

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR EM
CULTIVO DE CANA-PLANTA E CANA-SOCA DE UM
ANO EM SANTA MARIA, RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Joana Graciela Hanauer

**SANTA MARIA, RS, BRASIL
2011**

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE
DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CULTIVO DE CANA-PLANTA E
DE CANA-SOCA DE UM ANO EM SANTA MARIA, RS**

Joana Graciela Hanauer

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Nereu Augusto Streck

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

H233c Hanauer, Joana Graciela
Crescimento, desenvolvimento e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e cana-soca de um ano em Santa Maria, RS / por Joana Graciela Hanauer. – 2011.
81 f. ; il. ; 30 cm

Orientador: Nereu Augusto Streck
Coorientador: Luis Antonio de Avila
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2011

1. Agronomia 2. Saccharum officinarum 3. Cana-de-açúcar 4. Filocrono
5. Relações alométricas 6. Temperatura base 7. Produtividade I. Streck, Nereu Augusto II. Avila, Luis Antonio de III. Título.

CDU 633.61

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CANA-
DE-AÇÚCAR EM CULTIVO DE CANA-PLANTA E DE CANA-SOCA DE
UM ANO EM SANTA MARIA, RS**

elaborada por
Joana Graciela Hanauer

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Nereu Augusto Streck, Ph.D.
(Presidente Orientador)

Sandro Luís Petter Medeiros, Dr. (UFSM)

Luis Antonio de Avila, Ph.D. (UFPeI)

Santa Maria, 17 de fevereiro de 2011

A todos aqueles que
sempre estiveram ao meu
lado e a toda minha família,
especialmente meus pais
Aquiles e Leonilda Hanauer.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado fé e saúde e forças para chegar até aqui.

A meus pais Aquiles e Leonilda por terem me apoiado sempre que precisei e por ter me mostrado o caminho certo.

Aos meus irmãos e irmã, por todo apoio e por nunca me deixarem desistir.

As minhas cunhadas, ao meu cunhado e meus sobrinhos e sobrinhas.

A toda minha família pelo amor, compreensão e apoio durante o mestrado.

Ao professor Nereu Augusto Streck, por ter participado durante todo o processo de elaboração e execução desse trabalho sempre com muita dedicação, incentivo e amizade.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do trabalho de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos REUNI.

A todos os professores do Departamento de Fitotecnia e do Programa de Pós- Graduação em Agronomia pela colaboração e atenção.

Aos colegas e amigos Luana, Josana, Lilian, Taise, Bruno, Michel, Alencar, André e Franciscos meu sincero agradecimento pela contribuição na execução e coleta de dados deste trabalho de dissertação.

Aos colegas e amigos Isabel, Gizelli, Lidiane, Hamilton e Flávia pela amizade, companheirismo e ajuda sempre que precisei.

As minhas amigas Sandra e Cristiane pelo companheirismo, amizade e momentos de descontração desde a nossa graduação.

Ao meu namorado Marcelo pelo carinho, ajuda e compreensão durante a elaboração da dissertação.

A todos amigos pelo apoio e companheirismo.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pela ajuda na condução dos experimentos e pela amizade.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação o meu sincero agradecimento.

**"NO QUE DIZ RESPEITO AO DESEMPENHO, AO COMPROMISSO, AO ESFORÇO,
À DEDICAÇÃO, NÃO EXISTE MEIO TERMO. OU VOCÊ FAZ UMA COISA BEM
FEITA OU NÃO FAZ."**

AYRTON SENNA

**"SE PUDE VER MAIS LONGE, FOI PORQUE ME APOIEI SOBRE O OMBRO DE
GIGANTES!"**

ISAAC NEWTON

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CANA-DE- AÇÚCAR EM CULTIVO DE CANA-PLANTA E CANA-SOCA DE UM ANO SANTA MARIA, RS

AUTORA: Joana Graciela Hanauer

ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck

Local e data da defesa: Santa Maria, 17 de fevereiro de 2011

Os objetivos nesta dissertação foram estimar a temperatura base de aparecimento de folhas, determinar o filocrono, área foliar, perfilhamento, número de folhas na elongação do colmo e determinar a produtividade de colmos de três clones de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e de cana-soca de um ano. Um experimento de campo foi conduzido durante os anos de 2008 a 2010, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Os clones de cana-de-açúcar utilizados foram: IAC 822045 (ciclo precoce), SP 711406 (ciclo médio) e CB 4176 (ciclo tardio). O delineamento foi Blocos ao Acaso com quatro repetições. A temperatura base (T_b) foi estimada pela metodologia de menor quadrado médio do erro (QME) da regressão linear entre o número de folhas acumuladas (NF) e a Soma Térmica acumulada (STa). O filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) com base no número de folhas expandidas e número de folhas totais foi estimado usando como temperatura base 10°C . O filocrono foi calculado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e STa. Obtiveram-se modelos não lineares do tipo potência para a área foliar acumulada (AF) e o NF no colmo. Para determinação da produtividade utilizou-se quatro colmos na estação de crescimento de 2008/2009 e oito colmos na estação de crescimento de 2009/2010. O filocrono varia durante o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, tendo uma quebra em 15 folhas e aumentando na sequência $\text{FILO}_{\leq 15} > \text{FILO}_{\text{total}} > \text{FILO}_{> 15}$. O filocrono da cana-planta é menor que o filocrono da cana-soca de um ano para as primeiras 15 folhas. O filocrono com base no número de folhas expandidas em geral foi maior que o com base no número de folhas totais, especialmente para as primeiras 15 folhas. O modelo potência é apropriado para caracterizar a relação alométrica entre a evolução da área foliar verde acumulada a partir do número de folhas acumulado no colmo principal. O clone de ciclo médio (SP 711406) que teve perfilhamento mais lento e constante durante seu ciclo de desenvolvimento e apresenta colmos mais grossos e área foliar maior obteve maior produtividade no cultivo de cana-soca. O número de folhas totais varia de 14 a 18 folhas na elongação do colmo. A variação da produtividade de fitomassa verde de colmos é mais afetada pela constituição genética dos clones do que pela variação do ambiente.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*. Filocrono. Relações alométricas. Temperatura base. Produtividade.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

SUGARCANE GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD IN CROPS PLANT AND RATOONING OF ONE YEAR IN SANTA MARIA, RS

AUTHOR: Joana Graciela Hanauer

ADVISOR: Nereu Augusto Streck

Location and date of presentation: Santa Maria, February 17th, 2011.

The objectives of this Dissertation were to estimate the base temperature of leaf appearance, determine the phyllochron, leaf area, tillering, leaves number on stem elongation and determine the crop yield of three clones of sugarcane in crops plant and ratooning of one year. A field experiment was conducted during the years 2008 at 2010 at the experimental area of the Crop Science Department, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Three sugarcane clones were used: IAC 822045 (early), SP 711406 (medium) and CB 4176 (late). Experimental design was a complete randomizes block with four replications. Green leaf area was calculated from leaflet length and width. Base temperature (Tb) was estimated using the Mean Square Error (MSE) approach of the regression between accumulated leaf number (LN) and accumulated thermal time (TT). The phyllochron ($^{\circ}\text{C day leaf}^{-1}$) based on expanded and tip leaf number was estimating using 10°C as base temperature. Phyllochron was calculated as the inverse of the slope of the linear regression between NF and TT. We obtained nonlinear models of power type for the cumulative leaf area (AF) and NF stem. The productivity was determined used the four stems in the growing season of 2008/2009 and eight stems in the growing season 2009/2010. The phyllochron varies during the development sugarcane cycle, with a break point on 15 leaves and increasing following $\text{PHYL}_{\text{early}} < \text{PHYL}_{\text{entire}} < \text{PHYL}_{\text{late}}$. The phyllochron in crops plant is less than phyllochron ratooning of one year to the first 15 leaves. The phyllochron based on expanded leaves number in general was greater than that based on tip leaves number, especially for the first 15 leaves. The power model is appropriate to characterize the allometric relationship between the evolution of green accumulated leaf area from the accumulated number of leaves on main stem. The medium clone (SP 711406) which had slower tillering and constant during its development cycle and has thicker stem and larger leaf area had a greater productivity in the ratooning of one year. The tip number leaves ranges from 14 to 18 leaves at the elongation stem. A variation in the production of green biomass of stem is more affected by the genetic trait of clones than by changes on environment.

Key-words: *Saccharum officinarum*. Phyllochron. Allometric relationships. Base temperature. Sugarcane yield.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Representação esquemática do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Adaptado de Marin et al. (2009).....19
- Figura 2 – Zoneamento agroclimático para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, visando à produção de açúcar e álcool. Fonte: MALUF, et al. (2009). A área circulada corresponde a cidade de Santa Maria.....23
- Figura 3 – Valores diários de temperatura do ar mínima (Tmin) (A) e máxima (Tmax) (C), precipitação (B) e densidade de fluxo de radiação solar global (D) das estações de crescimento de 2008/2009 e 2009/2010 durante o experimento de cana-de-açúcar. Santa Maria, RS.....35
- Figura 4 – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica acumulada até a 15ª folha.....38
- Figura 5 – Número de perfilhos e de folhas expandidas em três clones de cana-de-açúcar (A= ciclo precoce: IAC 822045, B= ciclo médio: SP 711406 e C= ciclo tardio: CB 4176 para estação de crescimento 2008/2009 e D= ciclo precoce: IAC 822045, E= ciclo médio: SP 711406 e F= ciclo tardio: CB 4176 para estação de crescimento 2009/2010). Santa Maria, RS. Cada ponto é uma média de 16 plantas. Δ número de folhas expandidas cana-planta; \square número de perfilhos cana-planta. Os mesmos símbolos preenchidos indicam cana-soca para os respectivos valores.43
- Figura 6 – Estatura para cana-planta e cana-soca de um ano em três clones de cana-de-açúcar (A= ciclo precoce: IAC 822045, B= ciclo médio: SP 711406 e C= ciclo tardio: CB 4176). Santa Maria, RS, 2009-2010. Cada ponto é uma média de 16 plantas.....44
- Figura 7 – Relação entre a área acumulada de folhas expandidas (AFE) e número acumulado de folhas expandidas (NFE) no colmo de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 e (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-planta e de cana-soca de um ano.....46
- Figura 8 – Relação entre a área acumulada de folhas expandidas (AFE) e número acumulado de folhas expandidas (NFE) no colmo de três clones de cana-de-açúcar (Precoce = IAC 822045, Médio= SP 711406 e Tardio= CB 4176) durante a estação de crescimento 2008/2009 (A e C) e durante a estação de crescimento 2009/2010 (B e D) em cultivo de cana-planta (painéis da esquerda) e de cana-soca de um ano (painéis da direita)..47
- Figura 9 – Relação entre a área de folhas expandidas acumuladas (AFE) de três clones de cana-de-açúcar (Precoce = IAC 822045, Médio= SP 711406 e Tardio= CB 4176) e a data durante a estação de crescimento 2008/2009 (A e C) e durante a estação de

crescimento 2009/2010 (B e D) em cultivo de cana-planta (paineis da esquerda) e de cana-soca de um ano (paineis da direita).....48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios mensais de temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$), densidade de fluxo de radiação solar global ($\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$) e acumulado total mensal de precipitação (mm/mês) nas duas estações de crescimento de cana (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS.....	36
Tabela 2 – Temperatura base (T_b) em $^{\circ}\text{C}$ estimada para três clones de cana-de-açúcar (ciclo precoce: IAC 822045, ciclo médio: SP 711406 e ciclo tardio: CB 4176 em três anos para cultivos de cana-planta e cana-soca. Santa Maria, RS, 2008-2010.....	37
Tabela 3 – Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) em cana-de-açúcar considerando três fases [filocrono total ($\text{FILO}_{\text{total}}$), filocrono até 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}<15}$) e filocrono acima de 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}>15}$)] com base no número de folhas expandidas (NFE) e no número de folhas totais (NFT) em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS, 2008-2010.....	39
Tabela 4 – Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) em cana-de-açúcar considerando três fases [filocrono total ($\text{FILO}_{\text{total}}$), filocrono até 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}<15}$) e filocrono acima de 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}>15}$)] e dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS, 2008-2010....	40
Tabela 5 – Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) em cana-de-açúcar considerando três fases [filocrono total ($\text{FILO}_{\text{total}}$), filocrono até 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}<15}$) e filocrono acima de 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}>15}$)] e dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano em dois tipos de filocrono (com base em NFE e com base em NFT). Santa Maria, RS, 2008-2010.....	40
Tabela 6 – Data e número de folhas totais (NFT) média no início da elongação do colmo para três clones de cana-de-açúcar: IAC (ciclo precoce), SP (ciclo médio) e CB (ciclo tardio). Santa Maria, RS, 2008/2010.....	41
Tabela 7 – Data média de elongação do colmo em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010) e em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca). Santa Maria, RS, 2008-2010.....	49
Tabela 8 – Comprimento de colmo comercial (cm) em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano) em três clones (Ciclo precoce: IAC 822045, ciclo médio: SP 711406, ciclo tardio: CB 4176) em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS, 2008-2010.....	50
Tabela 9 – Número de entre-nós para em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010) e em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca). Santa Maria, RS, 2008-2010...50	50
Tabela 10 – Comprimento de entre-nós (cm) do colmo comercial de cana-de-açúcar para em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010) e em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca). Santa Maria, RS, 2008-2010.....	51
Tabela 11 – Produtividade de três clones de cana-de-açúcar (ciclo precoce: IAC 822045, ciclo médio: SP 711406, ciclo tardio: CB 4176) em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano). Santa Maria, RS, 2008-2010.....	52

ANEXOS

- ANEXO A – Variação do QME das equações de regressão para os valores de temperatura base para emissão de folhas estimada no cálculo da soma térmica para os três clones de cana-de-açúcar (A= IAC 822045, B= SP 711406 e C= CB 4176) em cultivo de cana-planta (D= IAC 822045, E= SP 711406 e F= CB 4176) em cultivo de cana-soca durante a estação de crescimento 2008/2009.....63
- ANEXO B – Variação do QME das equações de regressão para os valores de temperatura base para emissão de folhas estimada no cálculo da soma térmica para os três clones de cana-de-açúcar (A= IAC 822045, B= SP 711406 e C= CB 4176) em cultivo de cana-planta (D= IAC 822045, E= SP 711406 e F= CB 4176) em cultivo de cana-soca durante a estação de crescimento 2009/2010.....64
- ANEXO C – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.....65
- ANEXO D – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.....66
- ANEXO E – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.....67
- ANEXO F – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.....68
- ANEXO G – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.....69

ANEXO H – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.....	70
ANEXO I – Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.....	71
ANEXO J – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística pentafatorial realizada para variável filocrono. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo, Fator D= fases do filocrono e Fator E= tipos de filocrono.....	72
ANEXO K – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável número de folhas totais na data de alongação do colmo. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	74
ANEXO L – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável comprimento de colmo comercial (cm). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	75
ANEXO M – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável número de entre-nós por colmo comercial. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	76
ANEXO N– Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável comprimento de entre-nó (cm). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	77
ANEXO O – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável massa fresca de colmo comercial (kg). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	78
ANEXO P – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável número de colmos por cova. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	79
ANEXO Q – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável produtividade de colmos em fitomassa fresca (kg ha ⁻¹). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	80
ANEXO R – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável produtividade de colmos em fitomassa seca (kg ha ⁻¹). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.....	81

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Hipótese	17
1.2 Objetivo geral	17
1.3 Objetivos específicos	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 O gênero <i>Saccharum</i> spp.	18
2.2 Produção e produtividade de cana-de-açúcar	21
2.3 Zoneamento agroclimático para cultura da cana-de-açúcar	22
2.4 Denominações utilizadas para cultivos de cana-de-açúcar	24
2.5 Crescimento e desenvolvimento vegetal	25
2.6 Área foliar	25
2.7 Temperatura do ar e temperatura base para emissão de folhas	26
2.8 Número de folhas e filocrono	27
2.9 Relações alométricas em estudos de crescimento e desenvolvimento vegetal	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5. CONCLUSÕES	54
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
7. REFERÊNCIAS	56
8. ANEXOS	63

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o aumento da preocupação ambiental, cresce a necessidade de fontes alternativas de biocombustíveis para substituir o petróleo. O etanol (álcool) e o biodiesel são os principais biocombustíveis alternativos e o Brasil é o país com o maior potencial para produzir e exportar etanol (BRAGION, 2007). As regiões Sudeste e Nordeste do Brasil são as maiores produtoras de cana-de-açúcar do país, mas com a preocupação de aumentar as fronteiras de produção de álcool, a região Sul vem se tornando um potencial produtor, pois possui em determinados locais, pelo zoneamento agroclimático, regiões aptas para o cultivo apesar da região estar localizada em áreas de clima subtropical e temperado. De acordo com o zoneamento agroclimático atualizado para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, a cultura pode ser uma alternativa viável para o Estado, sendo que não há restrições de solo e clima que possam restringir o cultivo desta gramínea nos municípios listados no documento (MALUF et al., 2008).

Uma das tentativas para solucionar o problema energético que se estabeleceu no país após a crise do petróleo foi o Proálcool (Programa Nacional do Álcool) criado em 1975. Havia-se a necessidade de substituir a gasolina por outro combustível viável, pois o petróleo ainda era basicamente importado e os preços pressionavam a balança comercial brasileira (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991). Da mesma forma, também hoje se tem a preocupação com o aquecimento global por consequência da queima de combustíveis fósseis, que podem ser substituídos por biocombustíveis renováveis (STRECK et al., 2010a). O etanol, biocombustível proveniente da cana-de-açúcar é um desses combustíveis substitutos.

Há a possibilidade de ampliação do cultivo de cana-de-açúcar nas pequenas e médias propriedades gaúchas, sendo que investimentos em destilarias como a Cooperativa dos Produtores de Cana de Porto Xavier (Coopercana) já estão sendo feitos. O cultivo de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul dá a oportunidade para intensificar pesquisas com a cultura, especialmente no modo que se refere a caracterizar seu crescimento e desenvolvimento nas diferentes regiões, como por exemplo, a região Central do Rio Grande do Sul, já que estudos básicos são escassos e são importantes para definição de práticas de manejo visando altas

produtividades em regiões subtropicais (STRECK et al., 2010a). Estudos básicos que caracterizam o crescimento e desenvolvimento de cana-de-açúcar na região Central do Rio Grande do Sul são escassos, mas são importantes para definição de práticas de manejo visando altas produtividades, o que justifica a realização desse trabalho.

1.1 Hipóteses

- Entre os três clones de cana-de-açúcar estudados há o que melhor se adapta à região Central do Rio Grande do Sul.
- Há diferença na produtividade de um mesmo clone em cultivo de cana-planta e cana-soca.

1.2 Objetivo geral

Determinar as relações alométricas entre o desenvolvimento e o crescimento, e determinar a produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e cana-soca de um ano.

1.3 Objetivos específicos

- Estimar a temperatura base dos três clones de cana-de-açúcar;
- determinar o filocrono, área foliar, perfilhamento, número de folhas totais na elongação do colmo em cultivo de cana-planta e de cana-soca;
- determinar a produtividade de colmos de três clones de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e de cana-soca de um ano.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O gênero *Saccharum* spp.

A cana-de-açúcar descrita por Lineu (1753) (*Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*) é uma gramínea de porte alto, pertence à família Poaceae, da classe Liliopsida, representante da ordem Cyperales. Essa ordem é caracterizada por ter flores pequenas, sem perianto e protegidas por brácteas secas, reunidas em inflorescências. Atualmente, as espécies de cana-de-açúcar são híbridos classificados como *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinensis*, *S. barberi* e *S. robustum*. A cana-de-açúcar reproduz-se tanto sexualmente, através de sementes, como por propagação assexuada, através do colmo, que quando dividido em partes menores para o plantio é também chamado de tolete. A reprodução vegetativa é utilizada nos plantios comerciais, enquanto a reprodução por sementes é utilizada pelos programas de melhoramento genético para se obter novas cultivares (CESNIK; MIOCQUE, 2004). O fruto é seco do tipo cariopse com semente de endosperma abundante. O caule é um colmo com nós e entrenós (ocos ou cheios). As plantas são eretas, perenes e apresentam rizomas e a inflorescência é formada por racemos arranjados em grandes panículas (PARANHOS, 1987).

A cana-de-açúcar é considerada originária do Sudeste Asiático, na região da Nova Guiné e Indonésia (DANIELS; ROACH, 1987) e da Índia Ocidental (ARANHA; YAHN, 1987). É cultivada em uma ampla faixa de latitude desde 35°N a 30°S, ou seja, em regiões equatoriais, tropicais e subtropicais (MAGALHÃES, 1987). Apesar de ser originária de ambientes com alta disponibilidade de temperatura, radiação solar e água, adaptou-se a diversos climas, onde poderão ocorrer maiores ou menores restrições para sua produção (SUGUITANI, 2006). No Brasil, segundo Cesnik (2010) a introdução da cana-de-açúcar foi feita por de Martim Afonso de Souza, em 1502, na Capitania de São Vicente através de mudas provenientes da Ilha da Madeira. A cultura tem como produtos o açúcar e o álcool (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991).

A cana-de-açúcar é uma espécie com metabolismo fotossintético C₄, sendo por isso uma cultura de alta eficiência na conversão de energia radiante em química, principalmente se submetida a altas temperaturas e a uma radiação solar intensa. Além disso, a cana-de-açúcar pode

ser considerada uma planta rústica, pois consegue suportar condições adversas como secas que, outras gramíneas, como por exemplo, o milho não suportaria.

O ciclo de desenvolvimento da cultura possui quatro fases principais (Figura 1): emergência (cana-planta) ou brotação (cana-soca), perfilhamento, alongação do colmo e maturação (MARIN et al., 2009). A compreensão dessas fases é necessária para um correto manejo da cultura, visto que os tratos culturais são determinados pela fase em que a cultura se encontra.

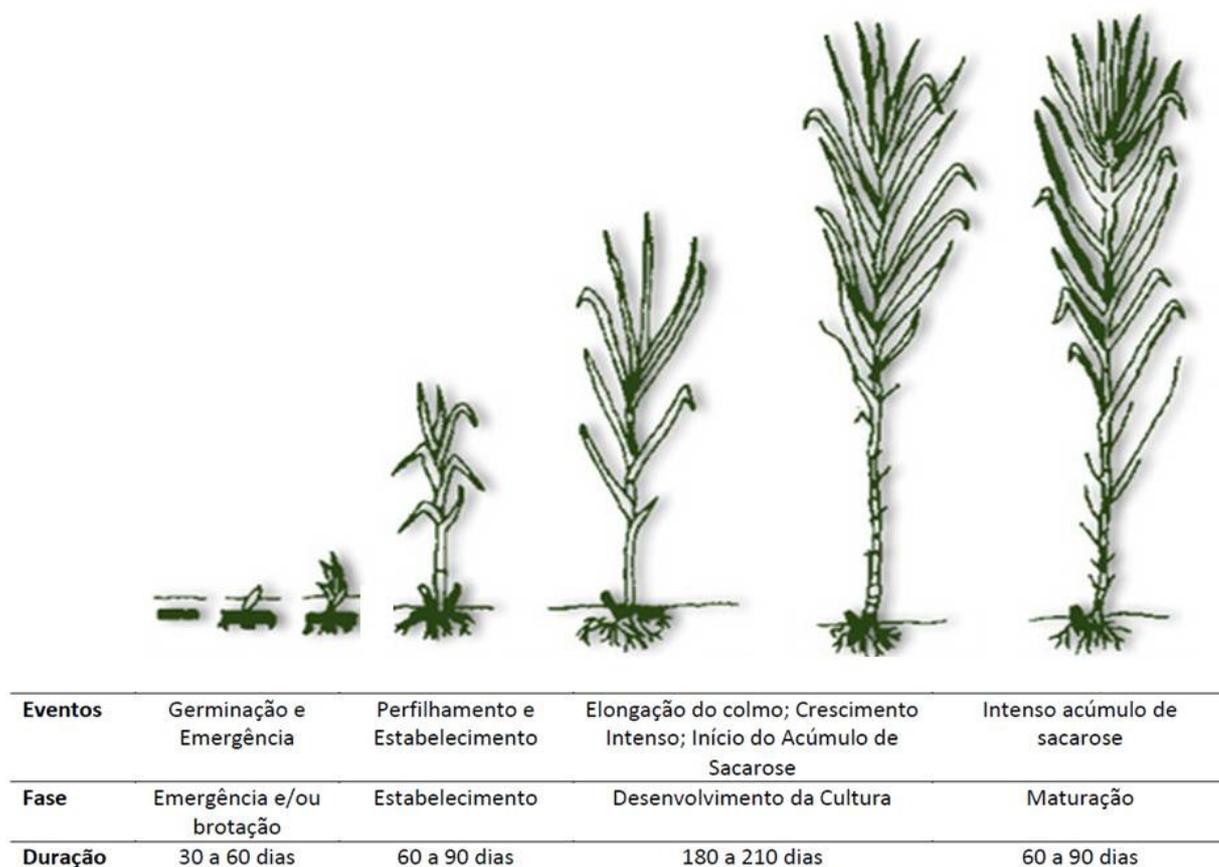


Figura 1- Representação esquemática do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Adaptado de Marin et al. (2009).

A fase de emergência e/ou brotação ocorre após o plantio dos toletes para cana-planta e após a colheita para cana-soca. Sob boas condições de solo e influenciada por fatores externos ao tolete (umidade, temperatura do solo e aeração) e por fatores internos (sanidade da gema, conteúdo de água e reservas do tolete) a brotação pode iniciar de sete a 10 dias e pode durar de 30 a 50 dias (PARANHOS, 1987).

A fase de estabelecimento da cultura de cana-de-açúcar envolve a formação de raízes, emissão de folhas e o perfilhamento (SUGUITANI, 2006). O perfilhamento inicia cerca de 40 dias após a emergência e pode continuar até 120 dias (MARIN et al., 2009), período em que o controle de plantas daninhas é de fundamental importância devido a competição inter-específica por radiação solar e nutrientes do solo. A formação de perfilhos é importante devido à contribuição a produtividade da cultura, pois o número de colmos por m² no momento da colheita é dependente do perfilhamento. Segundo Inmam-Bamber (1994), o pico de perfilhamento ocorre aproximadamente a 500°C para cana-soca e estabiliza em 1200°C devido atingir a soma térmica necessária para iniciar uma nova fase na cultura, a uma temperatura base de 16°C. Algumas cultivares perfilham precocemente e abundantemente, mas a maioria dos perfilhos não sobrevive devido a competição (RAMESH; MAHADEVASWAMY, 2000). O máximo do perfilhamento no Hemisfério Sul ocorre nos meses de novembro e dezembro, com uma queda devido à competição intra-específica por radiação solar (MACHADO, 1987) iniciando-se a senescência dos perfilhos depois de uma interceptação de 70% da PAR (Radiação Fotossinteticamente Ativa) associada com a duração fase contabilizada pela soma térmica (INMAM-BAMBER, 1994).

A sacarose sintetizada acumula-se no colmo, nos vacúolos do parênquima das células dos colmos mais velhos em seus entre-nós basais, com diminuição da concentração acropetalmente até o ápice da planta (MACHADO, 1987). No período em que se inicia a síntese de sacarose, ocorre também à alongação do colmo, fase de crescimento intenso da cultura e culmina com o acúmulo da sacarose. Quando as condições meteorológicas se tornam desfavoráveis ao rápido crescimento, o acúmulo de sacarose no colmo é estimulado, atingindo a maturação da cana-de-açúcar. De acordo com Maluf et al. (2008) esta condição é determinada pelas horas de frio (entre 20,0 a 7,0°C) e a diminuição do fotoperíodo no Rio Grande do Sul e pela estação seca na Região Sudeste do Brasil.

A maturação é a última fase dos processos fisiológicos da planta. A síntese de açúcares e sua translocação terminam quando da senescência das folhas, que também pode ser utilizada como um indicativo da maturidade do colmo, que está em processo de acúmulo da sacarose nos entre-nós alongados. A maturação pode também ser considerada sob o ponto de vista botânico e econômico. Botanicamente quando emite suas inflorescências e inicia a formação de sementes. Economicamente, pode se detectar a maturidade através do Índice de Maturação (IM) que fornece a relação entre os teores de brix dos extremos da planta (ápice e base) através de um refratômetro. Quando $0,9 < IM < 1,0$ a cana-de-açúcar é considerada madura. Se o $IM < 0,7$ a cana-de-açúcar está verde.

2.2 Produção e produtividade de cana-de-açúcar

A produção mundial de cana-de-açúcar totaliza quase 1,5 bilhão de toneladas e está localizada predominantemente na faixa tropical do planeta, nos países em desenvolvimento da América Latina, África e do Sudeste Asiático, sendo os principais produtores mundiais de cana-de-açúcar em ordem decrescente Brasil, Índia, Tailândia e Austrália (UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA, 2010).

No Brasil a área plantada, na safra 2009/10, com cana-de-açúcar é de 7.409,6 mil ha, com uma produtividade média de $81.585 \text{ kg ha}^{-1}$. Em relação à área total, o Estado de São Paulo é o maior produtor e representa 54,23% (4.357,01 mil hectares), seguido por Minas Gerais com 8,1% (649,94 mil hectares), Paraná com 7,25% (582,32 mil hectares), Goiás com 7,46% (599,31 mil hectares), Alagoas com 5,46% (438,57 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 4,93% (396,16 mil hectares) e Pernambuco com 4,32% (346,82 mil hectares) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2011). Em relação à produtividade, na Região Sudeste, o Estado de São Paulo é o mais produtivo com $87.815 \text{ kg ha}^{-1}$, na Região Sul a maior produtividade é no Paraná com $84.900 \text{ kg ha}^{-1}$, já na Região Centro-Oeste, tem-se o Estado do Mato Grosso do Sul com uma produtividade de também $87.785 \text{ kg ha}^{-1}$. Na Região Nordeste, o Estado de maior produtividade é a Bahia com $78.800 \text{ kg ha}^{-1}$ e na Região Norte, o Estado do Tocantins com $66.000 \text{ kg ha}^{-1}$ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2011).

No Rio Grande do Sul, o cultivo da cana-de-açúcar foi introduzido em 1725, nos municípios de Torres, Osório e Santo Antônio da Patrulha. Hoje, metade da produção do Estado concentra-se na região Noroeste do Estado, nas Missões e Médio Alto Uruguai, sendo os maiores produtores os municípios de Roque Gonzales e Porto Xavier (SEPLAG, 2010). Em relação à produção nacional, o Rio Grande do Sul foi responsável por 48,5 mil t na safra de 2009/2010, com uma produtividade de 46.826 kg ha⁻¹ em uma área de aproximadamente 1,04 mil ha (CONAB, 2011). O cultivo de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul está mais voltado a atender as demandas da agricultura familiar visando alimentação animal e agroindústrias de subprodutos da cana-de-açúcar.

Produtividades médias de 99,6 t ha⁻¹ foram registradas em estudos na Índia (KATHIRESAN et al., 2004). Segundo Pawar et al. (2005) em trabalho realizado na Índia, testando diferentes espaçamentos, o rendimento da cultura variou de 106,65 – 124,13 t ha⁻¹. Saini et al. (2003) em estudo realizado também na Índia, testando diferentes consórcios com a cultura da cana-de-açúcar encontrou uma produtividade de 72,7 t/ha para a testemunha (cana-de-açúcar sem consórcio).

Oliveira et al. (2007) em estudo com três cultivares (RB72454, RB855113 e RB855536) no Estado do Paraná encontraram produtividades que variaram de 116,5 t ha⁻¹ a 197,7 t ha⁻¹ em três épocas de amostragem. Silva et al. (2008), testando diferentes alturas de corte e diferentes épocas de colheita em estudo com os genótipos IAC86-2480 e RB72454 no Estado de São Paulo, encontraram produtividades que variaram de 78,18 t ha⁻¹ a 90,31 t ha⁻¹. Aude et al. (1992) encontrou produtividades médias de 82,5 t ha⁻¹ para duas épocas de plantio em cultivo de cana-planta em Santa Maria, Rio Grande do Sul.

2.3 Zoneamento agroclimático para cultura da cana-de-açúcar

De acordo com o zoneamento agroclimático elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Santa Maria não consta entre os municípios indicados para o cultivo de cana-de-açúcar. As datas de plantio para as cidades próximas a região de Santa Maria, como Formigueiro e Restinga Seca indicam os períodos 1 (1^o-10 de janeiro) a 15 (21-31 de maio) e 26 (11-20 de setembro) a 36 (21-31 de dezembro) para outros fins que não a

produção de açúcar e etanol (MAPA, 2008). Já no zoneamento agroclimático da FEPAGRO, para Santa Maria consta o período de 1° de outubro a 20 de março como indicado para plantio de cana-de-açúcar destinada à produção de álcool (Figura 2). Sendo o período de outubro a dezembro a época mais favorável para o cultivo da cana-de-açúcar de um ano e de janeiro a março para cultivo de cana-de-açúcar de um ano e meio ou mais. Aude et al. (1992) encontraram produtividades médias, em Santa Maria, de 82,4 t ha⁻¹ em plantio realizado nos meses de agosto e setembro e 127,8 t ha⁻¹ em plantio realizado no mês de março.

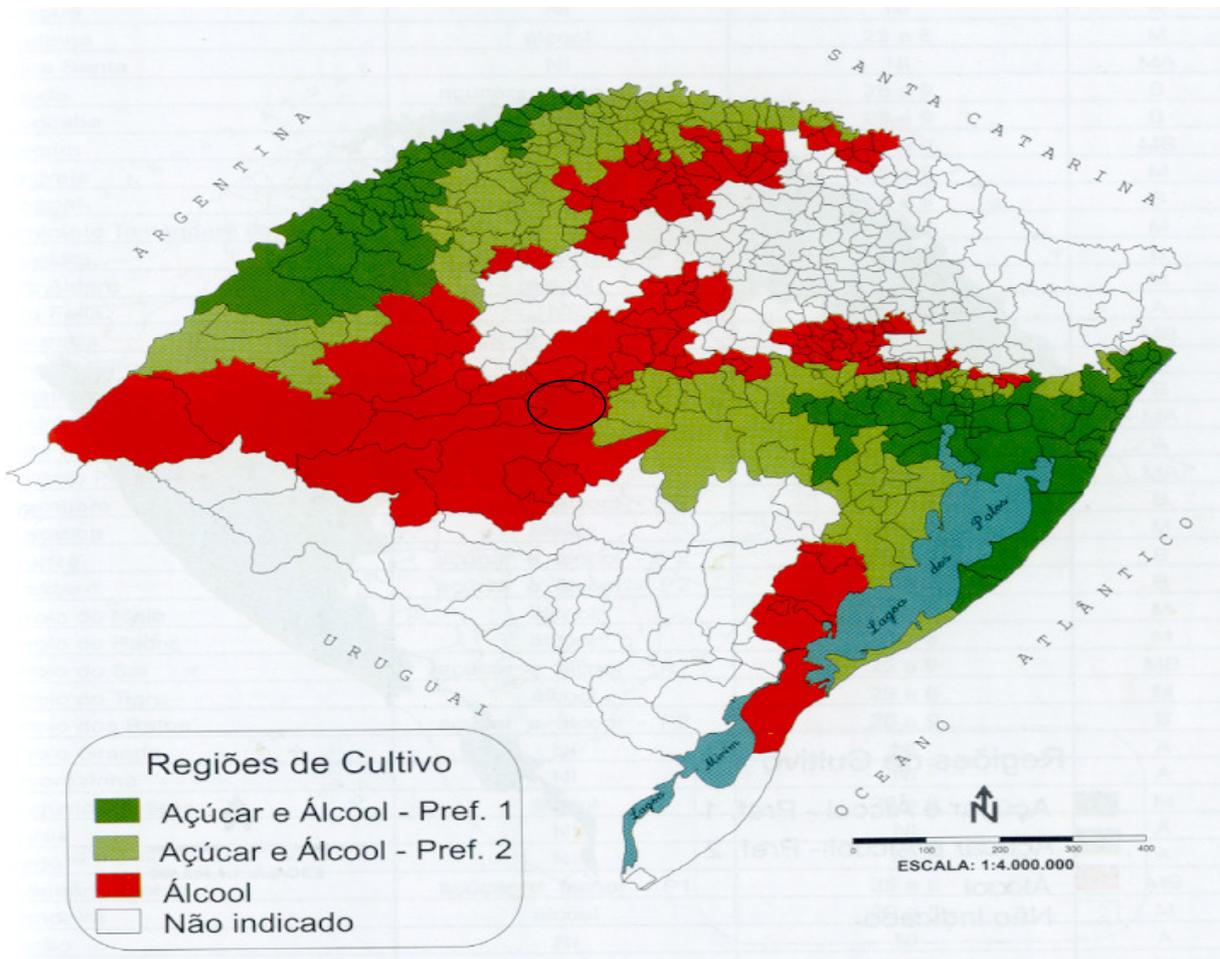


Figura 2- Zoneamento agroclimático para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, visando à produção de açúcar e álcool. Fonte: MALUF, et al. (2008). A área circulada corresponde ao município de Santa Maria.

2.4 Denominações dos sistemas de cultivos de cana-de-açúcar

Define-se como cana-planta a cana que foi plantada e sofre o primeiro corte. Cana-soca é a denominação dada a cana a partir do primeiro corte. O tempo para o primeiro corte depende da região de plantio. Em regiões tropicais, como por exemplo, no Estado de São Paulo, o cultivo da cana-de-açúcar pode ser separado em três grupos, segundo a época de plantio e número de cortes: a cana-de-açúcar plantada no final de cada ano cresce inicialmente sob condições de boa umidade no solo e alta temperatura, e é colhida após um ano, sendo esse sistema de cultivo denominado de “cana-planta de ano”. Quando a cana-de-açúcar é plantada no início de cada ano, cresce inicialmente sob condições de baixa umidade no solo e baixas temperaturas, será colhida após dezoito meses, esse sistema de cultivo é denominado “cana-planta de ano e meio”. Após o primeiro corte (primeira colheita), nos dois sistemas anteriores as plantas são colhidas, aproximadamente, após um ano e a partir de então o sistema passa a ser denominado de “cana-soca” (KUVA, 1999). Após seu primeiro corte o sistema de cultivo também pode ser denominado de soqueira, como por exemplo, terceira soqueira (quarto corte), quarta soqueira (quinto corte) (WEBER et al., 2001). A cana-de-açúcar por ser uma planta perene, pode produzir economicamente entre quatro a seis anos (TOWNSEND et al., 2002).

Em regiões subtropicais, como no sul dos EUA, a cana-de-açúcar é colhida anualmente e o crescimento inicial de ambas (cana-planta e cana-soca) ocorre a partir do final do inverno e início da primavera, quando as baixas temperaturas podem ainda reduzir a taxa de crescimento e desenvolvimento da área foliar (SINCLAIR et al., 2004), assim como também ocorre no Rio Grande do Sul.

A parte comercializável da cana-de-açúcar são os colmos. Define-se como colmo comercial a extensão do colmo a partir da superfície do solo até o início dos entre-nós imaturos, onde se realizam as podas na colheita (NETAFIM, 2008).

2.5 Crescimento e desenvolvimento vegetal

O crescimento e o desenvolvimento vegetal são processos relacionados e que podem ocorrer simultaneamente ou não. Desenvolvimento vegetal é o processo no qual células e órgãos passam por vários estágios identificáveis durante o seu ciclo de vida. O crescimento vegetal é o aumento irreversível em alguma dimensão física da planta ou de um de seus órgãos com o tempo, como é o caso do aumento em massa seca e em altura (WILHELM; McMASTER, 1995).

Durante a parte do desenvolvimento em que ocorre a emissão de folhas, o desenvolvimento vegetal pode ser determinado através da velocidade ou taxa de emissão de folhas, a qual ao ser integrada no tempo resulta no número de folhas acumuladas na haste principal (NF), que é uma apropriada medida de desenvolvimento vegetal (STRECK, 2002; STRECK et al., 2003).

2.6 Área foliar

A expansão da área foliar e o rendimento da cultura da cana-de-açúcar estão intimamente relacionados. Um rápido crescimento da área foliar permite maximizar a interceptação de radiação solar e acumulação de fitomassa, enquanto o crescimento lento do dossel pode limitar o rendimento final da cana-de-açúcar (INMAN-BAMBER, 1994), pois o acúmulo de fitomassa da cultura é significativamente dependente da radiação interceptada e de sua eficiência na produção de massa seca (ROBERTSON et al., 1998).

A área de folhas individuais pode ser medida por métodos destrutivos ou por métodos não destrutivos. Os métodos não destrutivos tem a vantagem de exigir menor número de plantas e conseqüentemente menor número de parcelas experimentais. Um dos métodos não destrutivos mais usados é pela multiplicação das dimensões lineares (largura e comprimento) das folhas por um fator de correção. Sinclair et al. (2004) encontraram valores de 0,711 a 0,730 (média de 0,720) do fator de correção para estimar a área individual das folhas de quatro cultivares de cana-de-açúcar.

2.7 Temperatura do ar e temperatura base para emissão de folhas

Devido à cana-de-açúcar ser uma planta perene, sofre a influência das variações dos elementos meteorológicos durante todo o ano. Para elevação dos níveis de sacarose, importante para a qualidade da matéria-prima fornecida à indústria sucroalcooleira (LEITE, 2008), é necessário que a cultura tenha níveis adequados de umidade no solo e temperatura durante o seu ciclo vegetativo. Assim, tem-se o máximo crescimento na fase vegetativa e o favorecimento de acúmulo de sacarose no colmo na época do corte. As temperaturas do ar no inverno no Rio Grande do Sul caracterizam um período de restrição à cultura, o qual substitui o período de estiagem das regiões tropicais (MALUF et al., 2008). As temperaturas entre 30°C e 34°C são consideradas ideais para o cultivo de cana-de-açúcar, iniciando-se estresse térmico acima de 35°C e praticamente anulando o crescimento com temperaturas acima dos 38°C (MARIN et al., 2009). As temperaturas baixas entre 7,0 e 20,0 °C ao desativarem o crescimento, promovem a maturação, determinando o acúmulo de sacarose até o ponto de colheita (Ponto de utilização comercial - PUI), sendo que temperaturas em torno de 17°C são benéficas para maturação, enquanto temperaturas de 2,5°C ou menores podem interromper ou limitar a maturação (MALUF et al., 2008).

A temperatura base (T_b) é definida como a temperatura abaixo da qual não ocorre desenvolvimento ou este é tão lento que pode ser considerado desprezível (McMASTER; WILHELM, 1997). O conhecimento da T_b dos clones de cana-de-açúcar é importante para se determinar a soma térmica necessária para completar os eventos de desenvolvimento durante a ontogenia da cultura. Na literatura existem trabalhos que estimaram a temperatura base em cana-de-açúcar. Campbell et al. (1998) estimaram a temperatura base de 7,8°C e 7,6°C para aparecimento de nós em clones de cana-de-açúcar. Já Bacchi e Sousa (1978) identificaram uma T_b de 19°C para aparecimento de folhas, enquanto Ferraris et al. (1992) encontraram uma T_b de 15°C e Inman-Bamber (1991) e Inman-Bamber (1994) relatam valores de 12°C e 10°C, respectivamente. Sinclair et al. (2004) estudando quatro diferentes clones de cana-de-açúcar encontraram diferentes temperaturas para cada um dos clones (11°C para o clone CP80-1743, 10,5°C para CP88-1762, e 10°C para CP72-2086 e CP89-2143), tendo uma temperatura base média de 10°C para emissão de folhas.

2.8 Número de folhas e filocrono

O número de folhas no colmo está relacionado com o surgimento de vários estágios de desenvolvimento e com a expansão da área foliar, a qual está relacionada com a interceptação da radiação solar, fotossíntese e acúmulo de biomassa (STRECK et al., 2005; DELLAI et al., 2005). A taxa de aparecimento de folhas em cana-de-açúcar é fortemente dependente da temperatura do ar (INMAN-BAMBER, 1994; BONNET, 1998; CAMPBELL et al., 1998; ROBERTSON et al., 1998). Uma das maneiras frequentemente usadas para calcular o NF nos modelos matemáticos é através do conceito de filocrono, definido como o intervalo de tempo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas na haste principal (WILHELM; McMASTER, 1995), tendo como unidade $^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$. Para se obter os valores de filocrono utilizando-se a soma térmica como unidade de tempo, faz-se necessário o conhecimento da temperatura base dos clones.

O filocrono tem sido estudado em várias culturas como morango (ROSA, 2010), mandioca (SCHONS et al., 2007), batata (STRECK et al., 2009a; PAULA et al., 2005), arroz (STRECK et al., 2007), milho (STRECK et al., 2009b), berinjela (MALDANER et al., 2009) e cana-de-açúcar (SINCLAIR et al., 2004; STRECK et al., 2010a). Em cana-de-açúcar, considerando-se uma T_b de 10°C , Inman-Bamber (1994) encontrou valores de filocrono variando de 109 e $118^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ até a folha 14 e 169 e $200^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ acima desta para as cultivares NCo376 e N12, respectivamente. Campbell et al. (1998) encontraram valores de $108,7^{\circ}\text{C dia nó}^{-1}$ para a cultivar Q117 e $126,6^{\circ}\text{C dia nó}^{-1}$ para a cultivar Q138, considerando uma T_b de $7,8^{\circ}\text{C}$ e $7,6^{\circ}\text{C}$ para as respectivas cultivares.

2.9 Relações alométricas em estudos de crescimento e desenvolvimento vegetal

Relações alométricas são frequentemente usadas em estudos básicos de crescimento e desenvolvimento vegetal. A alometria é o estudo sobre o tamanho relativo das várias partes de um organismo, ou seja, a variação de um órgão afeta a variação de outro órgão. Em produção vegetal, um exemplo de relações alométricas é a relação de crescimento das folhas com a emissão

de folhas, representadas, respectivamente, pela área foliar (ou índice de área foliar) e o número de folhas acumuladas na haste (SILVESTRE; EIRAS-DIAS, 2001; SINCLAIR et al., 2004; PIVETTA et al., 2007; MALDANER et al., 2009, STRECK et al., 2010). A estimativa da fitomassa aérea em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) por meio de relações alométricas tem tido aplicação teórica e prática, sendo essencial em estudos de fisiologia de crescimento, bem como para identificar respostas e prever a produção (VEGA et al., 2004).

Na área da ciência florestal, as relações alométricas têm sido muito utilizadas para estimar a biomassa florestal a partir de medidas simples como o diâmetro da árvore à altura do peito. As relações alométricas são construídas a partir de equações de regressão que relacionam, por exemplo, o diâmetro à altura do peito (DBH – “diameter at breast height”), a altura da planta, biomassa total, peso das folhas, etc. Aleixo et al. (2008) ajustaram equações que permitem estimar a biomassa aérea e subterrânea de *Leucaena leucocephala*. Xue et al. (2010) estudou as relações alométricas entre o peso médio de troncos, galhos, folhas e o peso da árvore, com suas trajetórias no tempo com dados de auto-desbaste em *Pinus densiflora*. Relações alométricas para a estimativa de fitomassa da parte aérea de *Kandelia candel* (L.) foram determinadas por Kahan et al. (2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29°43'S e longitude: 53°43'W, altitude: 95m) nas estações de crescimento 2008/2009 e 2009/2010. O solo do local é uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho distrófico arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Alissolo Hipocrômico argilúvico típico) (EMBRAPA, 1999; STRECK, E. V. et al., 2002). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (KUNINCHNER; BURIOL, 2001).

De acordo com o zoneamento agroclimático para a cultura da cana-de-açúcar para este local, devem-se plantar os toletes no início da primavera, ocorrendo o crescimento vegetativo da cultura até o final do outono e sua colheita se realiza no inverno, após os primeiros dias de horas de frio entre 20,0 e 7,0°C que provocará o acúmulo da sacarose, substituindo a estação de seca da região Sudeste (MALUF et al., 2008).

Os clones de cana-de-açúcar utilizados foram IAC822045 (ciclo precoce do Instituto Agrônomo de Campinas), SP711406 (ciclo médio da empresa Copersucar) e CB4176 (ciclo tardio desenvolvido em Campos de Goiatazes/ RJ) em cultivo de cana-planta e cana-soca de um ano. Estes clones foram usados, pois, apesar de terem sido desenvolvidos a bastante tempo, são ainda bastante utilizados nas pequenas propriedades da região Central do RS (STRECK et al., 2010a). O plantio da cana-planta na estação de crescimento de 2008/2009 realizou-se em 18 de setembro de 2008 e a brotação da cana-soca de um ano ocorreu em 30 de setembro de 2008 para os três clones. A cana-soca desta estação de crescimento havia sido plantada em 05 de novembro de 2007 e cortada em 16 de setembro de 2008. Na estação de crescimento de 2009/2010 o plantio dos toletes ocorreu em 27 de agosto de 2009 e a brotação da cana-soca de um ano ocorreu em 14 de setembro para o clone de ciclo precoce, 15 de setembro para o clone de ciclo medio e em 17 de setembro de 2009 para o clone de ciclo tardio.

O delineamento foi Blocos ao Acaso, com quatro repetições. Cada parcela tinha 24 m² com cinco linhas de 4,8 m de comprimento na direção Leste-Oeste. Como propágulos foram utilizados toletes com três gemas plantados em covas a 20 cm de profundidade no espaçamento

de 1,0 m entre fileiras e 0,8 m entre covas, totalizando seis toletes por fileira e 30 toletes por parcela. A adubação de base nos dois anos seguiu a recomendação para a cultura com base em análises de solo coletadas em julho de 2007, e constou da aplicação do fertilizante em sulcos próximo aos toletes, cerca de 20 cm de profundidade. A quantidade de fertilizante variou de 10,0 a 12,5 kg ha⁻¹ de N, 51,2 a 96,07 kg ha⁻¹ de P, e de 40 a 50 kg ha⁻¹ de K, dependendo da localização dos blocos. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi feita 90 dias após o plantio, em quantidades que variaram de 91,45 a 94,07 kg ha⁻¹ de N. As plantas daninhas foram controladas manualmente, sempre que necessário durante todo o experimento, a fim de minimizar o estresse biótico causado pela competição. Demais pragas não foram controladas, pois as populações não atingiram o nível econômico. A data de emergência foi considerada quando 50% do número total de plantas haviam emergido. Duas semanas após a emergência para cana-planta e da brotação para cana-soca, foram marcadas quatro plantas por parcela em duas linhas centrais com arame colorido, nas quais foram medidas as variáveis de crescimento, desenvolvimento e produtividade.

Nas plantas marcadas foram medidas as variáveis: número de folhas expandidas e número de folhas totais no colmo principal, área foliar, número de perfilhos, estatura de planta, número de folhas totais presentes no colmo na data da elongação deste colmo, número de colmos por cova, número de entre-nós por colmo comercial, comprimento de colmo comercial, fitomassa fresca de colmos e fitomassa seca de colmos comerciais.

Uma vez por semana foi contado número de folhas (de outubro de 2008 e outubro de 2009 até março do ano seguinte), considerando-se o número de folhas expandidas (NFE) e número de folhas totais (NFT). Uma folha foi considerada expandida quando estava com lígula visível e o NFT foi considerando o NFE mais o número de folhas não expandidas visíveis no cartucho. O comprimento da folha (C, a partir da lígula até a ponta da folha) e a maior largura da folha (L) de cada folha expandida foram medidos após o aparecimento da lígula e a área foliar (AF, cm²) destas folhas expandidas foi calculada como: $AF = f(C \times L)$, onde f é um fator de correção para a forma lanceolada da folha de cana, que se assumiu 0,72 (SINCLAIR et al., 2004).

O número de perfilhos por cova foi contado a cada quinze dias nas duas estações de crescimento. A estatura de plantas (da base do colmo até o colar visível da última folha expandida) a cada sete dias. A data de elongação do colmo foi observada diariamente a partir do

momento em que se iniciou a alongação do primeiro colmo até a mesma ocorrer em todas as plantas marcadas, contando-se nesta data o número de folhas totais presentes neste colmo. O critério para alongação utilizado foi o aparecimento do primeiro entre-nó visível na base do colmo da planta.

Para a determinação da produtividade de colmo dos clones foram utilizadas as medidas das seguintes variáveis: número de colmos por cova, número de entre-nós por colmo comercial, comprimento do colmo comercial e a fitomassa fresca e seca de colmo comercial.

O número de colmos por cova foi determinado no dia da colheita, utilizando-se a parcela útil, ou seja, as covas das duas linhas centrais da parcela. O número de entre-nós e o comprimento de colmo comercial dos clones foram medidos no momento da colheita. O comprimento de entre-nó do colmo principal foi calculado dividindo-se o comprimento do colmo pelo respectivo número de entre-nós presente nele. Três colmos comerciais (do nível do solo até o último entre-nó maduro) em cada parcela foram cortados em pedaços de aproximadamente 15 cm, pesada a fitomassa fresca, acondicionada em sacos de papel de 20 kg, com dimensões de 88 cm x 48 cm e colocada em estufa de ventilação forçada a 60°C até massa constante (fitomassa seca). Para a produtividade (kg ha^{-1}) foram usados quatro colmos comerciais por parcela na estação de crescimento 2008/2009 e oito colmos na estação de crescimento 2009/2010. A fitomassa fresca destes colmos foi pesada e a produtividade em kg ha^{-1} foi calculada utilizando-se a média de massa verde dos clones (g colmo^{-1}) e a média de colmos cova^{-1} considerando-se a área de parcela útil. A produtividade em fitomassa seca (kg ha^{-1}) foi calculada através da proporção de massa fresca encontrada em cada parcela.

Os dados diários de temperatura mínima e máxima do ar foram coletados em uma estação meteorológica convencional, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a aproximadamente 100m da área experimental. A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada de acordo com Arnold (1960):

$$\text{STd} = (\text{Tmed} - \text{Tb}) \cdot 1 \text{ dia} \quad (1)$$

em que: Tmed é a temperatura média do ar, calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diárias do ar, e Tb é a temperatura base para emissão de folhas na cana-de-açúcar. A soma térmica acumulada (STa, °C dia), a partir da data da emergência, foi calculada acumulando-se os valores de STd.

$$\text{STa} = \sum \text{STd} \quad (2)$$

Para determinação da temperatura base de emissão de folhas, utilizou-se o método do menor quadrado médio do erro (QME) da regressão linear entre o NF e a STa a partir da emergência (SINCLAIR et al., 2004; MARTINS et al., 2007, PAULA; STRECK, 2008). O valor de Tb é o que apresentou o menor QME encontrado nas equações de regressão linear simples (SINCLAIR et al., 2004; MARTINS et al., 2007; PAULA; STRECK, 2008).

A estimativa do filocrono para os três clones foi realizada utilizando-se a Tb de 10°C encontrada por Sinclair et al. (2004), a fim de se comparar os resultados encontrados com este trabalho e com o trabalho de Streck et al. (2010a) que também utilizaram a Tb de 10°C para as estimativas de filocrono.

O filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e STa (XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005). O filocrono foi calculado com base no número de folhas expandidas (FILO_{NFE}) e no número de folhas totais (FILO_{NFT}), denominados como tipos de filocrono. Além de calcular um filocrono único para toda a estação de crescimento ($\text{FILO}_{\text{total}}$), também foi calculado o filocrono para as primeiras 15 folhas ($\text{FILO}_{\leq 15}$) e para as folhas restantes ($\text{FILO}_{>15}$), denominados como fases de filocrono (STRECK et al., 2010a). Manteve-se também uma única análise de filocrono ($\text{FILO}_{\text{total}}$) para comparação com os resultados de Sinclair et al. (2004) que relataram valores de $\text{FILO}_{\text{total}}$ em quatro clones de cana-de-açúcar cultivada na Flórida, EUA, onde o clima é semelhante ao de Santa Maria, Brasil.

No dia 08 de janeiro de 2009 ocorreu um temporal com queda de granizo e rajadas de vento de até $31,4 \text{ ms}^{-1}$, o que causou danos às folhas de 10 a 15. No entanto, a emissão de folhas após esse evento meteorológico não foi afetada, e assim optou-se por continuar a contagem do número de folhas e a estimativa do filocrono foi realizada com os dados de número de folhas até o final do ciclo da cultura. A análise estatística foi realizada com auxílio do pacote estatístico SAS.

As relações alométricas entre a área acumulada de folhas expandidas (AFE) e NFE foram realizadas pelo ajuste dos dados a uma função potência: $y = ax^b$, em que y é a AFE, x é o NFE e “a” e “b” são coeficientes empíricos conforme PIVETTA et al. (2007); MALDANER et al. (2009).

Devido ao temporal no dia 08 de janeiro de 2009 acima referido e que causou danos às folhas de 10 a 15, as relações alométricas foram feitas apenas com NFE menor que dez para os

clones de ciclo precoce e tardio e NFE menor que 12 para o clone de ciclo médio na estação de crescimento 2008/2009.

A variável filocrono foi considerada um experimento pentafatorial com dois níveis do fator A (estações de crescimento), três níveis do fator B (clones), dois níveis do fator C (tipos de cultivo), três níveis do fator D (fases do filocrono) e dois níveis do fator E (tipos de filocrono). O filocrono foi calculado individualmente para cada planta (quatro plantas marcadas).

Os dados foram submetidos aos testes de pressuposições do modelo matemático incluindo a homogeneidade das variâncias, normalidade dos erros e independência. Para tanto, utilizou-se o teste de Homogeneidade de Bartlett, Teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e o Teste de independência Durbin-Watson. Os dados satisfizeram todas as condições dos testes.

Para a variável número de perfilhos plotou-se gráficos relacionando-se o número de perfilhos e o número de folhas expandidas nas datas de coleta dos dados. Para variável estatura de planta também foram plotados gráficos, os quais relacionam a estatura de planta com DAE (dias após a emergência). As variáveis número de folhas totais na elongação e produtividade foram considerados experimentos trifatoriais com dois níveis do fator A (estações de crescimento), três níveis do fator B (clones) e dois níveis do fator C (tipos de cultivo).

Os dados de filocrono, o número de folhas na elongação do colmo e os dados de fitomassa, assim como os demais componentes do rendimento, foram submetidos à análise da variância e as médias dos mesmos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. A análise estatística foi realizada com auxílio do pacote estatístico SAS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010) foram diferentes em termos de condições meteorológicas (Figura 3A, 3B, 3C e 3D). As temperaturas mínimas variaram de 3,6 a 24°C na estação de crescimento 2008/2009 e 5,3 a 29,6°C na estação de crescimento 2009/2010. As temperaturas máximas variaram desde de 15,0 até 38,8°C na estação de crescimento 2008/2009 e 14,0 a 39,2°C na estação de crescimento 2009/2010. A radiação solar variou de 4,5 a 25,3 MJ m⁻²dia⁻¹ no primeiro ano do experimento, e de 5,3 a 25,1 MJ m⁻²dia⁻¹ no segundo ano do experimento. A precipitação também teve um padrão diferente ao longo das duas estações de crescimento: um período seco ocorreu na estação de crescimento de 2008/2009 com apenas 15 mm de precipitação no período entre 08 de novembro de 2008 a 23 de dezembro de 2008. Na estação de crescimento de 2009/2010 o período de seca ocorreu no mês de março tendo uma precipitação de apenas 25,1 mm. Isso indica que as plantas passaram pelo período de menor disponibilidade de água em momentos distintos, pois em 2008 as plantas se encontravam na fase de estabelecimento e em 2010 na fase de maturação da cultura (Figura 1).

O ano de 2009/2010 foi de El Niño, o que acarretou chuva acima da normal em Setembro, Outubro e Novembro de 2009 e Janeiro de 2010, com menor disponibilidade de radiação solar devido ao elevado número de dias com chuva, comparado com o ano de 2008/2009, considerado ano normal em relação ao ENOS, em que teve chuva abaixo da normal em Setembro, Novembro e Dezembro de 2008 (Tabela 1). Estes anos distintos são importantes para comparar o crescimento e o desenvolvimento dos três clones, pois a diferença entre anos representou a variabilidade interanual que caracteriza a chuva deste local.

Para a estimativa da temperatura base (T_b), utilizaram-se os dados das duas estações de crescimento 2008/2009 e 2009/2010. Foi encontrada boa relação linear entre o desenvolvimento (número de folhas) e a temperatura do ar. Todas as equações de regressão entre número de folhas e STa para cada temperatura base testada para os clones tiveram valores do coeficiente de determinação (r²) altos (maiores do que 0,96), os QME destas regressões foram baixos (menores do que 0,6481 em cultivo de cana-planta e menores que 1,6880 em cultivo de cana-soca de um ano) em todas as equações.

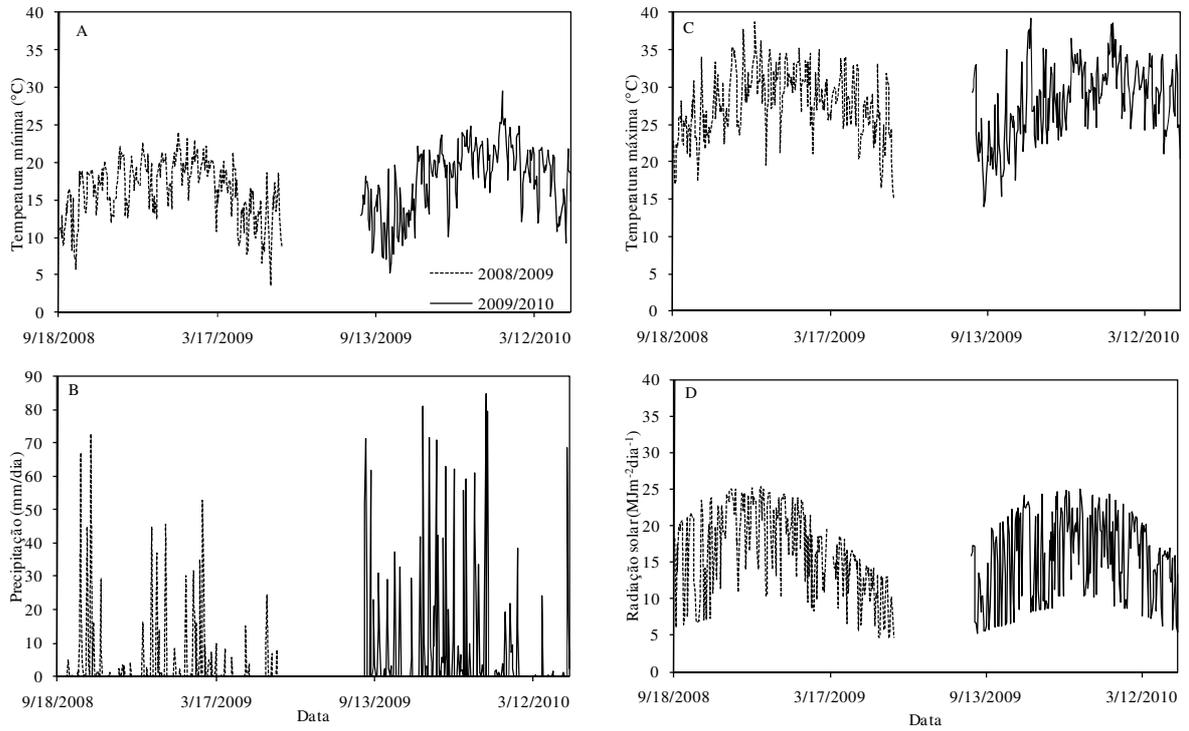


Figura 3- Valores diários de temperatura do ar mínima (Tmin) (A) e máxima (Tmax) (C), precipitação (B) e densidade de fluxo de radiação solar global (D) das estações de crescimento de 2008/2009 e 2009/2010 durante o experimento de cana-de-açúcar. Santa Maria, RS.

Tabela 1- Valores médios mensais de temperatura mínima do ar (°C), temperatura máxima do ar (°C), densidade de fluxo de radiação solar global (MJ m² dia⁻¹) e acumulado total mensal de precipitação (mm/mês) nas duas estações de crescimento de cana (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS.

Mês/ano	Tmin	Tmax	Rad. Solar	Precipitação
Set/2008	12,1	22,9	16,0	4,9
Out/2008	15,0	24,6	14,6	255,3
Nov/2008	17,2	29,2	20,2	43,9
Dez/2008	18,1	30,8	21,1	31,7
Jan/2009	18,1	29,9	19,7	162,1
Fev/2009	19,8	30,3	17,3	165,4
Mar/2009	18,4	29,2	14,6	131,8
Abr/2009	13,9	27,2	12,1	25,6
Média	16,6	28,0	16,9	820,7
Set/2009	12,5	20,8	11,1	345,6
Out/2009	13,5	25,5	16,7	108,7
Nov/2009	19,2	28,3	13,6	480,9
Dez/2009	19,9	29,8	19,3	305,7
Jan/2010	20,6	30,0	18,1	405,9
Fev/2010	22,0	31,7	16,9	124,7
Mar/2010	19,2	30,1	15,7	25,1
Abr/2010	15,4	27,4	13,1	101,4
Média	17,8	28,0	15,6	1898,0
Normal	16,3	27,1	-	1126,9

No ANEXO A e B tem-se a variação do QME das equações de regressão para os valores de temperatura base para emissão de folhas estimada no cálculo da soma térmica para os três clones de cana-de-açúcar nos dois tipos de cultivo durante as duas estações de crescimento. Os valores de temperatura base de emissão de folhas estimadas para os três clones de cana-de-açúcar estão na tabela 2. Nota-se, primeiro que os valores estimados para os clones no cultivo de cana-planta são maiores que no cultivo de cana-soca; segundo, que os valores altos de Tb estimados em clone em um ano não são os valores altos para o mesmo clone no outro ano; e terceiro, os valores de Tb não são menores no ano 2008/2009 comparado com 2009/2010 exceto para os clones SP 711406 e CB 4176 na cana-planta. Estes resultados indicam inconsistência e dúvidas de qual valor é o mais apropriado para representar a Tb de cada clone. Assim, os resultados quanto a Tb não são conclusivos. A média dos três clones nos dois anos no cultivo de cana-planta (16,5°C) é próximo ao encontrado por Bacchi e Sousa (1978) que encontraram uma Tb de 19°C e ao encontrado por Ferraris et al. (1992) de

15°C. Já o valor médio de 10°C referente à média dos três clones na estação de crescimento 2008/2009 no cultivo de cana-soca é similar ao relatado por Inman-Bamber (1991) e por Inman-Bamber (1994) de 12°C e 10°C, respectivamente, e por Sinclair et al. (2004) que encontraram uma temperatura base de 10°C para emissão de folhas. No entanto, para os valores estimados para os três clones na estação de crescimento 2009/2010 para cana-soca não foi encontrado nenhum valor próximo na literatura.

Tabela 2- Temperatura base (Tb) em °C estimada para três clones de cana-de-açúcar (ciclo precoce: IAC 822045, ciclo médio: SP 711406 e ciclo tardio: CB 4176 em três anos para cultivos de cana-planta e cana-soca. Santa Maria, RS, 2008-2010.

Estação de crescimento	Cana-planta			Cana-soca		
	Clones			Clones		
	IAC 822045	SP 711406	CB 4176	IAC 822045	SP 711406	CB 4176
2008/2009	17,5	14,5	16,0	9,5	9,0	11,5
2009/2010	16,5	17,5	17,5	0,0	2,0	2,5

Quando plotadas as médias de NF em função da STa (Tb= 10°C) para cada planta, tanto para NFE quanto para NFT nos dois tipos de cultivo ao longo da estação de crescimento nos dois anos, notou-se que existe uma relação linear entre as duas variáveis (NF e STa) com elevados coeficiente de determinação entre 0,96 e 0,99, o que indica que a temperatura do ar é um fator de grande influência na emissão de folhas de cana-de-açúcar e que a estimativa do filocrono pelo método da regressão linear é uma metodologia apropriada como preconizado por XUE et al., (2004) e STRECK et al., (2005).

Quando plotado o NFE e o NFT com a soma térmica o resultado é uma tendência geral linear, mas ao observar-se esta tendência com mais cautela, verificou-se que ocorre uma quebra bilinear nesta tendência em 15 folhas (Figura 4), o que já foi relatado em estudos anteriores para cana-de-açúcar (INMAM-BAMBER, 1994; BONNET, 1998; SINCLAIR et al., 2004; STRECK et al., 2010a), trigo (KIRBY, 1995) e morango (ROSA, 2010).

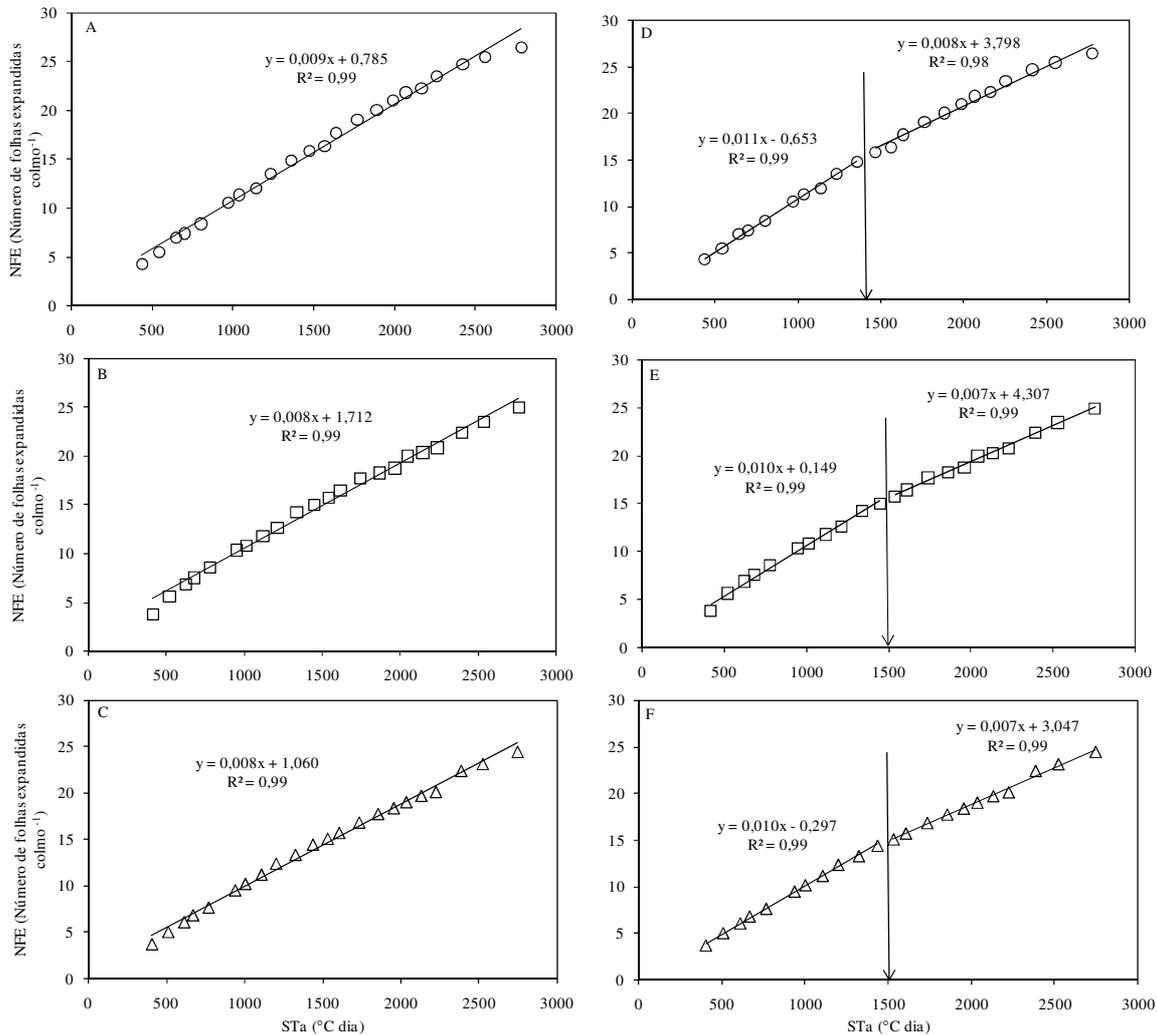


Figura 4- Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) precoce = IAC 822045, (B) médio= SP 711406 e (C) tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica acumulada até a 15ª folha.

Dentre os cinco fatores principais, quatro tiveram efeito significativo sobre o filocrono (estação de crescimento, fase de filocrono, tipo de filocrono, tipo de cultivo), sendo que somente o fator clone não alcançou significância a 5% de probabilidade. Entre estes fatores principais, o que teve o quadrado médio mais elevado foi fase de filocrono (29.669,10) e o menor foi o do efeito clone (19,39). Estes resultados sugerem que o filocrono é mais afetado pela ontogenia da cultura e menos afetado pela constituição genética dos clones. As interações triplas significativas foram estação de

crescimento x tipo de filocrono x fase de filocrono (Tabela 3), estação de crescimento x tipo de cultivo x fase do filocrono (Tabela 4) e tipo de cultivo x tipo de filocrono x fase de filocrono (Tabela 5).

Tabela 3- Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) em cana-de-açúcar considerando três fases [filocrono total ($\text{FILO}_{\text{total}}$), filocrono até 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}<15}$) e filocrono acima de 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}>15}$)] com base no número de folhas expandidas (NFE) e no número de folhas totais (NFT) em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Estação de crescimento	NFE			NFT		
	$\text{FILO}_{\text{total}}$	$\text{FILO}_{\text{NF}\leq 15}$	$\text{FILO}_{\text{NF}>15}$	$\text{FILO}_{\text{total}}$	$\text{FILO}_{\text{NF}\leq 15}$	$\text{FILO}_{\text{NF}>15}$
2008/2009	108,3AbA*	98,3AcA	124,1AaB	107,5AbA	83,7BcB	125,5AaA
2009/2010	112,0AbA	98,3AaA	137,0AaA	108,6AbA	91,5BcA	128,0BaA

* Letras maiúsculas comparam na linha tipo de filocrono dentro de cada fase em cada estação de crescimento. Letras minúsculas comparam na linha as fases do filocrono dentro das estações de crescimento em cada tipo de filocrono. Letras maiúsculas em itálico comparam na coluna as estações de crescimento dentro de cada fase em cada tipo de filocrono. Médias seguidas pela mesma letra não diferem de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV 8,06%.

Os três clones tiveram médias de filocrono de $111,8^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ (IAC 8220045), $111,8^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ (SP 711406) e $111,0^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ (CB 4176) não diferindo entre si. O filocrono com base em NFE foi menor nas fases $\text{FILO}_{\leq 15}$ nos dois tipos de cultivo, já para $\text{FILO}_{\text{total}}$ e $\text{FILO}_{>15}$ não houve diferença significativa (Tabela 4). A diferença entre as estações de crescimento para $\text{FILO}_{\text{total}}$ no cultivo de cana-soca de um ano foi influenciada pelo alto valor de filocrono na fase $\text{FILO}_{>15}$ (Tabela 4). Esta resposta não linear do aparecimento das folhas pode ser uma das principais causas da diferença do filocrono em diferentes gramíneas (XUE et al., 2004; STRECK et al., 2008; STRECK et al., 2010b).

Entre as fases do filocrono, o filocrono aumentou na sequência $\text{FILO}_{\leq 15} > \text{FILO}_{\text{total}} > \text{FILO}_{>15}$ nas duas épocas de cultivo, nos dois tipos de cultivo tanto para filocrono com base no número de folhas expandidas (NFE), quanto para número de folhas totais (NFT) (Tabelas 3, 4 e 5). Resultados semelhantes já foram encontrados em estudos anteriores (INMAM-BAMBER, 1994; BONNET, 1998; SINCLAIR et al., 2004, STRECK et al., 2010a) e reforçam que as folhas que aparecem mais cedo (abaixo do ponto de ruptura de 15 folhas) tem uma velocidade de surgimento maior (filocrono menor) do que as folhas que aparecem mais tarde (acima do ponto de ruptura) (Figura 4). A diferença na velocidade de emissão de folhas em cana-de-açúcar ao

longo da estação de crescimento, com as primeiras 15 folhas tendo maior taxa de aparecimento que as folhas superiores talvez possa ser explicada por uma mudança na força de dreno causada pelo acúmulo de açúcar no colmo da planta. Para Sinclair et al. (2004) esta diferença pode ser influenciada por uma mudança no microclima existente dentro do dossel de cana-de-açúcar, porém Campbell et al. (1998) não encontraram esta diferença na velocidade de emissão de folhas, pois seu experimento foi conduzido em ambiente controlado.

Tabela 4- Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) em cana-de-açúcar considerando três fases [filocrono total ($\text{FILO}_{\text{total}}$), filocrono até 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}<15}$) e filocrono acima de 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}>15}$)] e dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Estação de crescimento	Cultivo	Fase do Filocrono		
		$\text{FILO}_{\text{total}}$	$\text{FILO}_{\text{LN}<15}$	$\text{FILO}_{\text{LN}>15}$
2008/2009	Cana-planta	109,3AbA *	86,4BcA	131,1AaA
	Cana-soca	106,5AbB	95,6AcB	118,5BaB
2009/2010	Cana-planta	103,9BbB	87,0BcA	124,5BaB
	Cana-soca	117,3AbA	103,5AcA	141,2AaA

* Letras maiúsculas comparam na coluna tipo de cultivo dentro de cada estação de crescimento em cada fase de filocrono. Letras minúsculas comparam na linha as fases do filocrono dentro de cada estação de crescimento em cada tipo de cultivo. Letras maiúsculas em itálico comparam na coluna as estações de crescimento dentro de cada fase de filocrono em cada tipo de cultivo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV 8,06%.

Tabela 5- Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) em cana-de-açúcar considerando três fases [filocrono total ($\text{FILO}_{\text{total}}$), filocrono até 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}<15}$) e filocrono acima de 15 folhas ($\text{FILO}_{\text{LN}>15}$)] e dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano em dois tipos de filocrono (com base em NFE e com base em NFT). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Tipo de cultivo	NFE			NFT		
	$\text{FILO}_{\text{total}}$	$\text{FILO}_{\text{NF}\leq 15}$	$\text{FILO}_{\text{NF}>15}$	$\text{FILO}_{\text{total}}$	$\text{FILO}_{\text{NF}\leq 15}$	$\text{FILO}_{\text{NF}>15}$
Cana-planta	106,9AbB*	91,7AcB	129,0AaA	106,4AbA	81,8BcB	126,6AaA
Cana-soca	113,5AbA	105,2AbA	131,9AaA	109,8AbA	93,5BcA	126,8AaA

* Letras maiúsculas comparam na linha tipo de filocrono dentro de cada fase em cada tipo de cultivo. Letras minúsculas comparam na linha as fases do filocrono dentro dos tipos de cultivo em cada tipo de filocrono. Letras maiúsculas em itálico comparam na coluna tipos de cultivo dentro de cada fase de filocrono em cada tipo de filocrono. Médias seguidas pela mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV 8,06%.

Na tabela 6 é apresentada a data e o NFT no início da elongação do colmo para os três clones de cana-de-açúcar na estação de crescimento 2008/2009 e 2009/2010. Nota-se que o início da elongação do colmo ocorreu quando as plantas tinham 15 a 18 folhas na estação de crescimento 2008/2009 e 10 a 15 folhas na estação de crescimento de 2009/2010.

Tabela 6- Data e número médio de folhas totais (NFT) média no início da elongação do colmo para três clones de cana-de-açúcar: IAC (ciclo precoce), SP (ciclo médio) e CB (ciclo tardio). Santa Maria, RS, 2008/2010.

Tipo de cultivo		Clone		
		IAC 822045	SP 711406	CB 4176
Estação de crescimento 2008/2009				
Cana-planta	Data	29/01/2009	30/01/2009	29/01/2009
	NFT	18,9	18,3	17,6
Cana-soca	Data	12/01/2009	13/01/2009	11/01/2009
	NFT	15,9	18,4	16,4
Estação de crescimento 2009/2010				
Cana-planta	Data	30/12/2009	30/12/2009	28/12/2009
	NFT	15,1	14,4	10,6
Cana-soca	Data	20/12/2009	20/12/2009	20/12/2009
	NFT	10,1	11,3	13,4

O filocrono com base no NFE em geral foi maior que o com base em NFT especialmente para as primeiras 15 folhas (Tabela 3 e 5), o que indica que há um acúmulo de folhas não expandidas no cartucho durante o período de cultivo (STRECK et al., 2010a), semelhante ao que acontece também com a cultura do milho (STRECK et al., 2009b). Estes resultados indicam que, dependendo de como é medido o número de folhas (se baseado em folhas expandidas ou totais), o filocrono não é o mesmo na planta de cana-de-açúcar.

Comparando-se o filocrono da cana-planta com o da cana-soca, nota-se que o filocrono da cana-planta é menor que o filocrono da cana-soca de um ano (Tabela 4). Estes resultados indicam uma maior velocidade de emissão de folhas na cana-planta e a implicação destes resultados é que esta maior emissão de folhas compensa o atraso no início do estabelecimento da cultura na cana-planta comparado com a cana-soca, que brota antes na primavera. A menor

velocidade de emissão de folhas na cana-planta resultou em menor número de folhas no final do experimento comparado com a cana-soca de um ano (Figura 5).

Os valores para $FIL O_{total}$ para número de folhas expandidas encontradas neste trabalho variaram de 103,9 - 113,5°C dia folha⁻¹. Valores de filocrono encontrados por Sinclair et al., (2004) em quatro clones de cana-de-açúcar variaram de 87 - 118°C dia folha⁻¹ e Streck et al. (2010a) encontraram valores variando de 87,7 - 113,2°C dia folha⁻¹. Inmam-Bamber (1994) encontrou valores variando de 109 - 118°C dia folha⁻¹ em dois clones de cana-de-açúcar, o que indica que o filocrono em cana-de-açúcar se mantém semelhante em diferentes ambientes.

O perfilhamento teve diferenças nos dois tipos de cultivo, sendo que em cultivo de cana-soca de um ano teve-se um número maior de perfilhos que no cultivo de cana-planta (Figura 5). Em relação aos clones, o de ciclo precoce em cultivo de cana-soca de um ano foi o que apresentou maior perfilhamento principalmente na estação de crescimento 2009/2010. O clone de ciclo médio foi o que em geral teve um perfilhamento menor. O número de perfilhos aumentou a partir da emergência (cana-planta) ou brotação (cana-soca) e após atingir um valor máximo, decresceu e estabilizou após o fechamento do dossel (Figura 5). A senescência dos perfilhos ocorre após este fechamento do dossel, quando a PAR (radiação fotossinteticamente ativa) atingir além de 70%, iniciando-se assim uma rápida mortalidade dos perfilhos (mais de cinco perfilhos m⁻² durante um intervalo de duas semanas) (INMAM-BAMBER, 1994). Segundo Ramesh e Mahadevaswamy (2000), em estudo do efeito da seca nas diferentes fases do ciclo de cana-de-açúcar, constataram que as cultivares que tinham menor perfilhamento apresentaram menores porcentagens de mortalidade de perfilhos, seus perfilhos possuíam maior estatura, diâmetro de colmo e maior massa seca em relação às de maior perfilhamento, confirmando os resultados encontrados neste estudo, onde o clone de ciclo médio perfilhou menos tendo menor mortalidade de perfilhos ao longo do ciclo (Figura 5).

O crescimento mais lento dos perfilhos no clone de ciclo médio (Figura 5B, 5E) pode ter sido o responsável pelo maior acúmulo de fitomassa de colmos (Tabela 11), fato semelhante ao que foi constatado por Oliveira et al. (2007) com a cultivar RB72454 em relação as outras cultivares estudadas. Terauchi e Matsuoka (2000) relatam que o elevado perfilhamento na fase inicial pode ser uma característica inadequada, pois promoveria um gasto energético maior para a produção destes perfilhos, o que acabaria não refletindo em aumento de produtividade, pois se necessitaria de características morfológicas que favorecessem a interceptação da radiação solar

até os perfilhos para que estes se desenvolvessem. Oliveira et al. (2007) também constatou uma correlação negativa entre o número de perfilhos e a produtividade em massa seca com a cultivar RB85536, o que reforça esta hipótese.

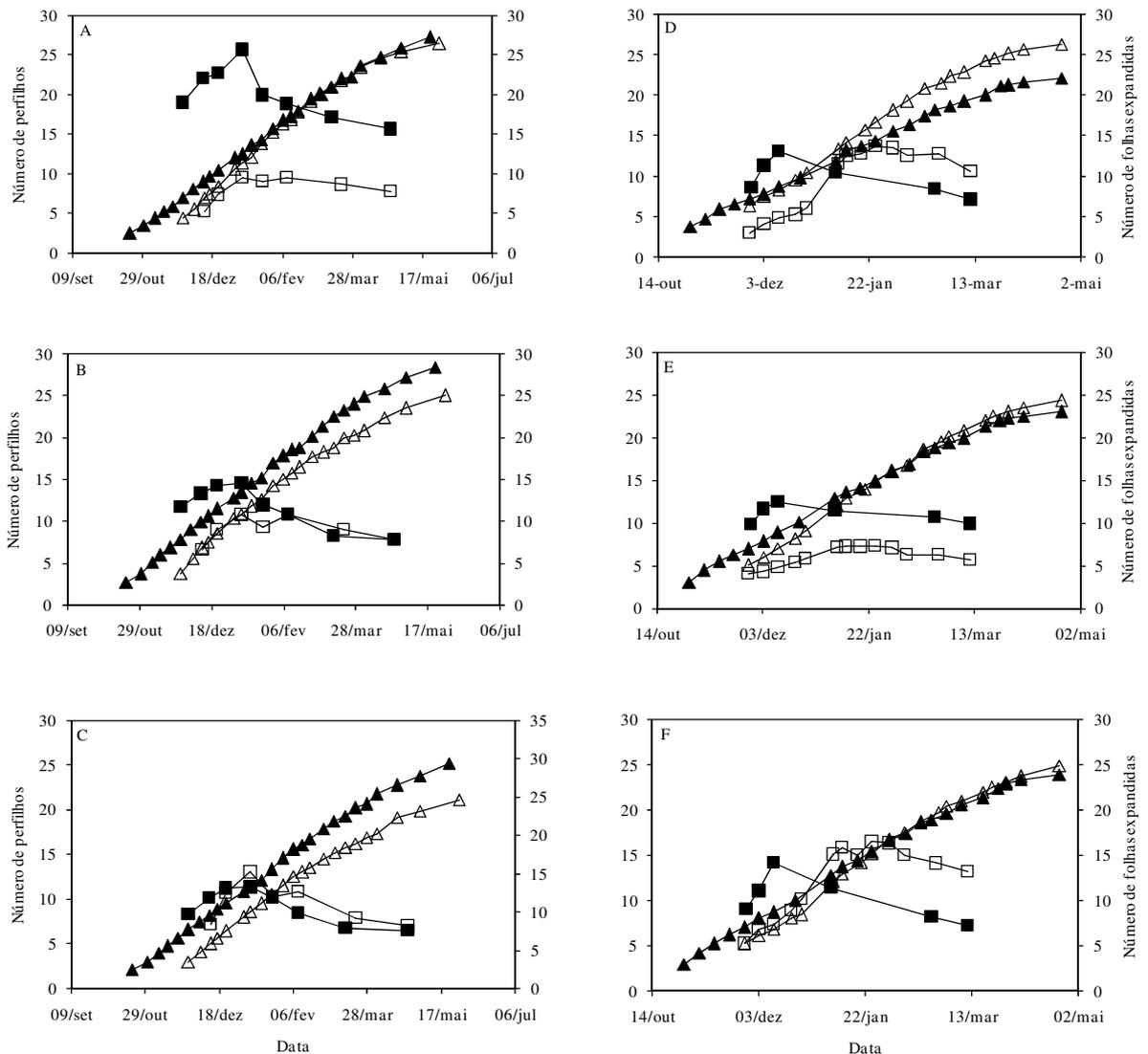


Figura 5- Número de perfilhos e de folhas expandidas em três clones de cana-de-açúcar (A= ciclo precoce: IAC 822045, B= ciclo médio: SP 711406 e C= ciclo tardio: CB 4176 para estação de crescimento 2008/2009 e D= ciclo precoce: IAC 822045, E= ciclo médio: SP 711406 e F= ciclo tardio: CB 4176 para estação de crescimento 2009/2010). Santa Maria, RS. Cada ponto é uma média de 16 plantas. Δ número de folhas expandidas cana-planta; \square número de perfilhos cana-planta. Os mesmos símbolos preenchidos indicam cana-soca para os respectivos valores.

A estatura das plantas foi maior para os clones precoce e médio no cultivo de cana-soca, tendo valor similar a cana-planta no clone tardio (Figura 6). Nota-se o resultado da brotação mais cedo da cana-soca em relação à emergência da cana-planta na primavera.

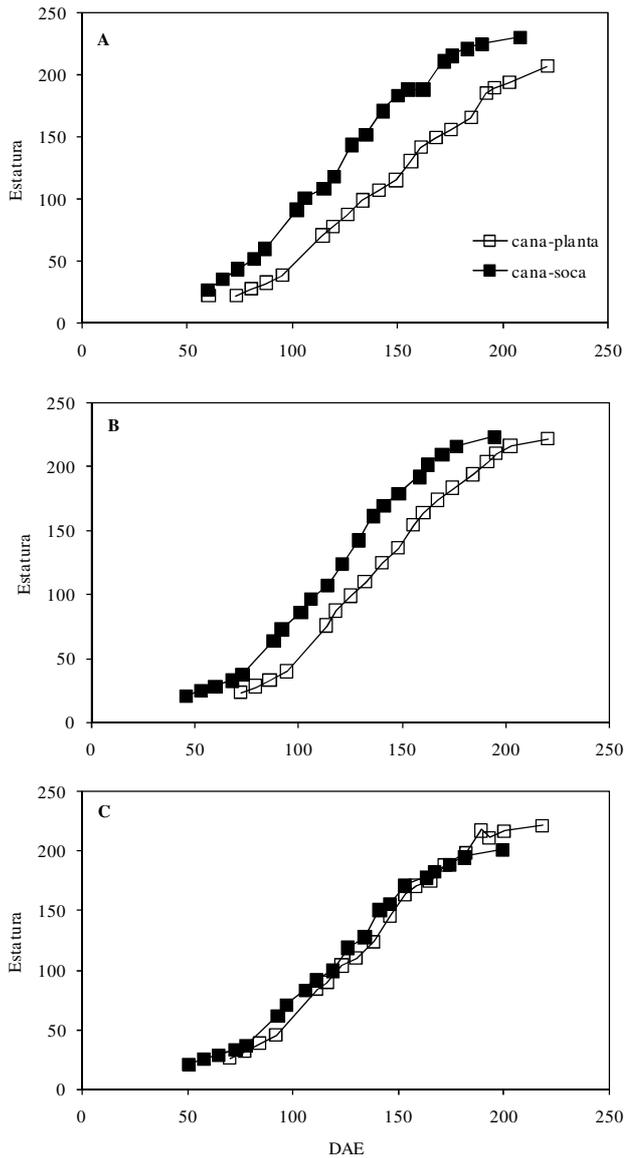


Figura 6- Estatura para cana-planta e cana-soca de um ano em três clones de cana-de-açúcar (A= ciclo precoce: IAC 822045, B= ciclo médio: SP 711406 e C= ciclo tardio: CB 4176). Santa Maria, RS, 2009-2010. Cada ponto é uma média de 16 plantas.

As relações alométricas entre a área acumulada de folhas expandidas no colmo e o número acumulado de folhas expandidas (Figura 7) tem elevado coeficiente de determinação (0,99) da equação potência o que está de acordo com trabalhos já realizados em cana-de-açúcar (SINCLAIR et al., 2004; STRECK et al., 2010a), videira (SILVESTRE; EIRAS-DIAS, 2001), tomate (PIVETTA et al., 2007), berinjela (MALDANER et al., 2009) e morango (ROSA, 2010).

Na primeira estação de crescimento as folhas foram de tamanho similar para os clones precoce, médio na cana-planta e na cana-soca e na segunda estação de crescimento as folhas foram maiores na cana-planta (Figura 7A, 7B, 7D e 7E) enquanto no clone tardio, as folhas foram de tamanho similar na cana-planta e na cana-soca nas duas estações de crescimento (Figura 7C e 7F). Folhas menores na segunda estação de crescimento podem estar associadas com a menor disponibilidade de radiação solar em Novembro e Dezembro de 2009 comparado com Novembro e Dezembro de 2008 (Tabela 1), que pode ter determinado menor expansão foliar (menor radiação solar para fotossíntese e crescimento das células).

Entre clones, na primeira estação de crescimento o de ciclo tardio teve folhas maiores na cana-planta e na cana-soca (Figura 8A e 8C) enquanto na segunda estação de crescimento o clone de ciclo médio teve folhas maiores na cana-planta (Figura 8B) e na cana-soca o clone tardio teve maiores folhas (Figura 8D). Essas diferenças de resposta entre estações de crescimento e tipos de cultivo são reflexo das diferenças de ambiente nos dois anos (Tabela 1) e é um exemplo da elevada interação genótipo x ambiente em cana cultivada em regiões subtropicais.

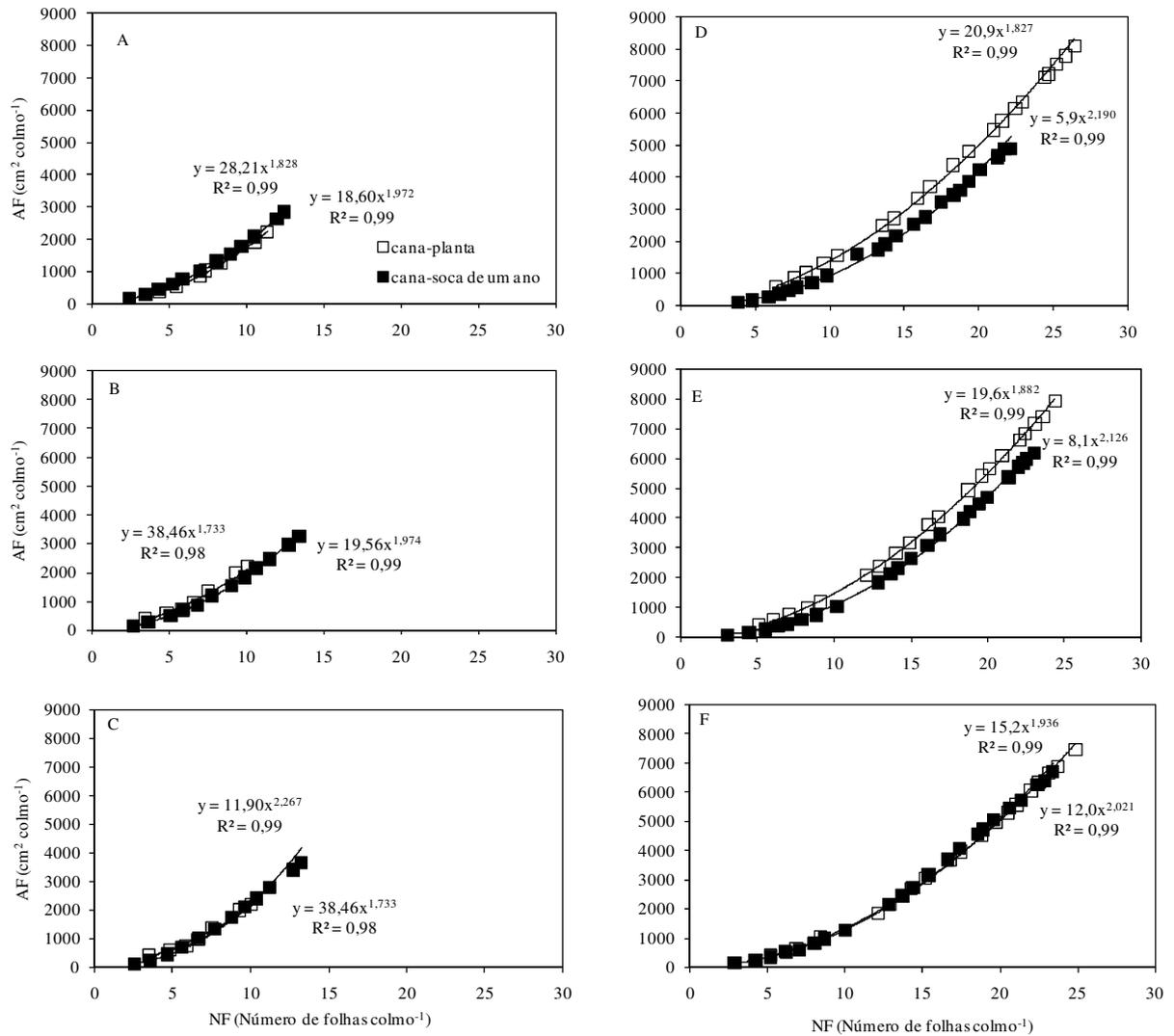


Figura 7- Relação entre a área acumulada de folhas expandidas (AFE) e número acumulado de folhas expandidas (NFE) no colmo de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 e (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-planta e de cana-soca de um ano.

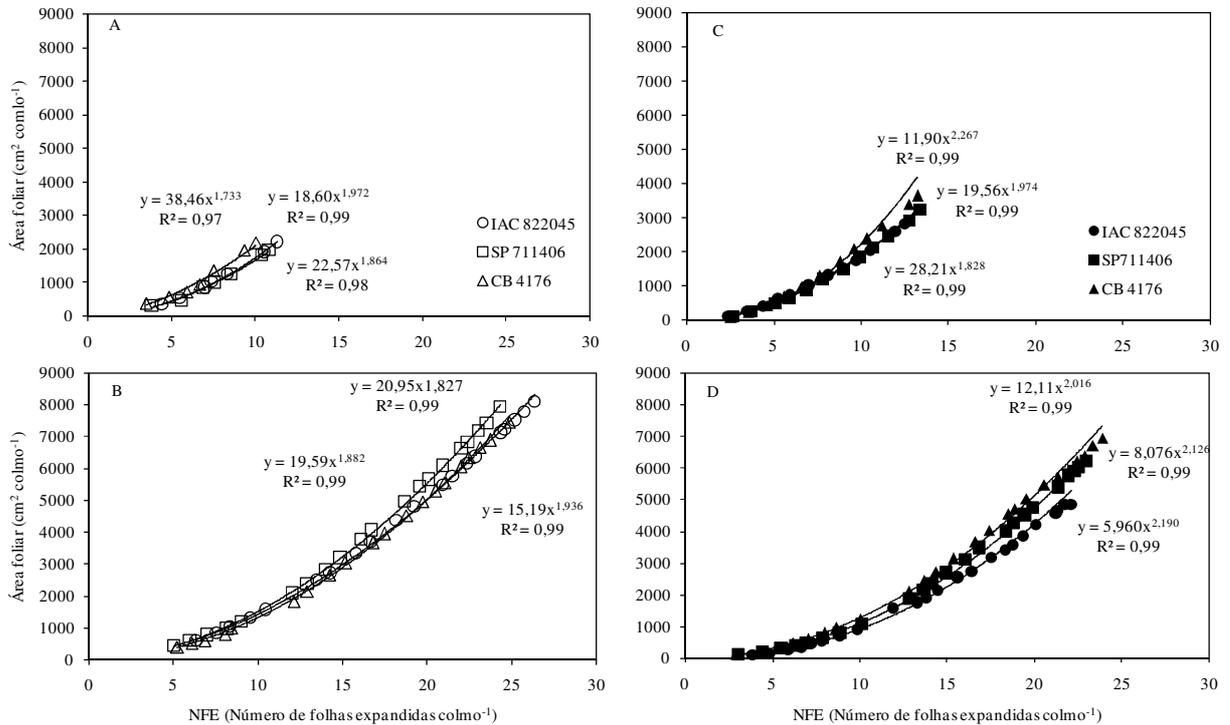


Figura 8- Relação entre a área acumulada de folhas expandidas (AFE) e número acumulado de folhas expandidas (NFE) no colmo de três clones de cana-de-açúcar (Precoce = IAC 822045, Médio= SP 711406 e Tardio= CB 4176) durante a estação de crescimento 2008/2009 (A e C) e durante a estação de crescimento 2009/2010 (B e D) em cultivo de cana-planta (painéis da esquerda) e de cana-soca de um ano (painéis da direita).

O cultivo de cana-soca produziu menor área foliar na estação de crescimento 2009/2010 (Figura 7), situação inversa a estação de crescimento 2008/2009. Entre os clones o de ciclo tardio foi o que produziu a maior área foliar em cultivo de cana-soca nas duas estações de crescimento. Em cultivo de cana-planta a maior área foliar foi do clone de ciclo precoce (Figura 9), o que também foi relatado por Streck et al. (2010a) em estudo com três cultivares de ciclo precoce, médio e tardio em cultivo de cana-planta. A cana-soca produziu menor área foliar, mas geralmente produziu maior número de perfilhos (Figura 5), tendo maior produtividade de colmos com o clone de ciclo médio (Tabela 11). Leme et al. (1984) observaram correlação positiva entre o IAF e rendimento, sendo que as cultivares com os maiores valores médios de IAF mostraram maior rendimento final em toneladas de colmo por hectare. Oliveira et al. (2007) verificaram com a cultivar RB855113 que seus altos valores de área foliar não repercutiram na maior produtividade entre cultivares. Para Medina et al. (1970), valores de IAF acima de 4,0 seriam

desfavoráveis para a fotossíntese, pois proporcionariam uma aceleração no processo de senescência das folhas.

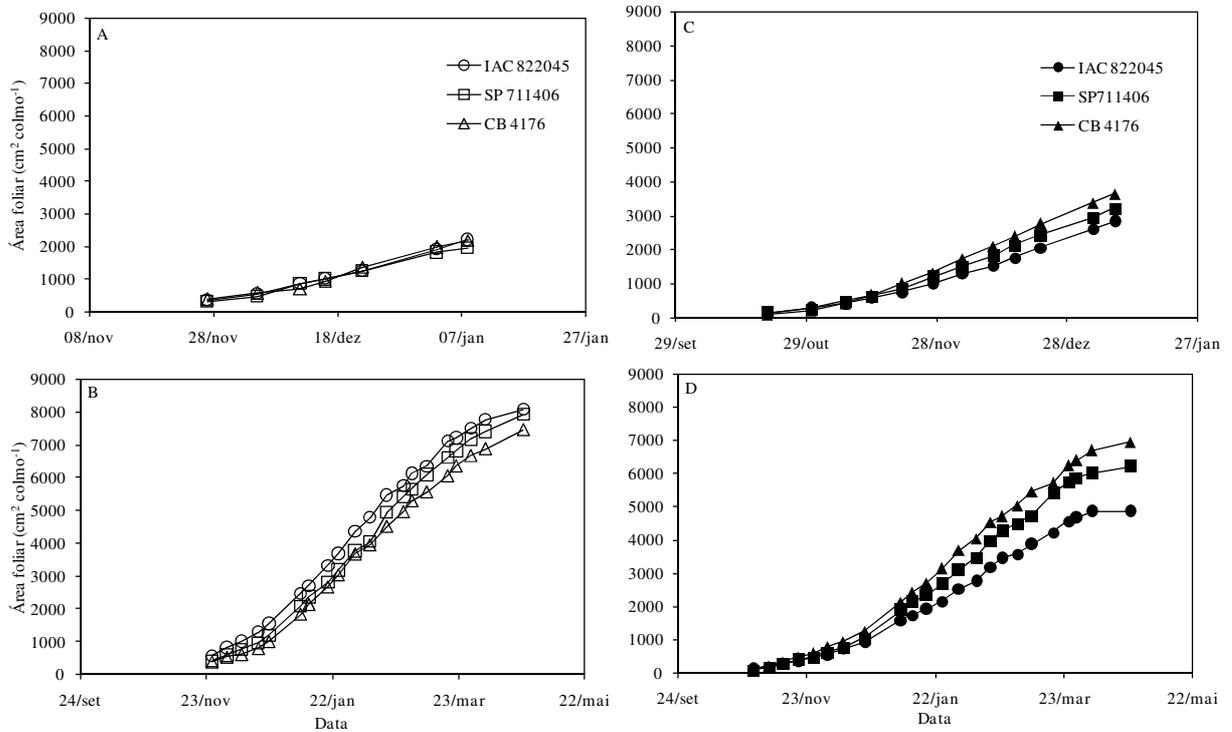


Figura 9- Relação entre a área de folhas expandidas acumuladas (AFE) de três clones de cana-de-açúcar (Precoce = IAC 822045, Médio= SP 711406 e Tardio= CB 4176) e a data durante a estação de crescimento 2008/2009 (A e C) e durante a estação de crescimento 2009/2010 (B e D) em cultivo de cana-planta (painéis da esquerda) e de cana-soca de um ano (painéis da direita).

A elongação do colmo pode ser influenciada por estresse por água e nutrientes e pelo estágio fisiológico (GLASZIOU et al., 1965). Já Liu et al. (1998) excluiu todos os fatores de estresse em seu estudo, demonstrando que a temperatura é o fator de maior influência para a elongação do colmo.

Tabela 7- Data média de alongação do colmo em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010) e em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Estação de Crescimento	Tipo de cultivo	
	Cana-planta	Cana-soca
2008/2009	29/01/2009	12/01/2009
2009/2010	29/12/2009	20/12/2009

Para variável NFT na alongação do colmo todos os fatores principais foram significativos e não houve nenhuma interação significativa entre eles (ANEXO K). O maior quadrado médio foi para o fator estação de crescimento (128,2) e o menor quadrado médio foi para o fator clone (3,9). O coeficiente de variação foi de 5,42%. A estação de crescimento 2008/2009 foi a de maior média com 17,7 folhas na data de alongação, enquanto a estação de crescimento 2009/2010 teve 14,3 folhas. Para o fator tipo de cultivo a maior média foi para cana-planta com 16,6 folhas diferindo da cana-soca de um ano com 15,6 folhas. Para o fator cultivar, o clone de maior média foi o de ciclo precoce com 16,2 folhas que diferiu do de ciclo tardio com 15,5 folhas. O clone de ciclo médio com 16,6 folhas não diferiu dos clones precoce e tardio.

A variável comprimento de colmo comercial (cm) teve todos os fatores principais significativos. O maior valor de quadrado médio foi para tipo de cultivo (4.324,4) e o menor para cultivar (476,5). A interação tripla estação de crescimento x tipo de cultivo x clone foi significativa.

Entre as estações de crescimento os clones SP 711406 e CB 4176 tiveram médias de comprimento de colmo comercial maiores em cultivo de cana-soca na estação de crescimento 2008/2009. Entre os tipos de cultivo, o cultivo de cana-soca apresentou médias maiores nos clones SP 711406 na estação de crescimento 2008/2009 e CB 4176 em ambas as estações de crescimento. Para o fator clone, em cultivo de cana-soca o clone SP 711406 diferiu do IAC 822045 e CB 4176 na estação de crescimento 2008/2009 (Tabela 8).

Tabela 8- Comprimento de colmo comercial (cm) em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano) em três clones (Ciclo precoce: IAC 822045, ciclo médio: SP 711406, ciclo tardio: CB 4176) em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Tipo de cultivo	Clones		
	IAC 822045	SP 711406	CB 4176
	Estação de crescimento 2008/2009		
Cana-planta	193,1AaA*	182,7BaA	178,2BaA
Cana-soca	198,7AbA	237,5AaA	210,8AbA
	Estação de crescimento 2009/2010		
Cana-planta	182,7AaA	186,2AaA	173,1BaA
Cana-soca	184,0AaA	187,3AaB	191,7AaB

* Letras maiúsculas na coluna comparam tipo de cultivo em cada clone dentro de cada estação de crescimento. Letras minúsculas na linha comparam clones em cada tipo de cultivo dentro de cada estação de crescimento. Letras maiúsculas em itálico na coluna comparam estações de crescimento dentro de cada tipo de cultivo em cada clone. Médias seguidas pela mesma letra não diferem de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV 7,17%.

A variável número de entre-nós teve todos os fatores principais significativos. O maior quadrado médio do erro foi para tipo de cultivo (67,93) enquanto o menor foi para clone (6,74). A interação estação de crescimento x tipo de cultivo foi significativa a 5% de probabilidade. Entre as estações de crescimento o cultivo de cana-planta foi maior na estação de 2008/2009. Entre tipos de cultivo, o cultivo de cana-soca apresentou maior média na estação de crescimento 2008/2009 (Tabela 9). O clone tardio teve a maior média com 18,0 entre-nós sendo diferente do clone médio com 16,7 entre-nós. O clone precoce não diferiu dos dois com uma média de 17,6 entre-nós.

Tabela 9- Número de entre-nós para em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010) e em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Estação de crescimento	Tipo de cultivo	
	Cana-planta	Cana-soca
2008/2009	15,8Ab*	20,8Aa
2009/2010	16,7Aa	16,5Ba

* Letras maiúsculas na coluna comparam estações de crescimento em cada tipo de cultivo. Letras minúsculas na linha comparam os tipos de cultivo dentro de cada estação de crescimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV 7,97%.

A variável comprimento de entre-nó entre os fatores principais somente clone foi significativo com um quadrado médio de 7,82. O menor quadrado médio foi do fator estação de crescimento (0,0002). A interação ano x tipo de cultivo foi significativa. Entre as estações de crescimento o cultivo de cana-planta teve maior média em 2008/2009. Entre os tipos de cultivo a cana-planta teve média maior que a cana-soca na estação 2008/2009 (Tabela 10).

Tabela 10- Comprimento de entre-nós (cm) do colmo comercial de cana-de-açúcar para em duas estações de crescimento (2008/2009 e 2009/2010) e em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Estação de crescimento	Tipo de cultivo	
	Cana-planta	Cana-soca
2008/2009	11,8Aa*	10,5Ab
2009/2010	10,8Ba	11,4Aa

* Letras maiúsculas na coluna comparam estações de crescimento em cada tipo de cultivo. Letras minúsculas na linha comparam os tipos de cultivo dentro de cada estação de crescimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV 6,92%.

Colmos com maior número de entre-nós (Tabela 9) resultam em comprimentos de entre-nós menores (Tabela 10). Isto significa que mesmo tendo colmos de mesmos comprimentos uma variação na produtividade poderá ocorrer devido ao número de entre-nós presentes no colmo. Para Castro et al., (2008), o crescimento das cultivares de cana-de-açúcar é variável, dependendo da época de plantio, tipo de propágulo utilizado e condições ambientais, mas tem-se em média o aparecimento de dois a quatro entre-nós por mês, com 10 a 15 cm de comprimento cada um, o que corrobora com os resultados encontrados que variaram de 10,5 a 11,8 cm de comprimento para entre-nó (Tabela 10).

Para a variável massa fresca de colmo comercial (g colmo^{-1}) os fatores principais significativos foram clones e tipo de cultivo e fator estação de crescimento não foi significativo. O maior quadrado médio foi para clones (347.029,9) e o menor para estação de crescimento (22.413,9). Não houve interação significativa entre os fatores e o coeficiente de variação foi de 16,93%. As médias para estação de crescimento foram 1.196,8g para 2008/2009 e 1.172,0 g colmo^{-1} para 2009/2010 não diferindo estatisticamente entre si. Para o fator tipo de cultivo, a

maior média foi para o cultivo de cana-soca de um ano (1.291,2g colmo⁻¹) diferindo estatisticamente da média do cultivo de cana-planta (1.094,4g colmo⁻¹). Para o fator clone a maior média foi para o clone de ciclo médio (1.274,4g colmo⁻¹) e a menor para o de ciclo precoce (850,7 g colmo⁻¹). O clone de ciclo tardio (1.118,9g colmo⁻¹) não diferiu do clone de ciclo precoce (850,7 g colmo⁻¹).

Para a variável colmos por cova nenhum dos fatores principais foram significativos e não houve nenhuma interação entre eles. O maior quadrado médio do erro foi para o fator cultivar (1,9301) e o menor para o fator estação de crescimento (0,1430). O CV foi 14,66%. Na estação de crescimento 2008/2009 obteve-se a média de 8,2 colmos cova⁻¹ e na estação de crescimento 2009/2010 8,1 colmos cova⁻¹. Quanto ao tipo de cultivo, cana-planta e cana-soca de um ano tiveram 8,3 e 8,0 colmos cova⁻¹, respectivamente. Para clones os valores foram 8,0 colmos cova⁻¹, 8,5 colmos cova⁻¹ e 7,8 colmos cova⁻¹ para os clones de ciclo precoce, médio e tardio, respectivamente.

A produtividade dos colmos (kg ha⁻¹) em fitomassa verde teve os fatores principais cultivo e clone significativos, e também uma interação, tipo de cultivo x clone (Tabela 11). O clone de ciclo médio obteve maior rendimento no cultivo de cana-soca tanto quando comparado entre clones quanto comparado nos tipos de cultivo. Maule et al. (2001) encontraram diferenças entre cultivares e até na mesma cultivar em solos diferentes, o que indica resposta das cultivares devido as interações edafoclimáticas do local onde a cultura está inserida.

Tabela 11- Produtividade de colmos (massa fresca, kg ha⁻¹) de três clones de cana-de-açúcar (ciclo precoce: IAC 822045, ciclo médio: SP 711406, ciclo tardio: CB 4176) em dois tipos de cultivo (cana-planta e cana-soca de um ano). Santa Maria, RS, 2008-2010.

Tipo de cultivo	Clones		
	IAC 822045	SP 711406	CB 4176
Cana-planta	82293,9Aa*	99540,6Ba	88897,1Aa
Cana-soca	90763,7Ab	147000,8Aa	88697,1Ab

* Letras maiúsculas na coluna comparam tipo de cultivo em cada clone. Letras minúsculas na linha comparam os clones em cada tipo de cultivo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV 21,95%.

A produtividade dos colmos (kg ha^{-1}) em fitomassa seca somente apresentou o fator clone significativo. O maior quadrado médio foi para clones (233.104.814,9) e o menor para estação de crescimento (70.627.329,9). Não houve interação significativa entre os fatores e o coeficiente de variação foi de 26,36%. As médias para estação de crescimento foram 24.323,0 kg ha^{-1} para 2008/2009 e 21.385,0 kg ha^{-1} para a estação de crescimento 2009/2010 não diferindo entre si. Para o fator tipo de cultivo as médias foram 20.997,0 e 24.343,0 kg ha^{-1} para cana-planta e cana-soca de um ano, respectivamente. Para o fator clone a maior média foi para o clone de ciclo médio (25.642,0 kg ha^{-1}), que diferiu dos clones de ciclo precoce (19.649,2 kg ha^{-1}) e de ciclo tardio (19.492,8 kg ha^{-1}).

As duas estações de crescimento as quais foram expostas as plantas de cana-de-açúcar foram diferentes em disponibilidade de água à cultura com 820,7 mm de precipitação acumulada em 2008/2009 e 1.898,0 mm em 2009/2010, além da conseqüente radiação solar menor na segunda estação de crescimento devido à maior intensidade de chuvas (Tabela 1). Para a produtividade de fitomassa fresca e seca não houveram diferenças entre as estações de crescimento, embora essas diferenças puderam ser notadas nas demais variáveis, como comprimento de entre-nó do colmo comercial em cultivo de cana-planta, sendo que foram maiores na estação de crescimento 2008/2009, a qual foi de maior disponibilidade de radiação, o que beneficia a fotossíntese, auxiliando a planta de cana-de-açúcar no seu crescimento.

5. CONCLUSÕES

1. O filocrono varia durante o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, tendo uma quebra em 15 folhas e aumentando na sequência $FILO_{\leq 15} > FILO_{total} > FILO_{>15}$. O filocrono da cana-planta é menor que o filocrono da cana-soca de um ano para as primeiras 15 folhas. O filocrono com base no NFE em geral é maior que o com base em NFT, especialmente para as primeiras 15 folhas. O modelo potência é apropriado para caracterizar a relação alométrica entre a evolução da área foliar verde acumulada a partir do número de folhas acumulado no colmo principal.
2. O clone de ciclo médio (SP 711406) que teve perfilhamento mais lento e constante durante seu ciclo de desenvolvimento e apresenta colmos mais grossos e área foliar maior obteve maior produtividade no cultivo de cana-soca.
3. O NFT varia de 14 a 18 folhas na data de alongação do colmo.
4. A variação da produtividade de fitomassa verde de colmos é mais afetada pela constituição genética dos clones do que pela variação do ambiente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Este trabalho de dissertação caracteriza agrometeorologicamente a cultura da cana-de-açúcar em Santa Maria, RS .

- Mais esforços devem ser concentrados na tentativa de caracterizar melhor a cultura e sua interação com o ambiente, principalmente para determinação da temperatura base dos três clones estudados.

7. REFERÊNCIAS

ALEIXO, V. et al. Relações alométricas para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 329-338, 2008.

AUDE et al. Época de plantio e seus efeitos na produtividade e teor de sólidos solúveis no caldo da cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 131-137, 1992.

ARANHA, C.; YAHN, C. A. Botânica da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 3-18.

ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperature as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Boston, v. 76, n. 1, p. 682-692, 1960.

BACCHI, O. O. S.; SOUZA, J. A. G. C. Minimum threshold temperature for sugar cane growth. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS. **Proceedings**, São Paulo, Impress, 1978. v. 2, p.1733-1741

BONNETT, G. D. Rate of leaf appearance in sugarcane, including a comparison of a range of varieties. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 25, n. 7, p. 829-834, 1998.

BRAGION, L. **O pró-álcool renasce**. Disponível em: <<http://comciencia.br/comciencia/?section=8&edição=23&id=254&tipo=0>>. Acesso em: 10 out. 2008.

CAMPBELL, J. A.; ROBERTSON, M. J.; GROF, C. P. L. Temperature effects on node appearance in sugarcane. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 25, n.7, p. 815-818, 1998.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. 864 p.

CESNIK, R ; MIOCQUE, J. **Melhoramento da Cana-de-açúcar**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. v. 1. 307 p.

_____. **Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Melhoramento_Cana_Cesnik_000fjii7orn02wyiv80sq98yqcjwpxwm.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**: Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_09_14_50_boletim_cana_3o_lev_safra_2010_2011..pdf>. Acesso em: 09 jan. 2011.

DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, J. D. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 7-84.

DELLAI, J. et al. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1269-1274, 2005.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA – SPI; EMBRAPA – CNPS, 1999. 412 p.

FERRARIS, R. et al. Responses of canopy growth of sugarcane to temperature and water supply. In: Final Report of SRDC Project BS7s: **Improving the Yields of Ratoon Crops of Sugarcane**. 1992. p. 45-61,

GLASZIOU, K. T. et al. Physiology of sugarcane:VII. Effects of temperature, photoperiod duration, and diurnal and seasonal temperature changes on growth and ripening. **Australian Journal of Biological Science**, v. 18, p. 53-66, 1965.

INMAN-BAMBER, N. G. A growth model for sugar-cane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, v. 8, n. 2, p. 93-99, 1991.

_____. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 41-51, 1994.

KAHAN, M. N. I.; SUWA, R.; HAGIHARA, A. Allometric relationship for estimating the aboveground phytomass and leaf area of mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce trees in the Manko Wetland, Okinawa Island, Japan. **Trees: structure and function**, Berlin, v. 19, n. 3, p. 266-272, 2005.

KATHIRESAN, G.; AVUIDAITHAI, S.; KANNAPPAN, K. Controlling twining weed (*Ipomoea sepiaria*) in sugarcane. **Sugar Tech**, v. 6, n. 1-2, p. 53-58, 2004.

KIRBY E. J. M. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 11-19, 1995.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 2, p. 171-182, 2001.

KUVA, M. A. **Efeitos de períodos de convivência e de controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no estado de São Paulo**. 1999. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Reguladores vegetais no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 8, p. 995-1001, 2008.

LEME, E. J. A.; MANIERO, M. A.; GUIDOLIN, J. C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Cadernos PLANALSUCAR**, v. 3, n. 2, p. 3-22, 1984.

LIU, D. L.; KINGSTON, G.; BULL, T. A. A new technique for determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including suboptimum and supra-optimum temperature regimes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 90, p. 119-139, 1998.

MACHADO, E. C. Fisiologia da produção da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 56-87.

MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Coord.) **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS), 1987. p. 113-118.

MALDANER, I. et al. Filocrono, área foliar e produtividade de frutos em três genótipos de berinjela conduzidos com uma e duas hastes por planta em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 671-677, 2009.

MALUF, J. R. T. et al. **Zoneamento agroclimático atualizado para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, visando à produção de açúcar e álcool**. Porto Alegre: FEPAGRO, BOLETIM FEPAGRO, 2008. n. 18, 78 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO –MAPA. Anexo. Disponível em:
<http://www.udop.com.br/download/legislacao/meio/zoneamento/anexo_zoneamento_rs.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2008.

MARIN, F. R. et al. Cana-de-açúcar. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 109-130.

MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 373-381, 2007.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA, G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 295-301, 2001.

McMASTER, G. S.; WILHELLM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p. 291-300, 1997.

MEDINA, E; SAN JOSE, J.J.; SEQUEIRA, P.E. Análisis de la productividad en caña de azúcar: III. Respiración en la oscuridad de hojas y tallos de cinco variedades de caña de azúcar y pérdidas nocturnas de materia seca. **Turrialba**, v. 20, n. 2, p. 302-306, 1970.

NETAFIM. **Gerenciamento da colheita**. Disponível em:
<http://www.sugarcane crops.com/p/agronomic_practices/harvesting_management/>. Acesso em: 18 set. 2008.

OLIVEIRA, R. A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 3-18.

PAULA, F. L. M. et al. Filocrono da planta de batata cultivar Asterix em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 13, n. 3, p. 367-374, 2005.

PAULA, G. M.; STRECK, N. A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2457-2463, 2008.

PAWAR, M. W. et al. Effect of intersettling spacing on sugarcane. **Sugar Technology Reviews**, Amsterdam, v. 7, n. 1, p. 87-89, 2005.

PIVETTA, C. R. et al. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1274-1280, 2007.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, v. 185, n. 4, p. 249-258, 2000.

ROBERTSON, M. J. et al. Temperature and leaf area expansion of sugarcane: integration of controlled-environment, field and model studies. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 25, n. 7, p. 819-828, 1998.

ROSA, H. T. **Emissão e crescimento de folhas e seus efeitos na produção de duas cultivares de morangueiro**. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SAINI, L. K.; SINGH, M.; KAPUR, M. L. Relative profitability of intercropping vegetable crops in autumn planted sugarcane. **Sugar Technology Reviews**, Amsterdam, v. 5, n. 1-2, p. 95-97, 2003.

SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1586-1592, 2007.

SEPLAG – Secretaria do Planejamento e Gestão/RS. **Atlas socio econômico Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/>>. Acesso em: 11 dez. 2010.

- SILVA, M. A.; JERONIMO, E. M.; LÚCIO, A. D. Perfilamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 979-986, 2008.
- SILVESTRE, J.; EIRAS-DIAS, J. E. Relações alométricas entre a área foliar e medições lineares em folhas de *Vitis Vinifera L.* **Ciência Técnica Vitivinícola**, Dois Portos, v. 16, n. 1, p. 35-42, 2001.
- SINCLAIR, T. R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, n. 2-3, p. 171-178, 2004.
- SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana de açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 126 p.
- STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo L.*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 105-111, 2002.
- _____; BOSCO, L. C.; LAGO, I. Simulating leaf appearance in rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 3, p. 490-501, 2008.
- _____ et al. Estimating leaf appearance rate and phyllochron in safflower (*Carthamus tinctorius L.*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1448-1450, 2005.
- _____ et al. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 323-329, 2007.
- _____ et al. Filocrono em batateira afetado pelo tamanho do tubérculo-semente e pela época de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 137-143, 2009a.
- _____ et al. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, Oxford, v. 92, n. 2, p. 181-190, 2003.

_____ et al. Leaf development and growth of selected sugarcane clones in a subtropical environment. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1049-1057, 2010a.

_____ et al. Simulating leaf appearance in a maize variety. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 384-393, 2010b.

_____ et al. Temperatura base para aparecimento de folhas e filocrono da variedade de milho BRS Missões. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 244-227, 2009b.

SZMRECSÁNYI, T.; MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira no Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 5, n. 11, p. 57-79, 1991.

TERAUCHI, T.; MATSUOKA, M. Ideal characteristics for the early growth of sugarcane. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 69, n. 3, p. 286-292, 2000.

TOWNSEND, C. R. et al. Introdução e avaliação de variedades de cana-de-açúcar em Presidente Médici, Rondônia. **Comunicado Técnico n.210**, Embrapa, Porto Velho, p. 6, 2002.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Produção de cana-de-açúcar do Brasil**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/FAQ>>. Acesso em: 27 abr. 2010.

VEGA, F. V. A. et al. Relações alométricas para estimativa da fitomassa aérea em pupunheira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 104-108, 2004.

WEBER, H. et al. Recuperação da produtividade de soqueiras de cana de açúcar com adubação NPK. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 2, n. 1-2, p. 73-77, 2001.

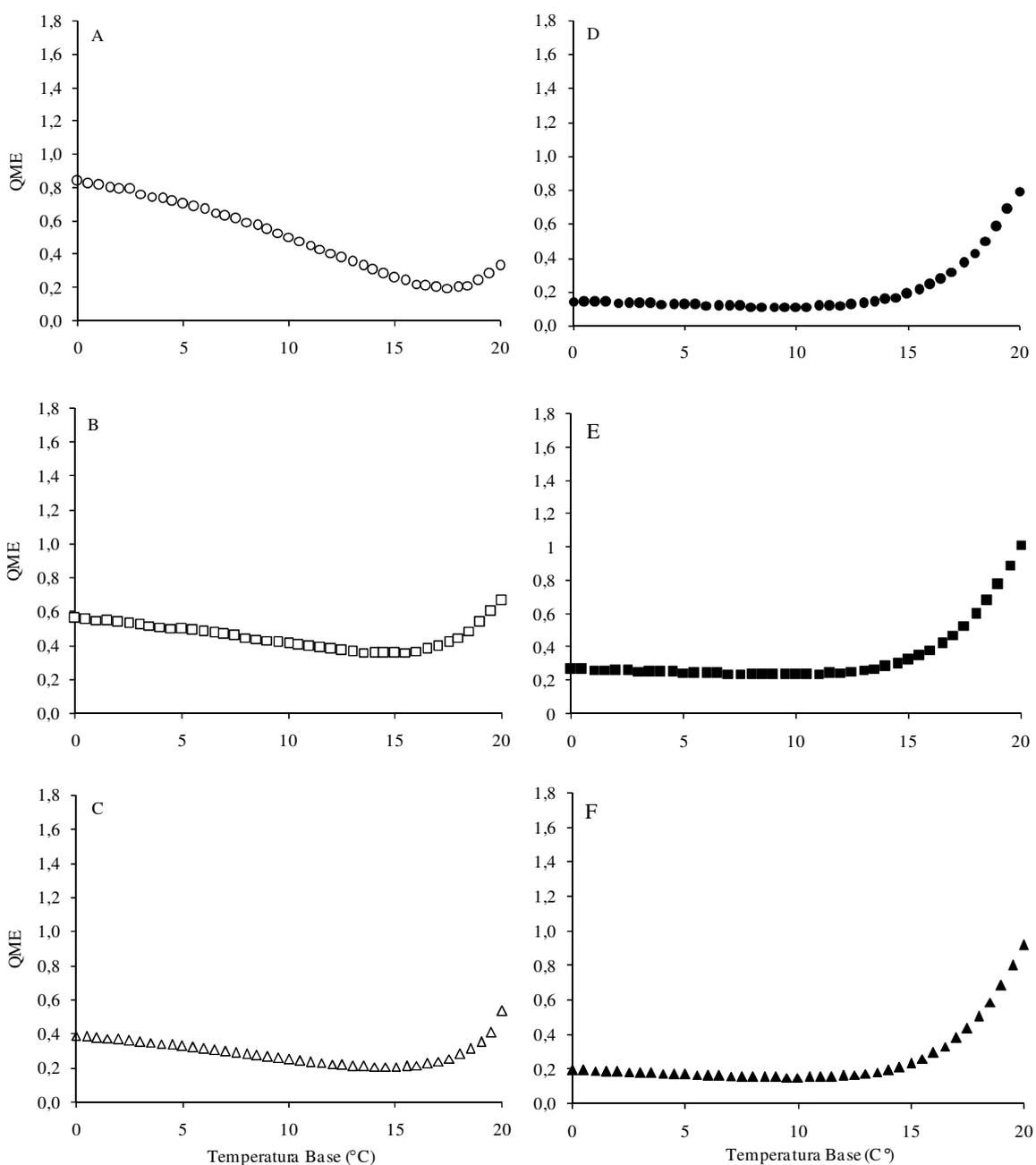
WILHELM, W. W.; McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

XUE, Q. et al. Predicting leaf appearance in field grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 175, n. 3, p. 261-270, 2004.

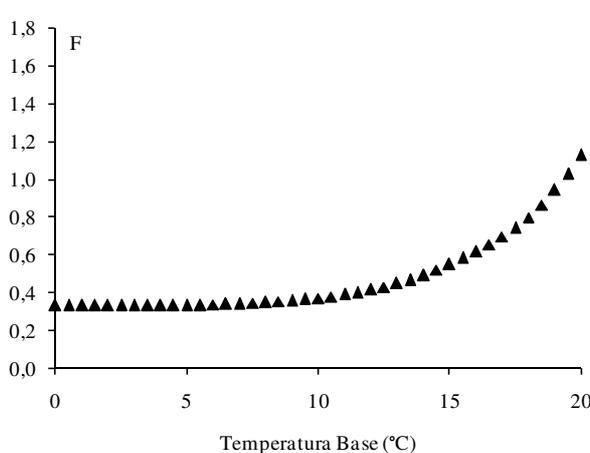
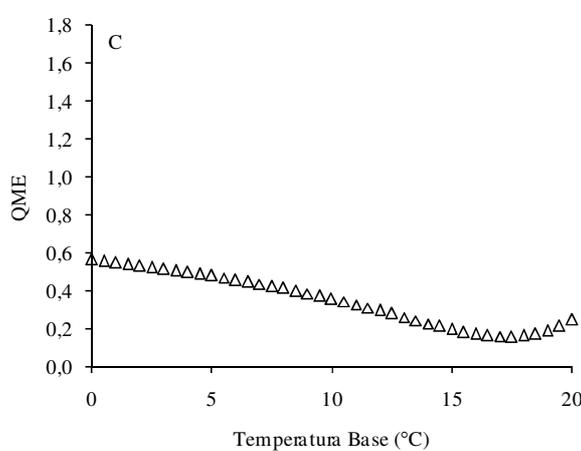
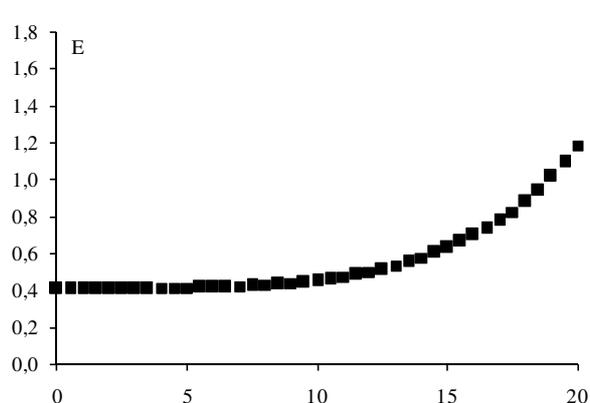
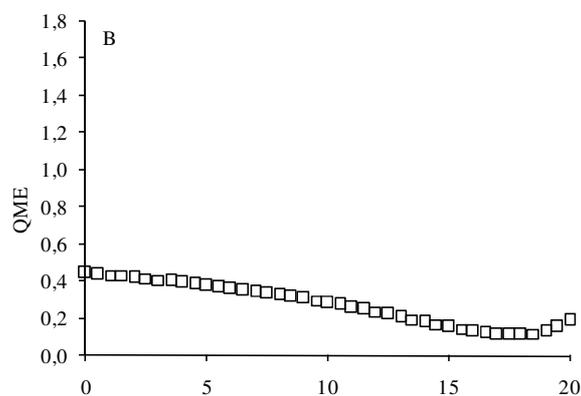
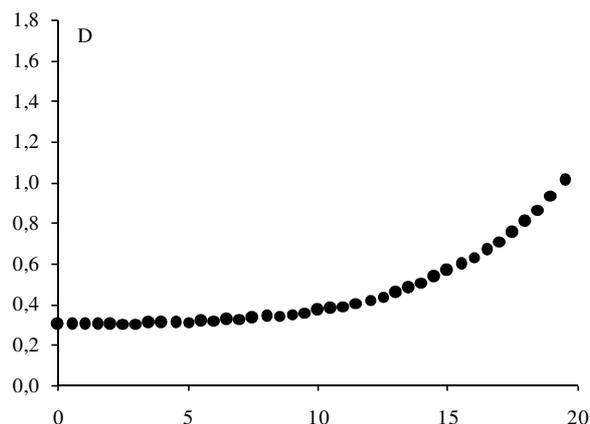
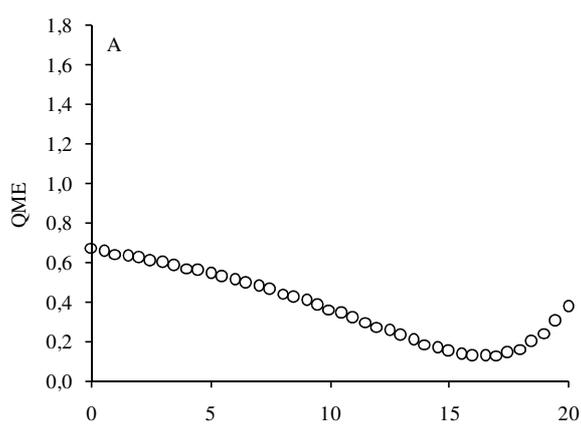
XUE, L.; FENG, H.; CHEN, F. Time-trajectory of mean component weight and density in self-thinning *Pinus densiflora* stands. **European Journal of Forest Research**, v. 129, n. 6, p. 1027-1035, 2010.

8. ANEXOS

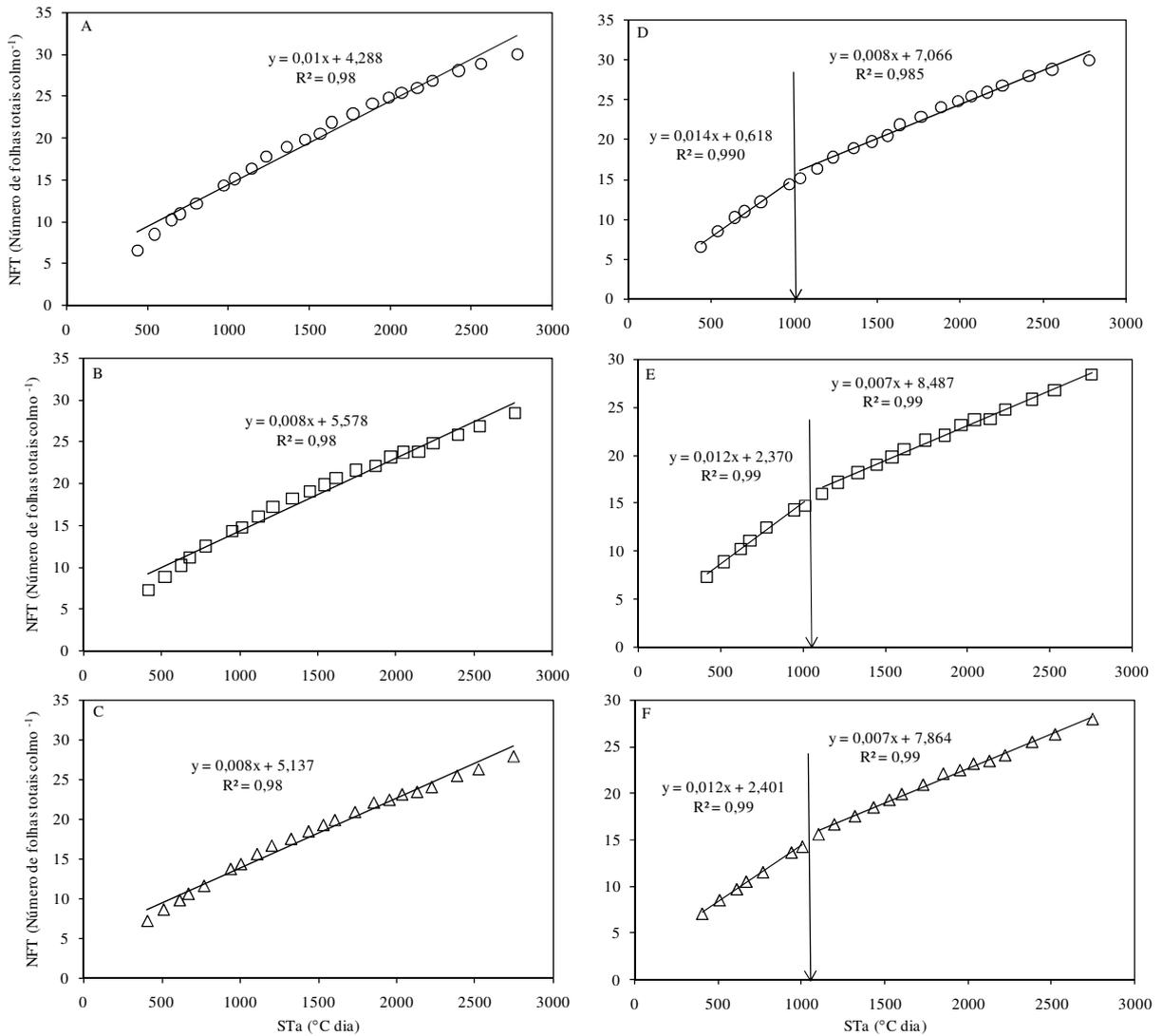
ANEXO A - Variação do QME das equações de regressão para os valores de temperatura base para emissão de folhas estimada no cálculo da soma térmica para os três clones de cana-de-açúcar (A= IAC 822045, B= SP 711406 e C= CB 4176) em cultivo de cana-planta (D= IAC 822045, E= SP 711406 e F= CB 4176) em cultivo de cana-soca durante a estação de crescimento 2008/2009.



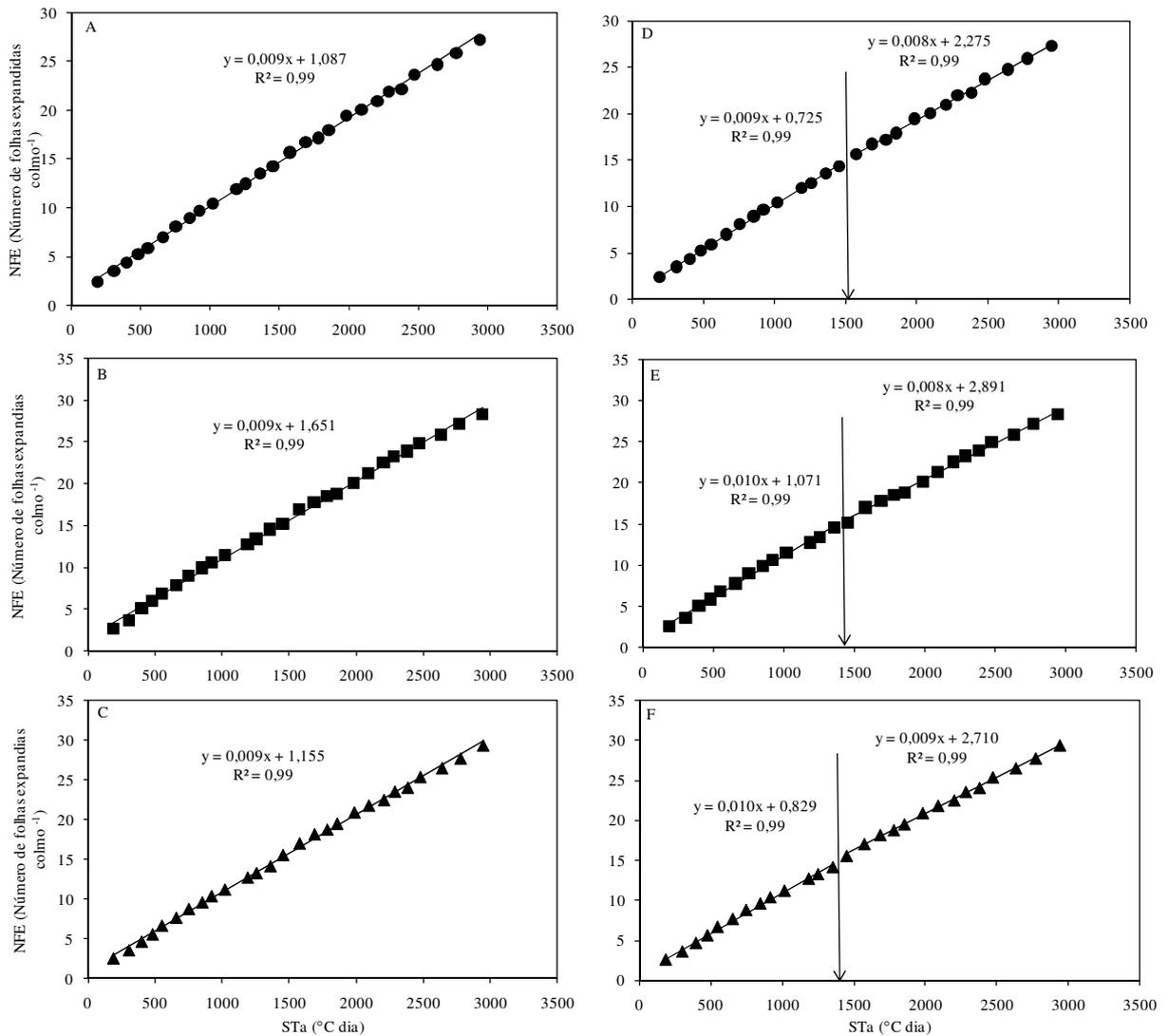
ANEXO B - Variação do QME das equações de regressão para os valores de temperatura base para emissão de folhas estimada no cálculo da soma térmica para os três clones de cana-de-açúcar (A= IAC 822045, B= SP 711406 e C= CB 4176) em cultivo de cana-planta (D= IAC 822045, E= SP 711406 e F= CB 4176) em cultivo de cana-soca durante a estação de crescimento 2009/2010.



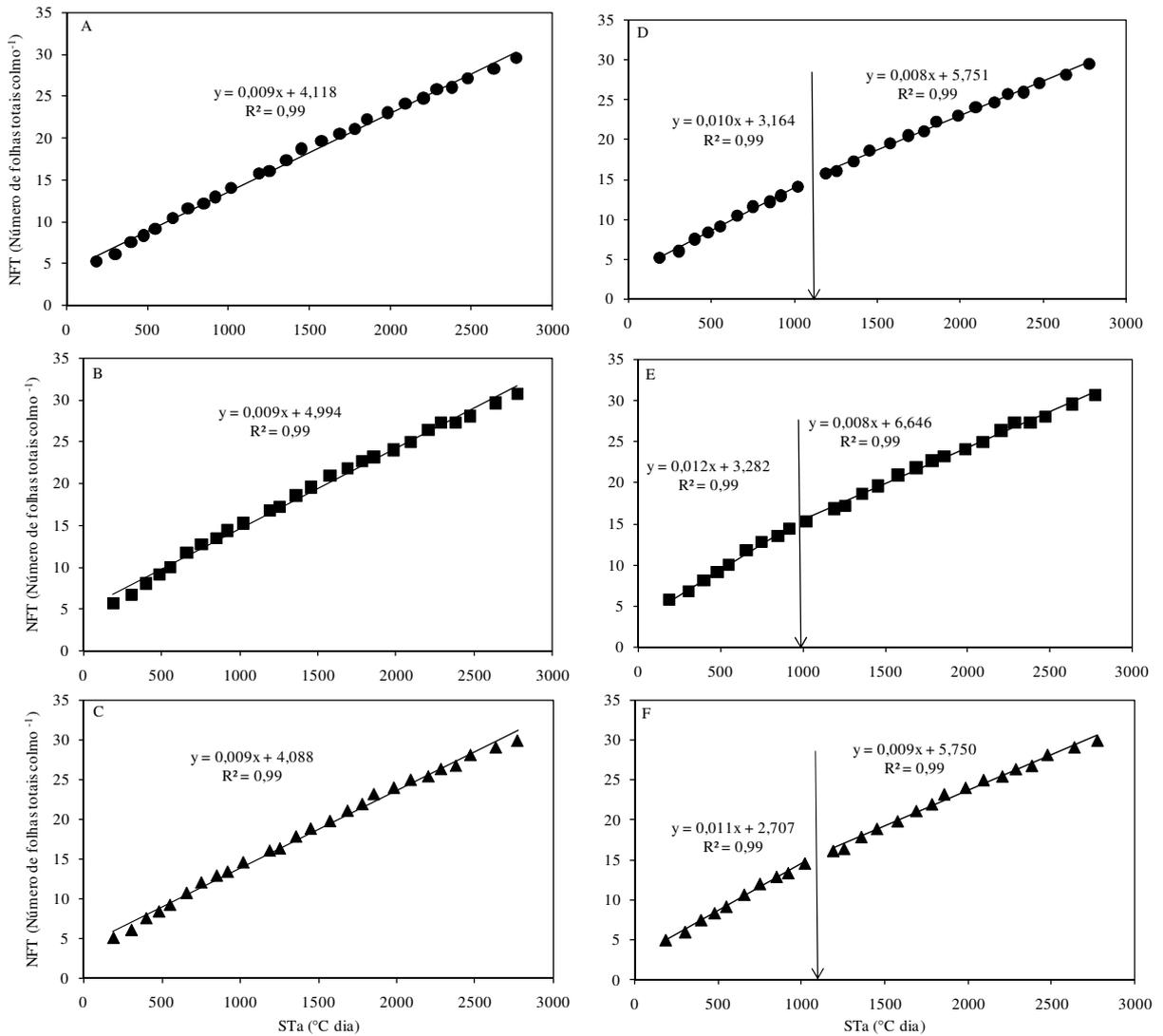
ANEXO C - Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.



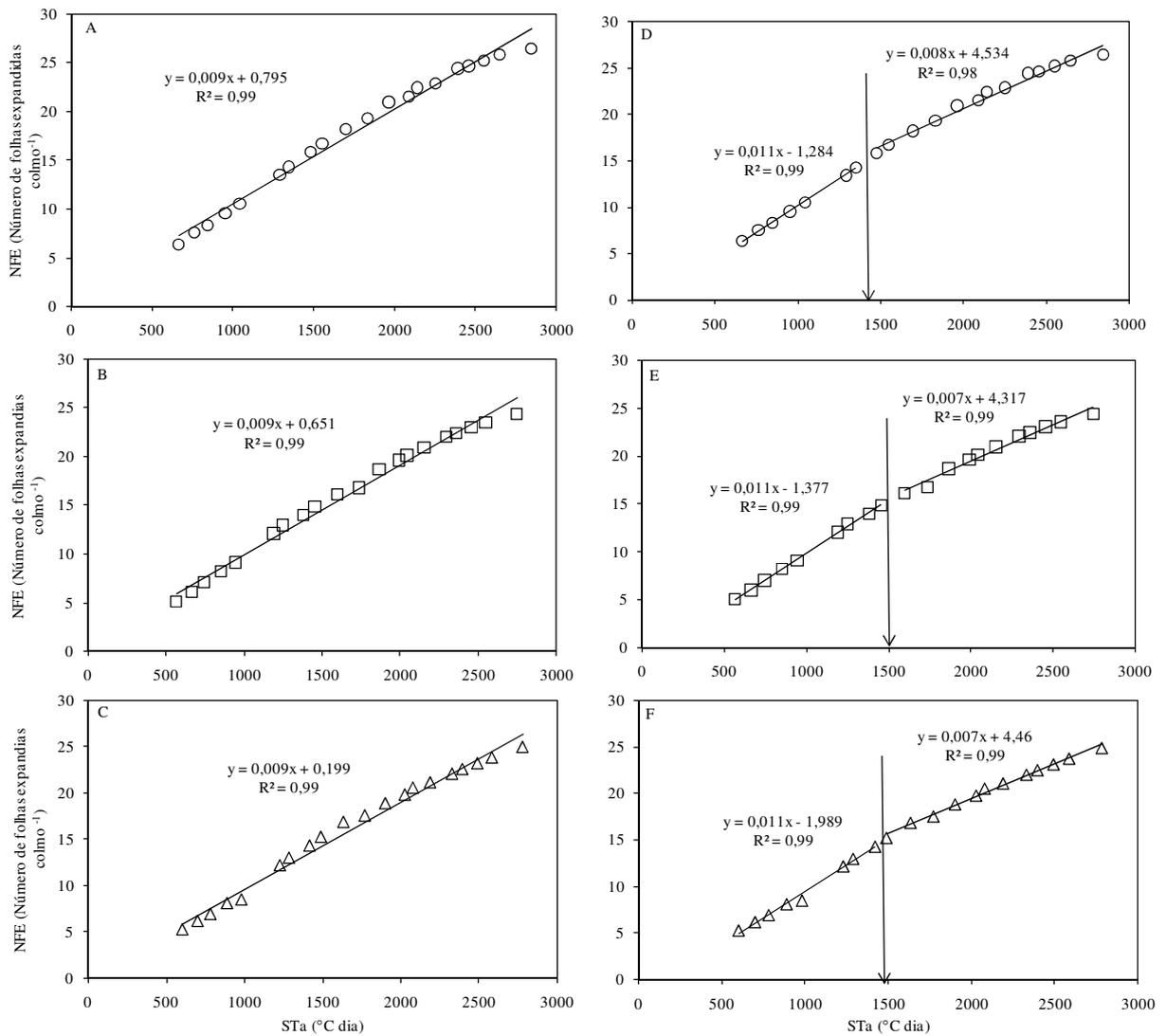
ANEXO D - Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.



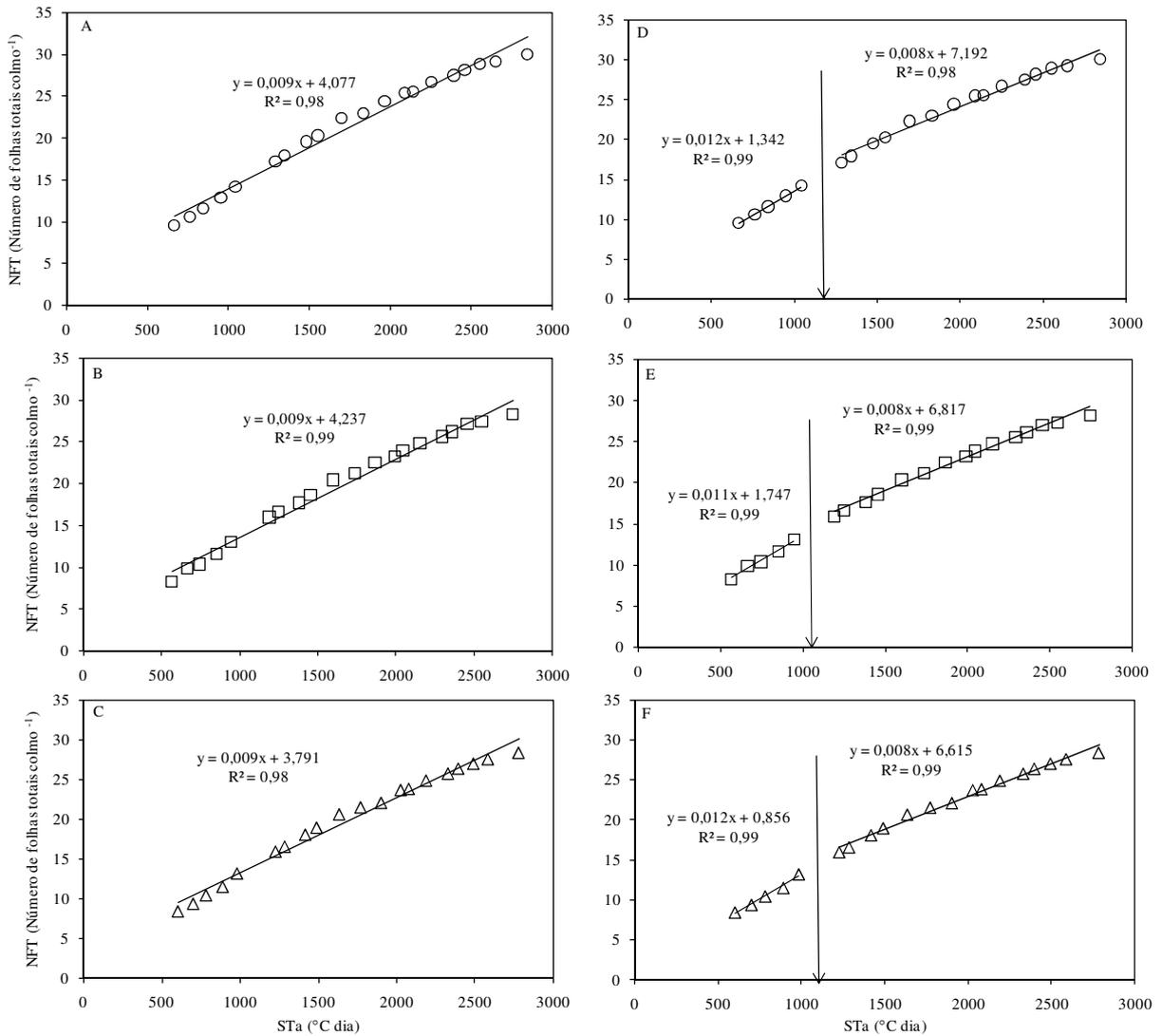
ANEXO E - Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2008/2009 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.



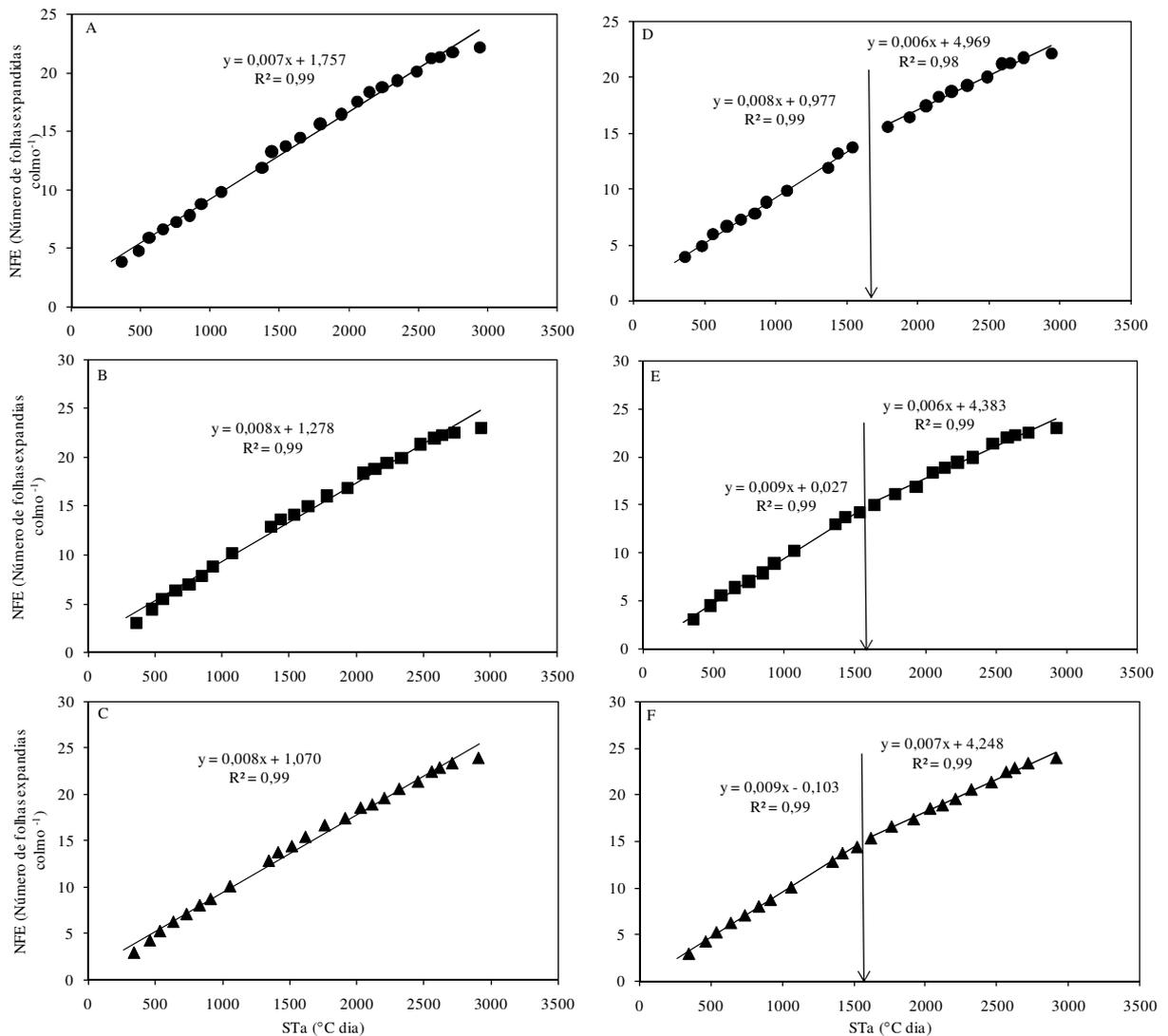
ANEXO F - Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.



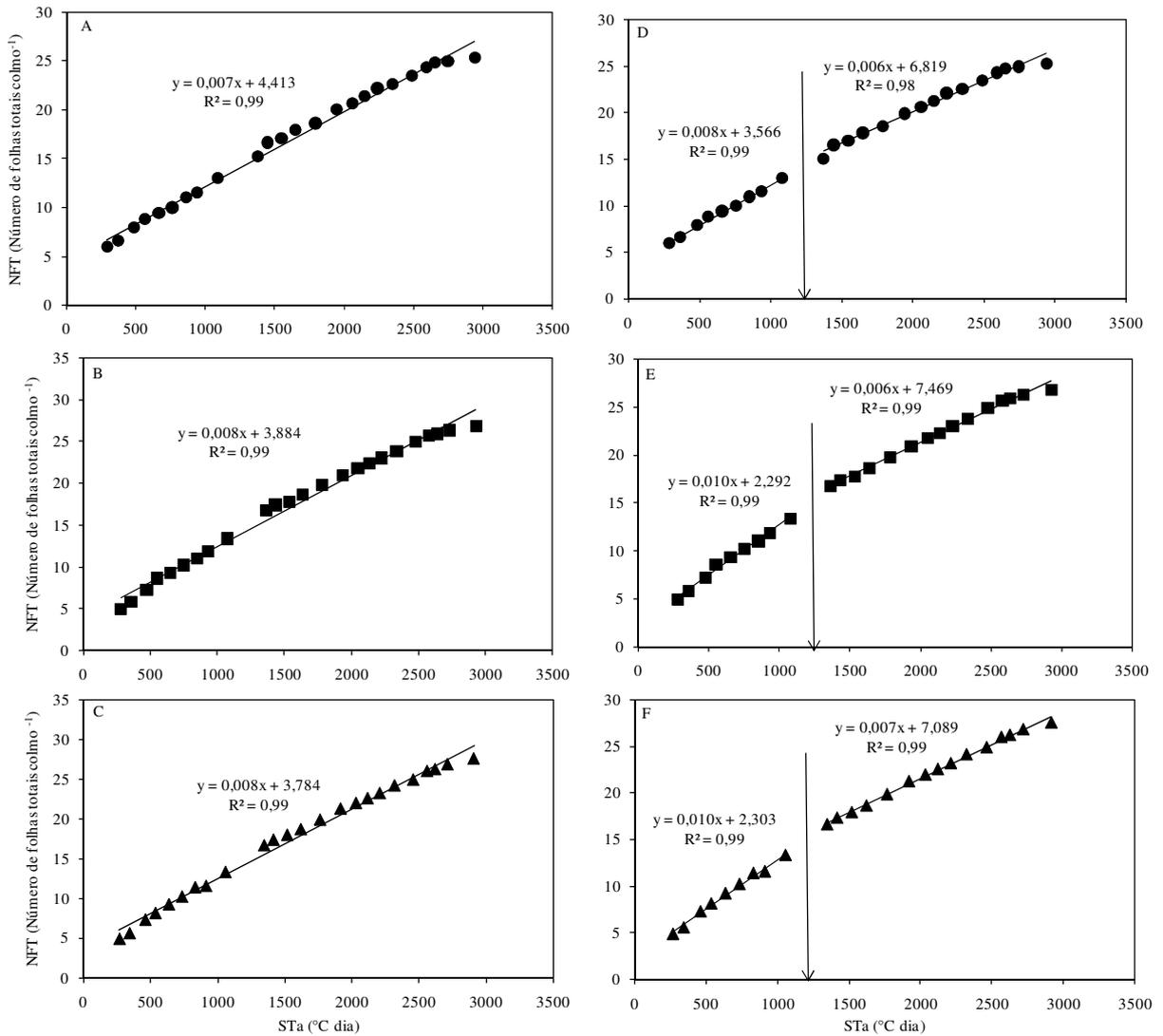
ANEXO G - Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-planta. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.



ANEXO H - Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas expandidas de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.



ANEXO I - Relação entre a soma térmica acumulada e o número de folhas totais de três clones de cana-de-açúcar (A) Precoce = IAC 822045, (B) Médio= SP 711406 e (C) Tardio= CB 4176 e demonstrando a o ponto de ruptura em 15 folhas (D) Precoce = IAC 822045, (E) Médio= SP 711406 e (F) Tardio= CB 4176 durante a estação de crescimento 2009/2010 em cultivo de cana-soca. A seta indica a soma térmica em 15 folhas.



ANEXO J – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística pentafatorial realizada para variável filocrono. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo, Fator D= fases do filocrono e Fator E= tipos de filocrono.

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean	
	0.841438	8.063542	8.993901	111.5378	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	3802.64670	3802.64670	47.01	<.0001
CULTIVO	1	5825.70170	5825.70170	72.02	<.0001
TIPO	1	2169.75781	2169.75781	26.82	<.0001
CULTIVAR	2	38.78778	19.39389	0.24	0.7870
FASE	2	59338.21299	29669.10649	366.78	<.0001
ANO*CULTIVO	1	8792.48503	8792.48503	108.70	<.0001
ANO*TIPO	1	49.41837	49.41837	0.61	0.4353
ANO*CULTIVAR	2	881.20194	440.60097	5.45	0.0049
ANO*FASE	2	281.13799	140.56899	1.74	0.1784
CULTIVO*TIPO	1	103.80003	103.80003	1.28	0.2586
CULTIVO*CULTIVAR	2	1034.66194	517.33097	6.40	0.0020
CULTIVO*FASE	2	1806.67632	903.33816	11.17	<.0001
CULTIVAR*FASE	4	71.28889	17.82222	0.22	0.9269
ANO*CULTIVO*TIPO	1	14.44531	14.44531	0.18	0.6730
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	2	26.78111	13.39056	0.17	0.8475
ANO*CULTIVO*FASE	2	1165.29299	582.64649	7.20	0.0009
CULTIVO*TIPO*CULTIVAR	4	182.09444	45.52361	0.56	0.6899
CULTIVO*TIPO*FASE	4	1031.24236	257.81059	3.19	0.0144
ANO*TIPO*FASE	2	945.08799	472.54399	5.84	0.0034
ANO*CULTIVO*TIPO*CULTIVAR	4	86.32278	21.58069	0.27	0.8991
ANO*CULTIVO*TIPO*FASE	2	10.48937	5.24469	0.06	0.9372
ANO*TIPO*CULTIVAR*FASE	12	90.16944	7.51412	0.09	1.0000
CULTIVO*TIPO*CULTIVAR*FASE	8	484.59736	60.57467	0.75	0.6483
ANO*CULTIVO*CULTIVAR*FASE	4	92.54806	23.13701	0.29	0.8868
ANO*CULTIVO*TIPO*CULTIVAR*FASE	4	19.68125	4.92031	0.06	0.9931
BLOCO	3	3087.44149	1029.14716	12.72	<.0001

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

Fases do filocrono (Fase)

- 1- Ciclo total ($FIL O_{total}$)
- 2- Filocrono até 15 folhas ($FIL O_{\leq 15}$)
- 3- Filocrono acima de 15 folhas ($FIL O_{>15}$)

Tipos de filocrono (Tipo)

- 1- Com base no número de folhas expandidas (NFE)
- 2- Com base no número de folhas totais (NFT)

ANEXO K – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável número de folhas totais na data de alongação do colmo. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.877799	5.421828	0.871348	16.07111

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	128.2057778	128.2057778	168.86	<.0001
CULTIVO	1	13.6085734	13.6085734	17.92	0.0002
CULTIVAR	2	7.8016122	3.9008061	5.14	0.0121
ANO*CULTIVO	1	2.0424333	2.0424333	2.69	0.1114
ANO*CULTIVAR	2	0.3945636	0.1972818	0.26	0.7729
CULTIVO*CULTIVAR	2	8.9630311	4.4815156	5.90	0.0069
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	2	0.3047863	0.1523932	0.20	0.8192
BLOCO	3	2.2942443	0.7647481	1.01	0.4032

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

ANEXO L – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável comprimento de colmo comercial (cm). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	CP Mean
	0.751293	7.168673	13.77431	192.1458

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	3068.800833	3068.800833	16.17	0.0003
CULTIVO	1	4324.403333	4324.403333	22.79	<.0001
CULTIVAR	2	953.086667	476.543333	2.51	0.0965
ANO*CULTIVO	1	1723.203333	1723.203333	9.08	0.0049
ANO*CULTIVAR	2	322.986667	161.493333	0.85	0.4361
CULTIVO*CULTIVAR	2	1458.286667	729.143333	3.84	0.0316
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	2	1372.186667	686.093333	3.62	0.0380
BLOCO	3	5690.684167	1896.894722	10.00	<.0001

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

ANEXO M – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável número de entre-nós por colmo comercial. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	EN Mean
	0.775779	7.966942	1.388738	17.43125

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	33.83520833	33.83520833	17.54	0.0002
CULTIVO	1	67.92520833	67.92520833	35.22	<.0001
CULTIVAR	2	13.48625000	6.74312500	3.50	0.0420
ANO*CULTIVO	1	82.95020833	82.95020833	43.01	<.0001
ANO*CULTIVAR	2	1.19291667	0.59645833	0.31	0.7361
CULTIVO*CULTIVAR	2	4.02791667	2.01395833	1.04	0.3633
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	2	0.29291667	0.14645833	0.08	0.9270
BLOCO	3	16.48895833	5.49631944	2.85	0.0523

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

ANEXO N – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável comprimento de entre-nó (cm). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CEN Mean
0.671316	6.921420	0.768710	11.10625

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	0.00020833	0.00020833	0.00	0.9851
CULTIVO	1	1.57687500	1.57687500	2.67	0.1119
CULTIVAR	2	15.64625000	7.82312500	13.24	<.0001
ANO*CULTIVO	1	10.36020833	10.36020833	17.53	0.0002
ANO*CULTIVAR	2	0.01541667	0.00770833	0.01	0.9870
CULTIVO*CULTIVAR	2	1.80875000	0.90437500	1.53	0.2314
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	2	2.38291667	1.19145833	2.02	0.1492
BLOCO	3	8.03729167	2.67909722	4.53	0.0091

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

ANEXO O – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável massa fresca de colmo comercial (kg). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
0.620615	16.93058	202.4544	1195.791

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	22413.8913	22413.8913	0.55	0.4682
CULTIVO	1	314001.3880	314001.3880	7.66	0.0119
CULTIVAR	2	694059.8670	347029.9335	8.47	0.0022
ANO*CULTIVO	1	118076.0333	118076.0333	2.88	0.1052
ANO*CULTIVAR	1	4350.0392	4350.0392	0.11	0.7480
CULTIVO*CULTIVAR	2	58828.7759	29414.3880	0.72	0.5000
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	1	18108.0635	18108.0635	0.44	0.5139
BLOCO	3	111156.3102	37052.1034	0.90	0.4567

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

ANEXO P – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável número de colmos por cova. Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
	0.420333	14.66139	1.190682	8.121212

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	0.14304040	0.14304040	0.10	0.7541
CULTIVO	1	1.01911066	1.01911066	0.72	0.4066
CULTIVAR	2	3.86035947	1.93017974	1.36	0.2790
ANO*CULTIVO	1	0.01011143	0.01011143	0.01	0.9335
ANO*CULTIVAR	1	2.00808511	2.00808511	1.42	0.2479
CULTIVO*CULTIVAR	2	7.24501916	3.62250958	2.56	0.1027
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	1	4.01942529	4.01942529	2.84	0.1078
BLOCO	3	2.25551363	0.75183788	0.53	0.6666

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

ANEXO Q – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável produtividade de colmos em fitomassa fresca (kg ha⁻¹). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Y Mean
	0.683369	21.95774	22547.14	102684.3

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	31829515	31829515	0.06	0.8050
CULTIVO	1	3808661016	3808661016	7.49	0.0127
CULTIVAR	2	10942381005	5471190503	10.76	0.0007
ANO*CULTIVO	1	346472870	346472870	0.68	0.4188
ANO*CULTIVAR	1	108356514	108356514	0.21	0.6493
CULTIVO*CULTIVAR	2	4481939709	2240969854	4.41	0.0259
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	1	578018036	578018036	1.14	0.2990
BLOCO	3	1646297152	548765717	1.08	0.3804

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca

ANEXO R – Análise de Variância (ANOVA) da análise estatística trifatorial realizada para variável produtividade de colmos em fitomassa seca (kg ha^{-1}). Fator A= estação de crescimento, Fator B= clones, Fator C= tipos de cultivo.

	R-Square	Coef Var	Root MSE	Y Mean
	0.640043	26.36303	5989.868	22720.71

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ANO	1	70627329.9	70627329.9	1.97	0.1759
CULTIVO	1	87110049.1	87110049.1	2.43	0.1349
CULTIVAR	2	466209629.8	233104814.9	6.50	0.0067
ANO*CULTIVO	1	141088435.5	141088435.5	3.93	0.0613
ANO*CULTIVAR	1	128155198.6	128155198.6	3.57	0.0733
CULTIVO*CULTIVAR	2	173528572.9	86764286.4	2.42	0.1147
ANO*CULTIVO*CULTIVAR	1	82995961.6	82995961.6	2.31	0.1439
BLOCO	3	126201944.1	42067314.7	1.17	0.3451

LEGENDA:

Estação de crescimento (Ano)

- 1- 2008/2009
- 2- 2009/2010

Clones (Cultivar)

- 1- IAC 8220045
- 2- SP 711406
- 3- CB 4176

Tipo de cultivo (Cultivo)

- 1- Cana-planta
- 2- Cana-soca