

1. INTRODUÇÃO

Um modelo adequado da arquitetura da copa do cafeeiro é fundamental para a simulação da produtividade da cultura. A área foliar e a forma do dossel definem a superfície transpirante e de captura de radiação, afetando diretamente os balanços de água e de carbono. Além disso, o número e comprimento de ramos produtivos são relacionados com a altura da planta e diâmetro da saia.

A taxa de crescimento do dossel é função da velocidade de emissão de nós e da elongação dos internódios e depende de condições ambientais definidas pela temperatura, radiação, disponibilidade hídrica e nutricional. As variações dessas condições determinam o crescimento sazonal do cafeeiro no Brasil, ocorrendo rápido crescimento durante a estação quente e chuvosa (setembro a março) e lento na estação seca e mais fria (março a setembro) (Rena e Maestri, 1985).

Esse trabalho tem como objetivo propor um modelo do crescimento em altura do dossel do cafeeiro e testa-lo em condições de campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Modelo matemático

A taxa de formação de nós no ramo ortotrópico (ΔN) é computada diariamente, conforme a seguinte equação:

$$\Delta N = N_j - N_{j-1} = \sum_{j-1}^j GD \frac{1}{TX} FH \quad (1)$$

onde N é o número de nós no dia j , $\sum GD$ é a soma térmica, TX é o requerimento térmico para formação de um nó ($GD N^{-1}$) e FH é um fator que modifica TX em função da disponibilidade hídrica do solo.

A soma térmica é dada pelo cálculo dos valores positivos de graus-dia, calculado de acordo com a Equação 2:

$$GD = \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_b \quad (2)$$

onde T_{\max} , T_{\min} e T_b são temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura base, respectivamente. O fator hídrico é descrito pela seguinte relação (Doorembos e Kassam, 1969):

$$FH = 1 - Ky \left(1 - \frac{ETR}{ETP} \right) \quad (3)$$

na qual a deficiência hídrica é representada por um decréscimo linear da relação entre evapotranspiração real e potencial (ETR/ETP), de 1 para zero, a partir do nível de retenção de água no solo considerado crítico até o esgotamento total da água disponível do solo. O coeficiente Ky corresponde à fração do déficit de evapotranspiração relativa correspondente ao efeito do estresse hídrico.

O incremento em altura da planta (ΔA) é computado pelo produto entre a taxa de formação de nós (ΔN) e o comprimento do nó (C), de acordo com a seguinte equação:

$$\Delta A = \Delta N C FH FR \quad (4)$$

sendo C calculado em função da posição do nó no ramo ortotrópico, conforme Equação 5:

$$C = a \left(\frac{N_j + N_{j-1}}{2} \right)^b \quad (5)$$

sendo a e b coeficientes de regressão. Ainda na Equação 4, os fatores FH e FR modificam o crescimento do nó de acordo com a disponibilidade hídrica (Equação 3) e energética (radiação).

Finalmente, a altura da planta a cada dia é obtida pela soma dos incrementos diários ao valor de altura do dia anterior, ou seja:

$$A_j = A_{j-1} + \Delta A \quad (6)$$

2.2 Parametrização do modelo matemático

Dados de dois experimentos conduzidos em Londrina-PR foram usados para calibrar os valores de TX e T_b , derivar os coeficientes a e b da Equação 5 e testar o modelo. No primeiro experimento, a cultivar foi a Mundo Novo, conduzida em plantio adensado de 2,5 x 2,0m, com 2 plantas por cova; no segundo experimento, a cultivar foi a Catuaí, no espaçamento de 4m x 2,5m, com duas plantas por cova.

O modelo foi codificado em fortran 90. Os valores de FH foram simulados com dados diários da estação climática local do IAPAR. A capacidade de água disponível no solo (CAD) foi de 100mm, considerando-se 1m como profundidade de controle de umidade. Os valores da fração de água disponível (p) foram interpolados em função da demanda evaporativa (ETP), calculada pelo método FAO24-Penman, assumindo-se o cafeeiro como planta do grupo 3 (Doorembos e Kassam, 1969). Conseqüentemente, o armazenamento crítico ($p.CAD$) foi variável. A evapotranspiração real (ETR) foi calculada pelo produto entre ETP e valores de Kc (Tabela 1), que também foram interpolados durante cada fase fenológica. O fator FR foi constante igual a zero e 1 para PAR (radiação fotossinteticamente ativa) abaixo e acima de 5 e 10 MJ m² dia⁻¹, respectivamente, e interpolado nesse intervalo.

Tabela 1. Coeficientes de cultura (Kc) em diferentes estádios e fases fenológicas do cafeeiro

Estádio	Fase	Kc
II	Plantio-floração	0,4
III	Floração-cereja	0,8
IV	Cereja-maturação	0,8
V	Maturação-colheita	0,6
II	Colheita-floração	0,6

* Estádio II correspondente ao período vegetativo

¹ Área de Engenharia Agrícola, IAPAR, Cx. Postal 481, 86001-970, Londrina-PR, E-mail rtfaria@pr.gov.br

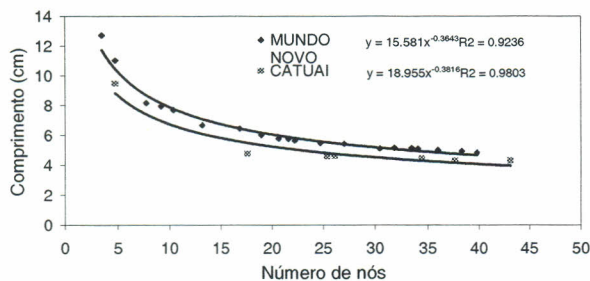


Figura 1. Comprimento do internódio em função do número de nós no ramo ortotrópico de cafeeiros Mundo Novo e Catuai

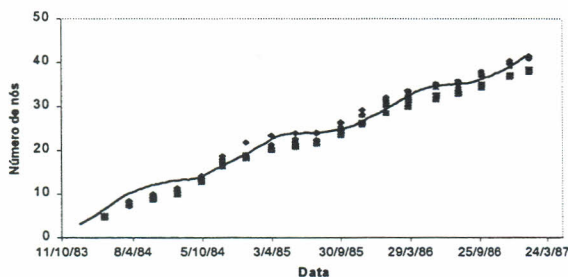


Figura 2. Número de nós no ramo ortotrópico simulado (linha) e observados (pontos) para cultivar Mundo Novo

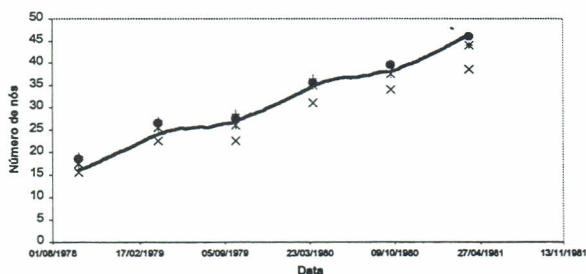


Figura 3. Número de nós no ramo ortotrópico simulado (linha) e observados (pontos) para a cultivar Catuai

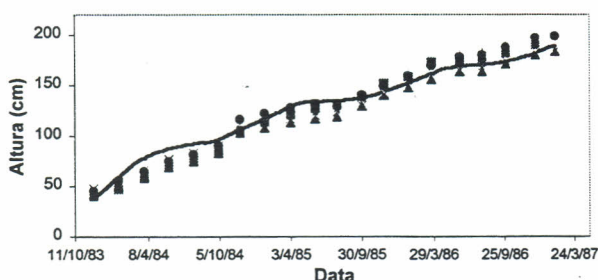


Figura 4. Altura da planta simulada (linhas) e observada (pontos) para a cultivar Mundo Novo

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento do internódio apresentou estreita relação com sua posição no ramo ortotrópico para as duas

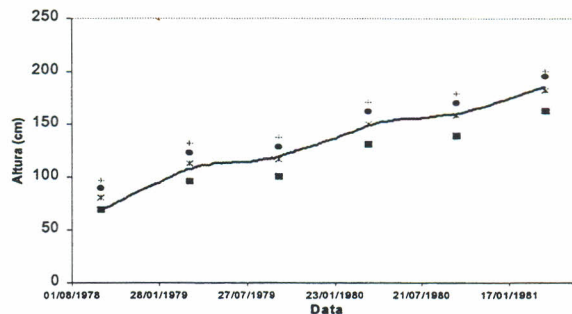


Figura 5. Altura da planta simulada (linhas) e observada (pontos) para cultivar Catuai

cultivares (Figura 1). Observou-se também um decréscimo acentuado do comprimento, da base do caule até cerca do 12º nó, havendo então tendência à estabilização. A catuai teve menor internódio que a Mundo Novo. A calibração do coeficiente TX revelou menor taxa de crescimento potencial para a Catuai, que requereu 170 GD N⁻¹, enquanto que o valor de Tx para a Mundo Novo foi de 170 GD N⁻¹. Assumiu-se T_b de 16°C para ambas cultivares. O menor internódio e menor taxa de emissão de nós da Catuai estão coerentes com as condições de campo, onde essa cultivar apresenta porte menor que a Mundo Novo.

Os cafeeiros apresentaram um padrão de crescimento sazonal típico do hemisfério sul, com aceleração da taxa de formação de nós e crescimento em altura durante a primavera, manutenção da taxa elevada durante o verão, seguido de decréscimo no outono e paralisação do crescimento no inverno. O modelo reproduziu adequadamente essa seqüência de curvas sigmóides, estimando, com precisão, a taxa de formação de nós (Figuras 3 e 4) e altura de plantas (Figuras 5 e 6) para ambas cultivares.

O efeito da desaceleração do crescimento durante a primavera foi obtido pela adoção de T_b elevada (16°C), enquanto que a baixa taxa de crescimento durante agosto e setembro foi devida ao fator hídrico, que restringiu o crescimento sob deficiência hídrica. Finalmente, o fator radiação restringiu o crescimento do internódio nos períodos de baixa disponibilidade de energia, representando o efeito de baixa atividade fotossintética.

4. CONCLUSÕES

O modelo proposto mostrou-se adequado para simular o crescimento vertical do cafeeiro em função de elementos climáticos.

5. REFERÊNCIAS

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.M. Yield response to water. **FAO Irrigation and Drainage Paper 33**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 139p, 1979.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M.M. Fisiologia do cafeeiro. In: **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 11 (126): 26-40, 1985.