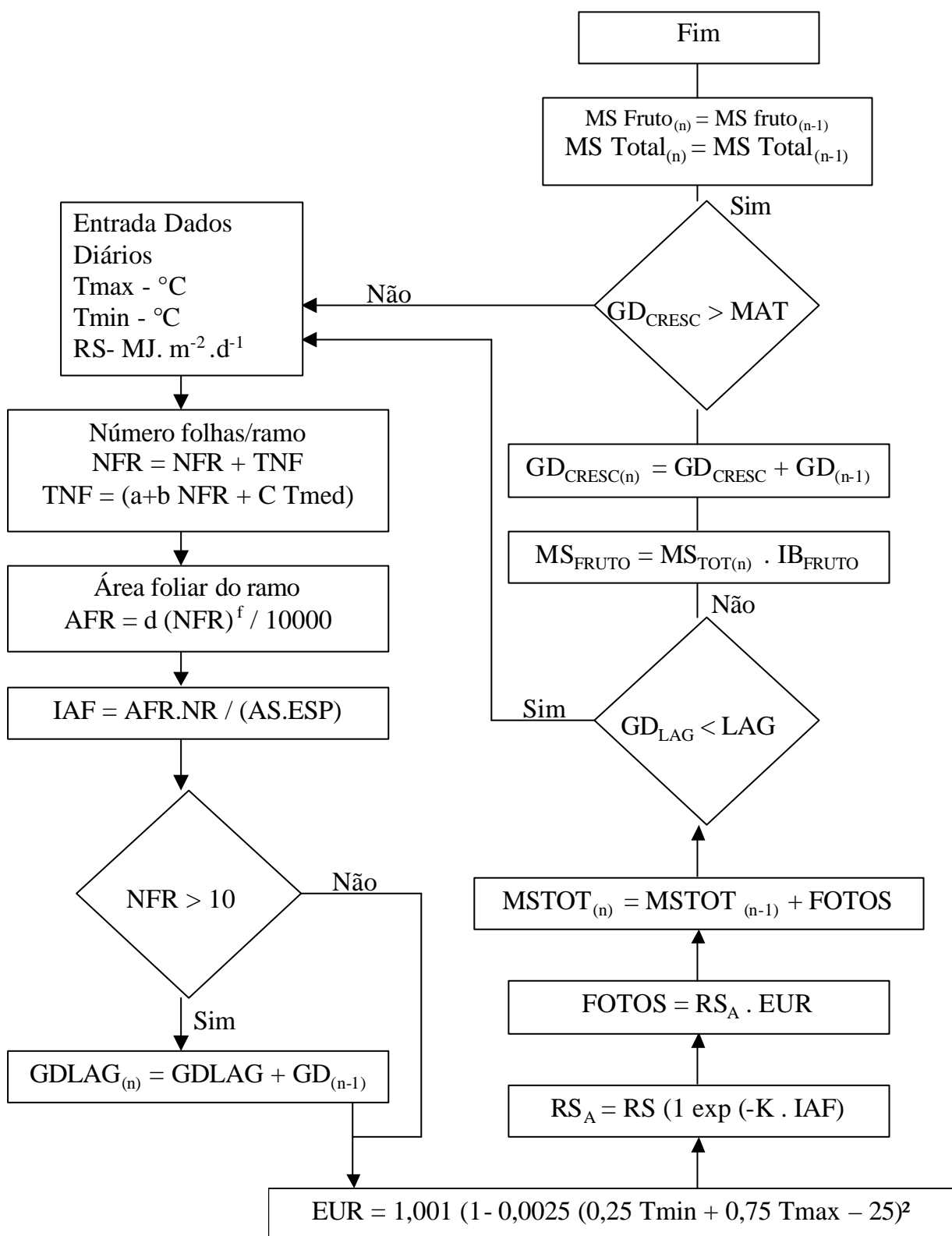
$$IB_{FRUTO} = -0,000105 x^2 + 0,015377 x - 0,007859 \quad (R^2 = 0,95)$$

onde x é o número de dias após a floração.

BINDI et al. (1997) encontraram uma relação linear entre IB<sub>FRUTO</sub> e o número de dias após a floração para a variedade Sangiovese, porém, no caso da 'Niagara Rosada', o melhor ajuste se deu por meio de uma função quadrática.

Os valores diários da radiação solar e das temperaturas máximas e mínimas utilizados como dados de entrada no modelo são mostrados na Figura 4 (subcritos a, h, b, i). Além disso, são apresentados os valores simulados (linha sólida) e observados (ponto) das variáveis analisadas pelo modelo de simulação de acúmulo de massa seca.

Os valores estimados do número de folhas por ramo foram superestimados em relação aos valores observados (Figura 4c e 4j), principalmente na



**Figura 1** Fluxograma do modelo de simulação de crescimento e desenvolvimento da videira Niagara Rosada'. (Abreviaturas na Tabela1)

**Tabela 1.** Definição das abreviaturas e constantes do modelo de crescimento e desenvolvimento da videira 'Niagara Rosada', conduzida em espaldeira, podada em agosto.

Variável	Descrição
$T_{max}$	Temperatura máxima diária (°C)
$T_{min}$	Temperatura mínima diária (°C)
$T_{med}$	Temperatura média diária (°C)
RS	Radiação solar global diária ( $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )
GD	Graus-dia ( $T_b=10^{\circ}C$ )
$GD_{LAG}$	Graus-dia acumulados durante a fase florescimento-estabelecimento do fruto
$GD_{CRESC}$	Graus-dia acumulados durante a fase de crescimento do fruto
LAG	Graus-dia necessários para a fase florescimento-estabelecimento do fruto (100 GD)
MAT	Graus-dia necessários para a fase de crescimento do fruto (400 GD)
NFR	Número de folhas por ramo
NR	Número de ramos por planta
TNF	Taxa de aumento do número de folhas (folha. $d^{-1}$ )
AFR	Área foliar por ramo ( $m^2$ )
IAF	Índice de área foliar
AS	Proporção de área sombreada pela planta (0,3)
ESP	Espaçamento ( $2m^2$ /planta)
EUR	Eficiência de uso da radiação solar ( $g \cdot MJ^{-1}$ )
RSA	Radiação solar atenuada ( $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )
K	Coefficiente de extinção (0,15)
FOTOS	Fotossíntese diária ( $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )
$MS_{TOT}$	Massa seca total ( $g \cdot m^{-2}$ )
$MS_{FRUTO}$	Massa seca do fruto ( $g \cdot m^{-2}$ )
$IB_{FRUTO}$	Índice de biomassa do fruto
a,b,c	Coefficientes da equação TNF (-0,594; -0,0172; 0,048)
d,f	Coefficientes da equação AFR (0,901; 3,267)

fase assintótica da curva, a partir dos 40 dias após a poda. Porém, a fixação do número máximo de 10 folhas por ramo permitiu que a área foliar fosse estimada, principalmente nos limites superiores ( $2 m^2$  por planta), a partir dos 60 dias após a poda, com maior proximidade aos valores observados. Além disso, pode-se notar que, durante o ano agrícola 1998/99, as estimativas de área foliar atingiram o valor máximo aos 40 dias após a poda, cerca de 20 dias antes que os valores observados. Porém, essa defasagem não se refletiu nas estimativas de massa seca, que é o

principal objetivo do modelo.

A respeito da simulação do acúmulo de massa seca total do fruto e da parte vegetativa, notou-se que ocorreu maior concordância entre os valores estimados e observados. (Figura 4g e 4o).

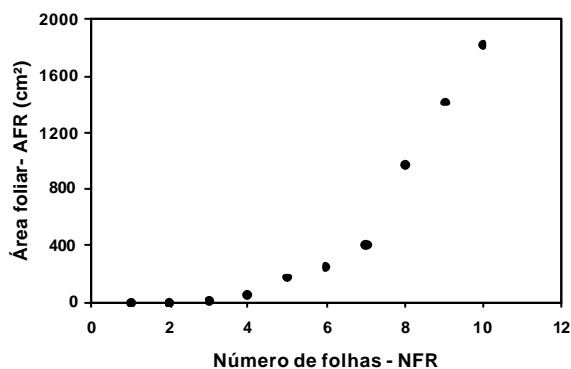
O modelo proposto por BINDI et al. (1997) mostrava uma tendência em superestimar os valores de massa seca total. O mesmo efeito foi observado para a 'Niagara Rosada', 100 dias após a poda (PEDRO Jr. et al., 2001) e, para contornar o problema foi proposta a inclusão de um limite superior de

massa seca total, a partir do acúmulo de 400 graus-dia, induzindo a uma posterior estabilidade o que possibilitou uma melhor simulação dos valores de acúmulo de massa seca para a videira 'Niagara Rosada'. Esse procedimento pode também ser justificado pelo tipo de condução da 'Niagara Rosada' em espaldeira, que sofre capação do broto apical, impedindo o desenvolvimento contínuo do ramo, aliada à remoção de brotos laterais.

Em relação ao acúmulo de massa seca do cacho pode-se verificar (Figura 4e e 4m) que os valores estimados em função do  $IB_{FRUTO}$ , ajustaram-se, satisfatoriamente, aos valores observados nos dois anos agrícolas analisados. Verificou-se ainda que a estimativa do início do processo de acúmulo de massa seca nos cachos, em função da ocorrência do total de graus-dia necessários (100 GD) para completar o subperíodo floração-estabelecimento, ocorreu em torno de 60 dias após a poda, coincidindo com os valores observados em nível de campo.

O cálculo do acúmulo de massa seca da parte vegetativa da planta (ramos e folhas) foi feito pela diferença entre os valores estimados de massa seca total e dos cachos (Figura 4f e 4n). Ao se compararem os valores observados e estimados (Figura 4), verifica-se que a estimativa do incremento de massa seca total, do cacho e partes vegetativas da planta foi satisfatória nos dois anos agrícolas analisados.

A utilização do modelo adaptado para a videira 'Niagara Rosada' permite, também, em função do sistema de condução em espaldeira, com remoção do broto apical, a estimativa dos valores de massa seca: total, dos cachos e vegetativa, finais, com relativa antecedência, ou seja, logo após o acúmulo de



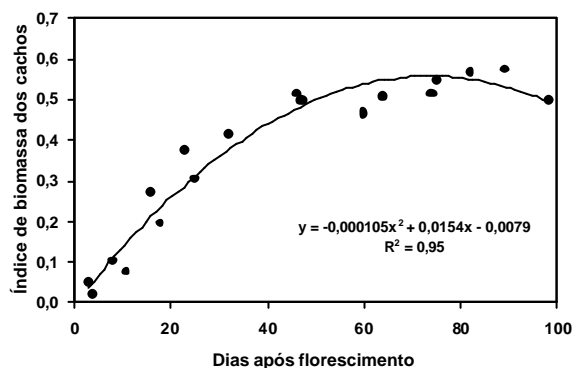
**Figura 2.** Relação entre a área foliar e o número de folhas para a videira 'Niagara Rosada' conduzida em espaldeira.

500 GD ( 100GD, de LAG e 400GD de MAT) a partir da data de floração.

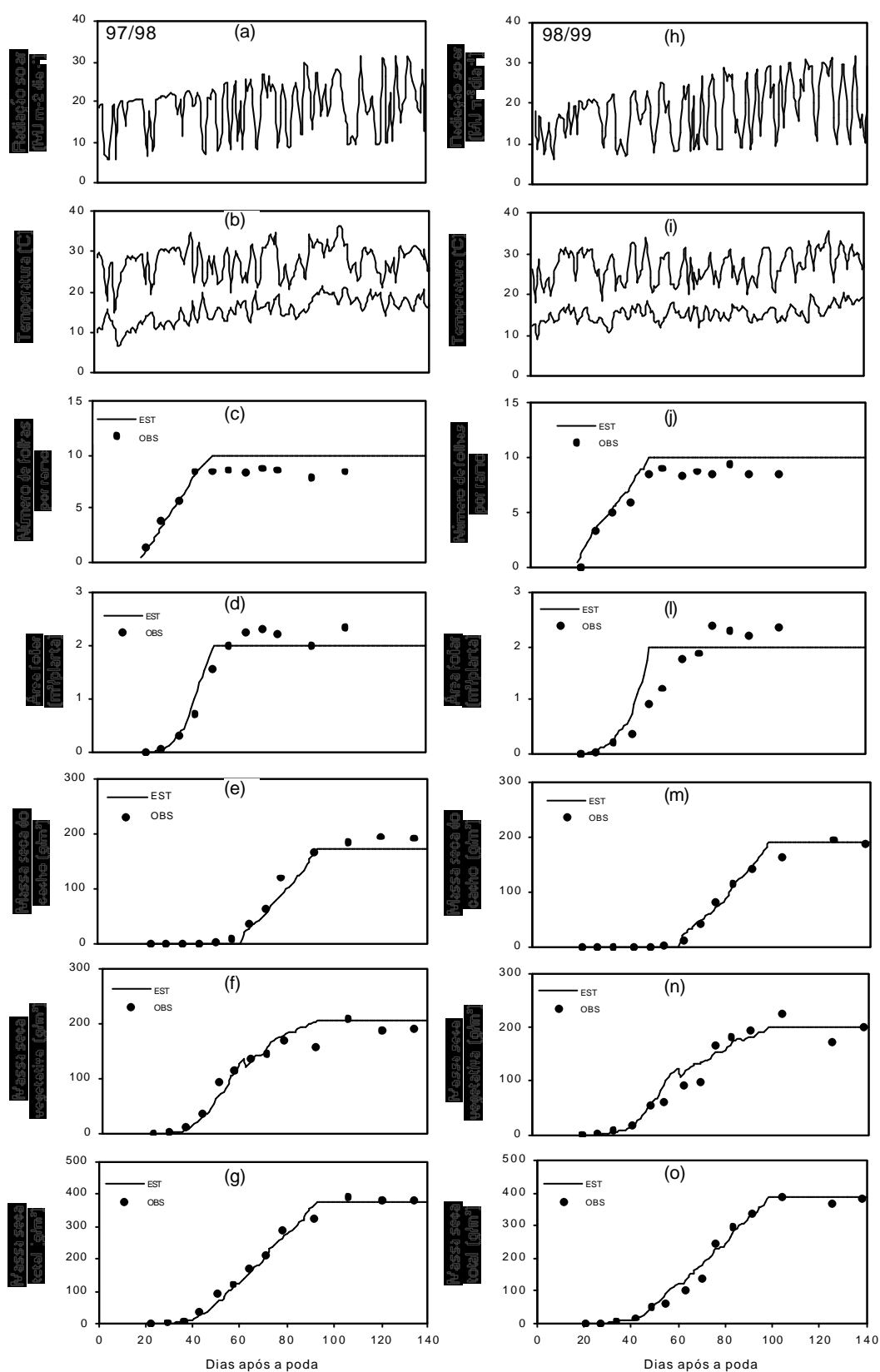
O modelo utilizado por BINDI *et al.* (1997) e adaptado à videira 'Niagara Rosada', conduzida em espaldeira, descreve razoavelmente bem o incremento de massa seca total, do cacho e da parte vegetativa e pode ser utilizado pelo viticultor. Entretanto, devido à simplicidade do modelo e do uso apenas da temperatura e radiação solar como dados de entrada, sugere-se que, para outras variedades e épocas de poda, sejam feitas novas parametrizações.

### Referências bibliográficas

- AMIR, J.; SINCLAIR, T.R. A model of temperature and solar radiation effects on spring wheat growth and yield. **Field Crop Res.**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 47-58, 1991.
- BINDI, M. *et al.* A simple model for simulation of ~~growth and development in grapevine~~ (*Vitis vinifera* L.) I. Model description. **Vitis**, Geneve, v. 36, n. 2, p. 67-71. 1997.
- GUTIERREZ, A.P.; WILLIAMS, D.W.; KIDO, H. A model of grape growth and development: the mathematical structure and biological considerations. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 5, p. 721-728, 1985.
- MIGLIETA, F.; GOZZINI, B.; ORLANDINI, S. Simulation of leaf appearance in grapevine. **Wein-Wiss**, Gusenheim, v. 47, n. 1, p. 41-45, 1992.
- MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R.; BENNET, J.M. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 338-343, 1990.



**Figura 3.** Variação do índice de biomassa dos cachos ( $IB_{FRUTO}$ ) em função do número de dias após a floração para a videira 'Niagara Rosada' conduzida em espaldeira.



**Figura 4.** Variação dos valores diários medidos de: radiação solar (a, h), temperaturas máxima e mínima (b, i); e valores estimados e observados de: número de folhas (c, j), área foliar (d, l), e acúmulo de massa seca dos cachos (e, m), das partes vegetativas (f, n) e total (g, o) para a videira 'Niagara Rosada' conduzida em espaldeira.

- PEDRO Jr, M.J.; HERNANDES, J.L.; PEZZOPANE, J.R.M. Modelo simplificado para simulação do crescimento e desenvolvimento da videira 'Niagara Rosada'. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XII, Fortaleza, 2001. **Anais...**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 637-638.
- PEDRO Jr, M. J. et al. Caracterização de estádios fenológicos da videira 'Niagara Rosada'. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, X, Fortaleza, 1990. **Anais...**, Fortaleza: Sociedade BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 1990. p.453-456.
- PEDRO Jr, M.J.; RIBEIRO, I.J.A.; MARTINS, F.P. Determinação da área foliar em videira, cultivar Niagara Rosada. *Bragantia*, Campinas, v. 45, n. 1, p. 199-204, 1986.
- PEDRO Jr, M. J. et al. Caracterização fenológica da videira 'Niagara Rosada' em diferentes regiões paulistas. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 153-160, 1993.
- REYNOLDS, J.F.; ACOCK, B. Predicting the response of plants in increasing carbon dioxide. A critique of plant growth models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 29, n. 2, p. 107-129, 1985.
- SPAETH, S.C. et al. Temperature, radiation and duration dependence of high soybean yields: measurement and simulation. **Field Crops Research**, Amsterdam,, v. 16, n. 4, p. 297-307. 1987.
- WERMELINGER, B.; BAUMGARTNER, J. A demographic model of assimilation and allocation of carbon and nitrogen in grapevines. **Ecological Modelling**, v. 53, n. 1, p. 1-26, 1991.
- WILLIAMS, D.W. et al. Validation of a model for the growth and development of the Thompson Seedless grapevine. I. Vegetative growth and fruit yield. **American Journal of Enology and Viticulture**, Lockford, v. 36, n. 4, p. 275-282, 1985.