

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

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA
MANDIOCA E DO MILHO EM CULTIVO SOLTEIRO E
CONSORCIADO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Alfredo Schons

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MANDIOCA E DO MILHO EM CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO

por

Alfredo Schons

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
2006**

**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 E DESENVOLVIMENTO DA MANDIOCA E DO MILHO
EM CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO**

elaborada por
Alfredo Schons

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

Comissão Examinadora:

Nereu Augusto Streck, PhD
(Presidente/Orientador)

Galileo Adeli Buriol, Dr. (UNIFRA/UFSM)

Luciano Streck, Dr. (UERGS)

Santa Maria, 22 de Dezembro de 2006

“A Grandeza”

Você sabe por que o mar é tão grande ?

Tão imenso?

Tão poderoso?

É porque teve a humildade de colocar-se alguns centímetros abaixo de todos os rios.

Sabendo receber, tornou-se grande.

Se quisesse ser o primeiro, centímetros acima de todos os rios, não seria mar, mas uma ilha.

(autor desconhecido)

A Deus pela vida, a minha esposa Conceição Tagliapietra, aos meus filhos Cristine e Lorenzo, aos meus pais (in memoriam) José Valentim e Annita Schons e aos meus irmãos.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre estar comigo, principalmente nos momentos de tristeza, solidão e dificuldade.

A ASCAR-EMATER/RS, pela concessão da licença para a realização do mestrado.

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

Ao professor Nereu Augusto Streck, pela orientação, amizade e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Galileo Adeli Buriol e Lindolfo Storck pela co-orientação amizade e colaboração no desenvolvimento do trabalho e ao Professor Luciano Streck pela amizade e colaboração.

Aos amigos Edenir Luis Grimm, Bruno Kraulich, Diego Garrido Pinheiro, Alencar Junior Zanon e Leosane Cristina Bosco pela grande ajuda durante o mestrado, descontração e amizade.

Ao pesquisador Zeferino Chielle da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO-Taquari) pela colaboração para o desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia, pela atenção e amizade. Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pela amizade.

E a todos os amigos da Fitotecnia pela amizade, descontração e esclarecimentos das dúvidas durante o trabalho.

Obrigado !

RESUMO

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

Crescimento e desenvolvimento da mandioca e do milho em cultivo solteiro e consorciado

AUTOR: Alfredo Schons

ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck

Local e data da defesa: Santa Maria, 22 de dezembro de 2006

A mandioca é um dos mais importantes alimentos para o homem e para os animais, especialmente em países pobres e emergentes. O milho (*Zea mays* L.) é o 3º cereal mais produzido no mundo. Na pequena propriedade familiar do Rio Grande do Sul, é freqüente o cultivo de mandioca e milho. Os objetivos dessa dissertação foram estimar o filocrono e identificar um indicador morfológico baseado no número de folhas acumuladas (NF) na haste principal para o início de acumulação de amido (IAA) em mandioca cultivada em diferentes épocas e quantificar o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento da mandioca e do milho em diferentes arranjos de plantas em cultivo solteiro e consorciado considerando-se duas épocas de semeadura do milho. Dois experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, em 2005/2006. Um experimento utilizou a mandioca variedade RS 13 em quatro épocas de plantio (28/09/2005; 11/10/2005; 16/11/2005 e 27/12/2005), plantados em baldes de 12 litros, enterrados no espaçamento com 2,0 x 0,8 m. A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada a partir da emergência. O IAA foi determinado nas plantas quando uma raiz atingia um diâmetro de 0,01 m. O NF na data do IAA e o número final de folhas (NFF) até o primeiro simpódio também foram determinados. O filocrono variou de 20,3 a 29,5 °C dia folha⁻¹ e seus valores foram maiores quanto mais tardio foi o plantio. O NFF variou entre as épocas de plantio, aumentando com o atraso do plantio. O NF no IAA foi similar nas quatro épocas de plantio e ocorreu quando em média o NF= 20,9 (±1,0) folhas. Outro experimento foi conduzido com as culturas de mandioca variedade RS 13 que foi plantada em 27/09/2005 e o milho variedade BRS Missões que foi semeado em duas épocas: quando 50% das plantas de mandioca estavam emergidas e quando a mandioca apresentava cinco folhas visíveis. Doze tratamentos foram usados caracterizando diferentes arranjos de plantas nas culturas solteiras e consorciados. Várias variáveis de crescimento, desenvolvimento e componentes do rendimento das duas culturas foram analisadas. Foi calculada a soma térmica (Tb=14°C para mandioca e Tb=10°C para milho) de algumas fases e determinado o filocrono. O crescimento e o desenvolvimento das duas culturas não foram afetados pelo arranjo de plantas, tanto em cultivo solteiro como em consórcio. O maior uso eficiente da terra (UET) foi obtido no consórcio em que a mandioca foi cultivada em fileiras duplas de 1,6 x 0,5 x 0,6 m e milho em uma fileira de 0,8 x 0,21 m ou em duas fileiras de 0,4 x 0,42 m entre as fileiras duplas de mandioca, sendo o milho semeado na emergência da mandioca.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Grantz; *Zea mays* L.; emissão de folhas; temperatura base; soma térmica; filocrono; arranjo de plantas; competição de plantas.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Graduate Studies Program in Agronomy
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

Growth and development of cassava and maize in monocropping and intercropping

AUTHOR: Alfredo Schons

ADVISOR: Nereu Augusto Streck

Location and date of defense: Santa Maria, December 22, 2006

Cassava (*Manihot esculenta* Grantz) is one of the most important foods for man and for animals, especially in poor and emergent countries. Maize (*Zea mays* L.) is the third cereal more produced worldwide. These two crops are often grown in small farms of Rio Grande do Sul. The objectives this study were to estimate the phyllochron and to identify a morphological indicator based on the accumulated number of leaves (NF) on the main stem for the beginning of starch accumulation (IAA) in the fibrous roots of cassava grown in several planting dates, and to quantify growth, development and yield of cassava and maize in different plant spacing in monocropping and intercropping, considering two sowing dates of maize. Two field experiments were carried out in Santa Maria, RS, Brazil during 2005/2006. One experimental was with cassava variety RS 13, with four planting dates (28/09/2005; 11/10/2005; 16/11/2005 and 27/12/2005) and planted in 12 l pots, buried in the soil and spaced 0.8 m. Daily degree days (STd, °C day) were calculated starting at emergency. IAA was determined on the plants when one root reached a diameter of 0.01 m. NF on the date of IAA and the main stem final leaf number (NFF) up to the first sympodial branches were determined. The phyllochron varied from 20.3 to 29.5 °C day leaf⁻¹ with larger values in the two later planting dates. The NFF varied among the planting dates, increasing as planting was delayed. The NF at IAA was similar for the four planting dates and occurred when NF = 20,9 (±1,0) leaves. The other experiment was carried using the cassava variety RS 13 that was planted on 27/09/2005 and the maize variety BRS Missões sown on two dates: when 50% of the cassava plants were emerged and when the cassava presented five visible leaves. Twelve treatments were used characterizing different plants spacing in the monocropping and intercropping. Several growth, development and yield parameters of both crops were analyzed. Thermal time (Tb=14°C for cassava and Tb=10°C for maize) of some developmental phases and the phyllochron were calculated. Growth and development were not affected by plant spacing in both monocropping and intercropping. The greatest land use efficiency was obtained with intercropping cassava and maize, with cassava planted in a double row spacing of 1.6 x 0.5 x 0.6 m and a single row of maize spaced 0.8 x 0.21 m or two rows of maize spaced 0.4 x 0.42 m between the double row of cassava and maize sowed at cassava emergence.

Key word: *Manihot esculenta* Grantz; *Zea mays* L; leaf appearance; thermal time; phyllochron; plant distribution; plant competition; leaf emergence.

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

TABELA 1 - Data (dia/mês/ano) de plantio e de emergência, Número de dias entre o plantio e a colheita (Período), filocrono, número final de folhas (NFF) na haste principal até a primeira ramificação simpodial e número de folhas (NF) na haste principal no início do acúmulo de amido (IAA) da variedade de mandioca RS 13. Santa Maria, RS, Brasil, 2005/2006.....34

TABELA 2 - Número de raízes (n°), massa fresca de raízes tuberosas (g) e massa seca (g) de raízes tuberosas por planta de mandioca, variedade RS 13, plantada em quatro épocas. Santa Maria, RS, Brasil, 2005/2006.....34

CAPITULO II

TABELA 1 - Espaçamento e densidade de plantas das culturas da mandioca e milho cultivados em sistema solteiro e consorciado que fizeram parte dos tratamentos usados no estudo. Santa Maria, RS, 2005/2006.....59

TABELA 2 – Contrastes usados na análise estatística para os tratamentos da Tabela 1. Santa Maria, RS, 2005/2006.....59

TABELA 3 – Coeficientes dos contrastes (definidos na Tabela 2) para os tratamentos da Tabela 1. Santa Maria, RS, 2005/2006.....60

TABELA 4 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio do quadro da análise de variância das variáveis, altura da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Alt1), comprimento da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Chaste), altura da planta até a segunda ramificação simpodial (Alt2), área da folha na posição do nó 30 (AF30) e área da folha na posição do nó

40 (AF40) de plantas de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.....60

TABELA 5 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio do quadro da análise de variância das variáveis número de folhas acumuladas na haste principal até a primeira ramificação simpodial (NFHP), filocrono da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Filo1), soma térmica acumulada da fase emergência-primeira ramificação simpodial (ST_{RS1}), número de folhas acumuladas entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (NFF2), filocrono da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Filo2), soma térmica acumulada entre primeira e a segunda ramificação simpodial (ST_{RS2}) de plantas de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.....61

TABELA 6 - Médias da altura da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Alt1), comprimento da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Chaste); altura da planta até a segunda ramificação simpodial (Alt2), área da folha na posição do nó 30 (AF30) e área da folha na posição do nó 40 (AF40) de plantas de mandioca da variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.....61

TABELA 7 - Médias do número de folhas acumuladas na haste principal até a primeira ramificação simpodial (NFHP), filocrono da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Filo1), soma térmica acumulada da fase emergência-primeira ramificação simpodial (ST_{RS1}), número de folhas acumuladas da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (NFF2), filocrono da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Filo2), soma térmica acumulada entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (ST_{RS2}), de plantas de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.....62

TABELA 8 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis altura final da planta até a folha bandeira (Alt), área da folha na posição do nó 15 (AF15) e área da folha na posição do nó 18 (AF18) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.....62

TABELA 9 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis número de folhas acumuladas (NFF) (folhas planta⁻¹), filocrono (°Cdia), soma térmica acumulada (°Cdia) da fase emergência-pendoamento (ST_{EM-PE}), soma térmica acumulada (°Cdia) da fase pendramento-maturação fisiológica (ST_{PE-MF}) e soma térmica da fase emergência-maturação fisiológica (ST_{EM-MF}) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.....63

TABELA 10 - Médias da altura da planta até o colar da folha bandeira (Alt), área da folha na posição do nó 15 (AF15) e área da folha na posição do nó 18 (AF18) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.....63

TABELA 11 – Médias do número de folhas acumuladas (NFF), filocrono (°Cdia), soma térmica acumulada da fase emergência-pendoamento (ST_{EM-PE}), soma térmica acumulada da fase pendramento-maturação fisiológica (ST_{PE-MF}) e soma térmica da fase emergência-maturação fisiológica (ST_{EM-MF}) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.....64

TABELA 12 - Estimativa dos contrastes (definidos na Tabela 2) para as variáveis área da folha na posição do nó 18 (AF18), número de folhas acumuladas (NFF), soma térmica acumulada da fase pendramento-maturação fisiológica (ST_{PE-MF}) e soma térmica da fase emergência-maturação fisiológica (ST_{EM-MF}) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.....64

TABELA 13 - Fontes de variação (F V), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis número de raízes comercializáveis por planta (NRC), número de raízes não comercializáveis por planta (NRNC), massa fresca de raízes comercializáveis por planta (MFRC), massa fresca de raízes não comercializáveis por planta (MFRNC), rendimento de raízes comercializáveis (RC), rendimento de raízes não comercializáveis (RNC), rendimento total (RT) de raízes de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.....65

TABELA 14 - Médias do número de raízes comerciais por planta (NRC), número de raízes não comerciais por planta (NRNC), massa fresca de raízes comerciais por planta (MFRC), massa fresca de raízes não comerciais por planta (MFRNC), rendimento de raízes comerciais (RC), rendimento de raízes não comerciais (RNC), rendimento total (RT) de raízes de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.....65

TABELA 15 - Estimativas dos contrastes (definidos na Tabela 2) para as variáveis rendimento ($t\ ha^{-1}$) de raízes comercializáveis (RC), rendimento ($t\ ha^{-1}$) total (RT) de raízes de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.....65

TABELA 16 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis número de fileiras de grãos por espiga (FGPE), número de grãos por espiga (GPE), massa de grãos por espiga (MGPE), número de espigas por planta (EPP), e rendimento (THA), de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006. Massa de grãos a 13% de umidade.....66

TABELA 17 - Médias do número de fileiras de grãos por espiga (FGPE), número de grãos por espiga (GPE), peso por espiga (PE), número de espigas por planta (EPP), número de espigas por hectare (EPHA) e rendimento (THA), de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006. Massa de grãos a 13% de umidade.....66

TABELA 18 - Estimativa dos contrastes (definidos na Tabela 2) para as variáveis massa de grãos por espiga (MGPE) e rendimento (THA) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.....67

TABELA 19 – Espaçamentos (m), épocas de semeadura de plantas de milho (Época), rendimento ($t\ ha^{-1}$), uso eficiente da terra (UET) da cultura de mandioca variedade RS 13 e de milho variedade BRS missões, Santa Maria, RS. 2005/2006.....67

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1 - Quadrado médio do erro (QME) da regressão linear entre o número de folhas (NF) acumuladas na haste principal e soma térmica acumulada (STa) a partir da emergência, utilizando-se várias temperaturas base em duas épocas de plantio (a), relação entre NF e STa utilizada na estimativa do filocrono de uma repetição plantada em (11/10/2005 (b), relação entre filocrono e média da temperatura média diária do ar durante a fase emergência (EM) até o último NF usado na estimativa do filocrono (c) e relação entre número final de folhas na haste principal (NFF) e fotoperíodo médio durante a fase EM – aparecimento da última folha antes da primeira ramificação simpodial (d) da mandioca, variedade RS 13 plantada em quatro épocas (E1 = 28/09/2005, E2 = 11/10/2005, E3 = 16/11/2005, E4 = 27/12/2005). Santa Maria, RS, 2005/2006.....35

CAPÍTULO II

FIGURA 1 - Temperaturas mínimas ($T_{mín}$) e máximas ($T_{máx}$) diárias do ar e fotoperíodo (h) (a) e chuva (mm) e brilho solar (h) (b), durante o período experimental (do plantio, 27/09/2005, até a colheita, 06/06/2006) da mandioca variedade RS 13, em Santa Maria, RS, Brasil.....68

FIGURA 2 – Altura (cm) de plantas de mandioca do nível do solo até a inserção da segunda ramificação simpodial nos diversos tratamentos onde foi semeada a primeira época de milho (a); altura da mandioca onde foi semeada a segunda época de milho (b); altura de plantas de milho na primeira época de semeadura (c); altura de plantas de milho na segunda época de semeadura (d). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.....69

FIGURA 3 – Número de folhas verdes (NFV) acumuladas na planta de mandioca até a primeira ramificação simpodial cultivada de forma solteira (a) em fileiras simples (T1) e fileiras duplas (T2); de milho cultivado de forma solteira (b) em fileiras simples em duas épocas de semeadura (T3 e T8) com 0,8 m entre linhas e duas épocas de semeadura (T4 e T9) com 0,4 m entre fileiras; de mandioca consorciada com milho (c) com fileiras simples de milho semeado em duas épocas (T5 e T10); de mandioca consorciada com milho (d) com fileiras duplas de mandioca e com milho (0,8 m) semeado em duas épocas (T6 e T11); de mandioca consorciada com milho (e) com fileiras duplas com duas fileiras de milho (0,4 m) semeado em duas épocas (T7 e T12); todos os tratamentos de mandioca e duas épocas de milho (f). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.....70

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Croqui demonstrativo das parcelas e tratamentos que foram utilizados no experimento. A densidade de mandioca (ma) foi de 16.000 plantas ha⁻¹ e de milho (mi) foi de 60.000 plantas ha⁻¹. O tamanho da parcela foi igual a 6 m x 3,5 m. Obs.: MI MA MI foi a área útil da parcela. Santa Maria, RS, 2005/2006.....72

APÊNDICE B – Esquema, mostrando a distribuição aleatória das parcelas, suas repetições e épocas de semeadura de milho. Época 1 foi quando ocorreu 50% da emergência da mandioca e época 2 foi quando a mandioca tinha cinco folhas visíveis na haste principal. Santa Maria, RS, 2005/2006.....72

APÊNDICE C - Número de folhas totais (NFT) acumuladas na planta de mandioca cultivada de forma solteira (a) em fileiras simples (T1) e fileiras duplas (T2); de milho cultivado de forma solteira (b) em fileiras simples em duas épocas de semeadura (T3 e T8) com 0,8 m entre linhas e duas épocas de semeadura (T4 e T9) com 0,4 m entre fileiras; de mandioca consorciada com milho (c) com fileiras simples de milho semeado em duas épocas (T5 e T10); de mandioca consorciada com milho (d) com fileiras duplas de mandioca e com milho (0,8 m) semeado em duas épocas (T6 e T11); de mandioca consorciada com milho (e) com fileiras duplas com duas fileiras de milho (0,4 m) semeado em duas épocas (T7 e T12); todos os tratamentos de mandioca e duas épocas de milho (f). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.....73

APÊNDICE D - Número de folhas Senescidas acumuladas na planta de mandioca cultivada de forma solteira (a) em fileiras simples (T1) e filas duplas (T2); de milho cultivado de forma solteira (b) em fileiras simples em duas épocas de semeadura (T3 e T8) com 0,8 m entre linhas e duas épocas de semeadura (T4 e T9) com 0,4 m entre fileiras; de mandioca consorciada com milho (c) com fileiras simples de milho semeado em duas épocas (T5 e T10); de mandioca consorciada com milho (d) com fileiras duplas de mandioca e com milho (0,8 m) semeado em duas épocas (T6 e T11); de mandioca consorciada com milho (e) com fileiras duplas com duas fileiras de milho (0,4 m) semeado em duas épocas (T7 e T12); todos os tratamentos de mandioca e duas épocas de milho (f). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.....74

APÊNDICE E - Esquema dos períodos (dia do ano) de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento das culturas de mandioca (PL = plantio, EM = emergência, IAA = início do acúmulo de amido, NFHP = número de folhas acumulados na haste principal, NFF2 = número de folhas acumuladas entre a primeira e a segunda ramificação simpodial, C = colheita) e do milho em duas épocas de semeadura (SEM = semeadura, EM = emergência, PE = pendoamento, MF = maturação fisiológica, C = colheita). Santa Maria, RS, 2005/2006.....75

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE APÊNDICES	15
INTRODUÇÃO GERAL	18
CAPÍTULO I Emissão de folhas e início de acúmulo de amido em raízes de mandioca em função da época de plantio	20
Resumo	20
abstract	21
Introdução	22
Material e métodos	24
Resultados e discussão	27
Conclusão	30
Agradecimentos	30
Referências bibliográficas	31
CAPÍTULO II Crescimento, desenvolvimento e rendimento de mandioca e milho em diferentes arranjos de plantas no cultivo solteiro e consorciado	36
Resumo	36
Abstract	37
Introdução	38
Material e métodos	43
Resultados e discussão	48
Conclusão	54
Referências bibliográficas	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	71

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MANDIOCA E DO MILHO EM CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO

INTRODUÇÃO GERAL

Há mais de 10 mil anos, o homem deu um passo importante no seu processo de civilização, quando iniciou a produção de alimentos com o plantio de espécies selecionadas. Ao longo dos séculos esses cultivos foram motivos para a ocupação da superfície terrestre e sua divisão em propriedades. Atualmente, a estrutura fundiária do Rio Grande do Sul (RS), por exemplo, possui 64% das propriedades com menos de 20 ha e 87% com menos de 50 ha. As propriedades com menos de 50 ha ocupam 25% da área rural do RS e 84% da mão de obra ativa dedicada à agropecuária (OYARZÁBAL et al., 1995). Como se pode observar é expressivo o número de propriedades de pequeno porte. Essas propriedades, geralmente, são caracterizadas pela utilização de pouca tecnologia e grande uso da mão de obra familiar.

Na pequena propriedade familiar do RS, é freqüente o plantio das culturas de mandioca e milho. Essas duas espécies são usadas pelos agricultores familiares para seu alimento e para alimentação dos animais da criação (bovinos, suínos, eqüinos e aves). Nessa estrutura fundiária encontram-se as culturas de mandioca e milho tanto em cultivo solteiro como em cultivo consorciado.

A mandioca (**Manihot esculenta** Crantz), segundo a proposta dos centros de origem das culturas de VAVILOV (1926) é originária do Centro de origem Brasileiro – Paraguai. É utilizada na dieta alimentar humana, em pelo menos 14 países. No entanto, no mundo são 106 países que produzem mandioca. O Brasil, na safra 2004/2005, produziu 24.230.332 toneladas de raízes numa área de 1.780.870 ha, perfazendo 12,97% da produção mundial (FAO, 2005).

A mandioca é um dos mais importantes alimentos para o homem e para os animais, especialmente em países pobres e emergentes. Com a mandioca é possível se fazer vários alimentos, como sopa, bolo, pão, macarrão, farinha, etc. Pode ser consumida cozida, frita e assada, com carne ou com café. É um alimento barato, rico em carboidratos e de fácil preparo. Na indústria, além de ter larga utilização

farmacêutica, pode substituir derivados de trigo na indústria alimentar (INTERLICHE, 2002).

O milho (*Zea mays* L.) é o 3º cereal mais produzido no mundo. Na safra 2004/2005, a produção mundial foi de 674,28 milhões de toneladas de grãos em uma área de 144,24 milhões de hectares. No Brasil a produção foi de 44 milhões de toneladas em uma área de 13 milhões de hectares (USDA, 2005). O milho em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, fornece produtos muito utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria.

Portanto, pesquisas com essas duas culturas têm o potencial de afetar a economia e o bem-estar de uma quantidade considerável de pessoas em diferentes países.

Apesar de existir alguma recomendação técnica para o cultivo dessas duas espécies, ainda é comum verificar-se entre os agricultores familiares do RS o uso inadequado de espaçamentos entre plantas e fileiras dessas duas culturas. Além disso, novos genótipos são disponibilizados aos agricultores com uma frequência alta. Esse fato faz com que sejam necessárias pesquisas constantes para detectar os melhores arranjos de plantas. Assim, aumentar a informação a respeito do efeito do cultivo consorciado de mandioca e milho sobre o crescimento e desenvolvimento de ambas as espécies é de interesse científico e da extensão rural, o que pode contribuir para melhorar a qualidade de vida no meio rural.

No intuito de auxiliar no aumento do conhecimento a respeito do cultivo da mandioca e do milho para uso na pequena propriedade rural, foram conduzidos dois experimentos no campo experimental do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Os resultados desses dois experimentos são relatados na forma de dois capítulos nessa dissertação, cujos objetivos foram: Estimar o filocrono e identificar um indicador morfológico baseado no número de folhas acumuladas na haste principal para o início de acumulação de amido em mandioca cultivada em diferentes épocas de plantio; Quantificar o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento da mandioca e do milho em diferentes arranjos de plantas em cultivo solteiro e consorciado considerando-se duas épocas de semeadura do milho.

CAPÍTULO I

EMISSÃO DE FOLHAS E INÍCIO DE ACÚMULO DE AMIDO EM RAÍZES DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE PLANTIO

Resumo

O número de folhas acumulado (NF) na haste principal está associado com o aparecimento de vários estádios de desenvolvimento da cultura da mandioca. O início de acumulação de amido (IAA) nas raízes tuberosas da mandioca marca o início da translocação dos fotoassimilados para o principal órgão de reserva nessa espécie. O objetivo desse trabalho foi estimar o filocrono e identificar um indicador morfológico baseado no NF para o IAA em mandioca plantada em diferentes épocas de plantio. Um experimento a campo foi conduzido em Santa Maria, RS, Brasil, com quatro épocas de plantio (28/09/2005; 11/10/2005; 16/11/2005 e 27/12/2005). A variedade de mandioca usada foi a RS 13 plantada em baldes de 12 litros, enterrados no espaçamento com 2,0 x 0,8 m. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 11 repetições. A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada a partir da emergência e acumulada por: $STa = \sum STd$. O IAA foi determinado nas plantas de cada balde quando uma raiz atingia um diâmetro de 0,01 m. O NF na data do IAA e o número final de folhas (NFF) até o primeiro simpódio também foram determinados. O filocrono variou de 20,3 a 29,5 °C dia folha⁻¹ e seus valores foram maiores quanto mais tardio foi o plantio. O NFF variou entre as épocas de plantio, aumentando com o atraso do plantio. O NF no IAA foi similar nas quatro épocas de plantio e ocorreu quando em média o NF= 20,9 (±1,0) folhas.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz; aparecimento de folhas; filocrono; temperatura base; RS 13.

LEAF EMERGENCE AND BEGINNING OF STARCH ACCUMULATION IN ROOTS OF CASSAVA AS A FUNCTION OF PLANTING DATE

Abstract

The accumulated number of leaves (NF) on the main stem is related to the appearance of several developmental stages in cassava. The beginning of starch accumulation (IAA) in the fibrous roots of cassava switches the source/sink ratio because of the translocation of photoassimilates to the major storage organ in this species. The objective of this study was to estimate the phyllochron and to identify a morphological indicator based on NF for IAA in cassava grown in several planting dates. A field experiment was carried out in Santa Maria, RS, Brazil, with four planting dates (28/09/2005, 11/10/2005, 16/11/2005 and 27/12/2005). The variety RS 13 was used and planted in 12 l pots, buried in the soil and spaced 0.8 m. The experimental design was a completely randomized with 11 replications. Daily degree days (STd, °C day) were calculated starting at emergency and accumulated by $STa = \sum STd$. IAA was determined on the plants when one root reached a diameter of 0.01 m. NF on the date of IAA and the main stem final leaf number (NFF) up to the first sympodial branches were determined. The phyllochron varied from 20.3 to 29.5 °C day leaf⁻¹ with larger values in the two later planting dates. The NFF varied among planting dates, increasing as planting was delayed. The NF at IAA was similar for the four planting dates and occurred when $NF = 20.9 (\pm 1.0)$ leaves.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz; leaf appearance; phyllochron; base temperature; RS 13.

Introdução

A mandioca é uma importante cultura em pequenas propriedades familiares do Sul do Brasil. As raízes são fontes de carboidratos na alimentação humana, e raízes e parte aérea são usados na alimentação animal. Devido a isso se pode dizer que possui elevada importância social, e as pesquisas com a cultura da mandioca tem potencial para afetar o bem estar de um considerável número de pessoas de camadas sociais de baixa renda no Brasil.

A mandioca, da mesma forma que outras espécies vegetais, também respondem à interferência das oscilações ambientais. Dentre os elementos meteorológicos, a temperatura do ar é um dos principais elementos que afetam o desenvolvimento dessa cultura e da maioria das espécies vegetais (HODGES, 1991; YAN & HUNT, 1999; STRECK, 2002a).

A importância da temperatura do ar na agricultura tem sido observada há algum tempo. Os primeiros estudos relacionando desenvolvimento vegetal com a temperatura do ar são creditados a René A. F. de Réaumur na França, por volta de 1730. Ele observou que o somatório da temperatura do ar era praticamente constante para completar o ciclo de desenvolvimento de várias espécies em diferentes anos (STRECK, 2002a). Essa constante assumida por Réaumur, foi chamada de soma térmica, com unidade de °C dia (PEREIRA et al., 2002). Dependendo do genótipo, os °C dia, na sua forma mais simples de cálculo acumulam-se acima de uma temperatura base (BRUNINI et al., 1976; McMASTER & WILHELM, 1997). A soma térmica mede o tempo biológico que leva em conta o efeito da temperatura nos processos fisiológicos da planta, portanto, é uma medida de tempo mais realística do que o tempo expresso em dias do calendário civil, como por exemplo, dias após a semeadura ou transplante (GILMORE & ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960; RUSSELE et al., 1984).

Para a utilização da soma térmica são necessários que se saiba que o desenvolvimento e o crescimento das plantas são processos independentes, que podem ocorrer simultaneamente ou não (WILHELM & McMASTER, 1995). Desenvolvimento refere-se à diferenciação celular, iniciação e aparecimento de órgãos e se estende até a senescência da cultura, enquanto que crescimento é o aumento

irreversível de uma grandeza física como massa, área, altura, diâmetro e volume (HODGES, 1991; WILHELM & McMASTER, 1995). Como exemplo de variáveis de desenvolvimento tem-se a velocidade de emissão de folhas, a qual ao ser integrado no tempo, fornece o número de folhas acumuladas na haste principal (NF), o qual é uma excelente medida de desenvolvimento vegetal (STRECK, 2002a; STRECK et al., 2003a). O NF está associado ao aparecimento de vários estádios de desenvolvimento da cultura e à evolução da área foliar da planta, a qual é responsável pela interceptação da radiação solar pelo dossel vegetal, fotossíntese e rendimento da cultura (STRECK et al., 2003b; XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005a,b). Em mandioca, por exemplo, a primeira ramificação simpodial ocorre após um determinado NF da haste principal (MATTHEWS & HUNT, 1994). O NF pode ser medido diretamente na planta a campo, ou estimado usando-se o conceito do filocrono, definido como o intervalo de tempo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas na haste (KLEPPER et al. 1982; WILHELM & McMASTER, 1995; STRECK et al., 2005a,b). Usando-se a soma térmica como medida de tempo em plantas, o filocrono tem como unidade $^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$.

O início de acumulação de amido (IAA) nas raízes tuberosas é um estágio de desenvolvimento importante durante o ciclo da mandioca, pois marca o início da translocação dos fotoassimilados para o principal órgão de reserva dessa espécie, modificando a partir de então a relação fonte/dreno na planta (MATTHEWS & HUNT, 1994). Quando ocorre alteração na relação fonte/dreno da planta, práticas de manejo devem ser realizadas para manter o potencial de rendimento da cultura. Nesse caso, a identificação do IAA é importante no manejo da cultura da mandioca, como por exemplo, a adubação nitrogenada de cobertura, já que a demanda de nitrogênio aumenta a partir desse estágio de desenvolvimento.

No entanto, a identificação do IAA a campo é difícil, exigindo o arranquio da planta. Para contornar essa dificuldade busca-se um indicador morfológico mais visível ao observador. Em batata, o início de acumulação de amido está relacionado com o NF na haste principal (PAULA et al., 2005). Porém, em mandioca, uma consulta na literatura revelou que ainda não foi quantificada a relação entre IAA e NF na haste principal, o que constitui uma justificativa para esse esforço científico. Oportuno, e também um tema contínuo de pesquisa, é caracterizar o crescimento e o

desenvolvimento de genótipos em diferentes épocas de plantio, especialmente quando a cultura é pouco estudada, como é o caso da mandioca no Rio Grande do Sul.

No presente trabalho teve-se por objetivo estimar o filocrono e identificar um indicador morfológico baseado no número de folhas acumuladas na haste principal para o início de acumulação de amido em mandioca cultivada em diferentes épocas de plantio.

Material e Métodos

Um experimento a campo foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29°43'S; longitude: 53°43'W; altitude 95m). O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (MORENO, 1961). O experimento consistiu de quatro épocas de plantio da mandioca: 28/09/2005, 11/10/2005, 16/11/2005 e 27/12/2005. Utilizou-se a variedade RS 13 da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul (FEPAGRO/RS), que é um genótipo adaptado e bastante usado no Rio Grande do Sul.

O plantio e a condução das plantas foram em baldes plásticos pretos com capacidade de 12 litros. Os baldes foram enterrados no solo visando minimizar a absorção da radiação solar pelas paredes externas dos mesmos, o que poderia elevar a temperatura do substrato acima da temperatura do solo da área experimental e afetar a taxa de desenvolvimento das plantas. Foram usados 11 baldes em cada época, dispostos em linha no espaçamento de 0,8 m entre baldes. Entre as épocas, as filas de baldes foram distanciados de 2,0 m. Os baldes foram preenchidos com substrato comercial "PLANTIMAX". Obteve-se em usar substrato para se ter um melhor controle experimental, pois o solo poderia apresentar variabilidade de local para outro e também para facilitar a determinação do início da acumulação de amido. Com esse procedimento, aumentou a perspectiva de que a época de plantio foi o único fator a afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A adubação de plantio nos baldes foi correspondente a 250 kg ha⁻¹ da fórmula

05-20-20 e duas adubações de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de uréia aos 50 e 75 dias após a emergência, respectivamente. Houve complementações de irrigação por aspersão sempre que necessário para manter as plantas em crescimento e desenvolvimento sem deficiência hídrica.

Foram plantadas duas manivas de 0,2 m de comprimento em cada balde. A emergência (EM) das plantas foi considerada quando 50% das plantas estavam visíveis acima do solo.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 11 repetições (balde com duas manivas). As plantas (uma planta por balde) foram identificadas com arames coloridos logo após a emergência. Na haste principal das plantas etiquetadas foi realizada a contagem do número de folhas (NF), uma vez por semana até o surgimento da primeira ramificação simpodial. Uma folha foi considerada visível quando as bordas de um dos lóbulos da folha não mais se tocavam.

O início do acúmulo de amido (IAA) foi considerado quando uma raiz tuberosa da planta apresentou um diâmetro de 0,01 m. Para a determinação do IAA, as plantas foram retiradas dos baldes quando apresentavam aproximadamente 20 folhas. Nesse momento foi medido o diâmetro da maior raiz tuberosa de cada planta com um paquímetro. Em função das raízes das plantas amostradas apresentarem diâmetros variáveis pouco maiores ou menores do que 0,01 m, o NF no IAA de cada planta foi estimado por regra de três simples (determinação da quarta proporcional) para um diâmetro de raiz de 0,01 m. Após a avaliação do IAA, as plantas foram replantadas para o mesmo balde e prosseguiram seu crescimento. O número final de folhas (NFF) até a primeira ramificação simpodial também foi registrado na haste principal das 11 plantas etiquetadas em cada época de plantio.

Os valores diários de temperatura mínima e máxima do ar durante o período experimental foram coletados na Estação Climatológica Principal pertencente ao 8º Distrito Meteorológico, localizada a aproximadamente 150 m da área experimental.

A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada por (ARNOLD, 1960):

$$STd = [(TM + Tm) / 2] - Tb \cdot 1 \text{ dia} \quad (1)$$

em que TM é a temperatura máxima diária do ar (°C), Tm é a temperatura mínima diária do ar e Tb é a temperatura basal mínima ou temperatura base da cultura (°C).

A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir da emergência foi calculada por:

$$STa = \sum STd \quad (2)$$

Como o genótipo usado nesse estudo é uma variedade desenvolvida no Rio Grande do Sul e não se conhece o valor da Tb para essa variedade, estimou-se a Tb usada na equação (1) através da metodologia usada por SINCLAIR et al. (2004), a partir da utilização dos dados de NF coletados nos plantios realizados em 28/09/2005 e 11/10/2005. Não se utilizou os dados das duas outras épocas de plantio (16/11/2005 e 27/12/2005), pois na metodologia de estimativa da Tb deve-se ter a planta emitindo folhas quando ocorrem temperaturas amenas e próximas da Tb (SINCLAIR et al., 2004), o que só aconteceu nas duas primeiras épocas de plantio. Na estimativa da Tb foi utilizada a metodologia do menor quadrado médio do erro (QME) da regressão entre o NF e a STa a partir da emergência (SINCLAIR et al., 2004). Foram estimadas equações de regressão linear simples para os valores do NF em função da STa nas duas épocas de plantio, assumindo-se vários valores de Tb variando de zero à 20°C, com incremento de 1°C. Foi plotado num gráfico o QME em função da Tb e o valor da Tb foi considerado como o valor que resultou no menor QME (SINCLAIR et al., 2004).

Para estimativa do filocrono obteve-se para cada unidade experimental (balde com duas plantas) uma equação de regressão linear simples entre o NF e a STa utilizando-se a Tb estimada. Foram usados os dados de NF até o dia da amostragem das plantas para IAA para eliminar a possibilidade de interferência do arranquio das plantas na taxa de aparecimento de folhas. O filocrono foi estimado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear (KLEPPER et al., 1982; STRECK et al., 2005a,b; PAULA et al., 2005).

O rendimento final de raízes por planta foi obtido colhendo-se as quatro épocas em 13/06/2006. A colheita foi realizada quando as plantas haviam perdido quase todas as folhas e estavam entrando no período de repouso invernal. Realizou-se a determinação do número de raízes tuberosas (maiores que 0,01 m de diâmetro) por planta, a massa fresca dessas raízes, e depois as raízes foram colocadas em estufa a 60 °C até massa constante, para se obter a sua massa seca. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias das variáveis nas épocas de plantio foram distinguidas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

As quatro diferentes épocas de plantio proporcionaram às plantas condições meteorológicas distintas durante os seus ciclos de crescimento e desenvolvimento. Por exemplo, a temperatura média do ar durante a fase EM – IAA foi 21,7°C; 22,2°C; 25,6°C e 25,8°C e o fotoperíodo no dia da emergência foi 13,7h, 14,1h, 14,8h e 14,8h, respectivamente, para os plantios realizados em 28/09/2005, 11/10/2005, 16/11/2005 e 27/12/2005. Essas condições meteorológicas distintas são importantes em estudos bioclimáticos para a cultura da mandioca, objeto desse trabalho.

Na Figura 1a está plotada a variação do QME das várias equações de regressão linear entre NF e STa nas duas épocas de plantio para os diferentes valores de Tb assumidos. O menor valor do QME (0,317706) e (0,245641) foi para a Tb de 15°C e 14°C, respectivamente para os plantios de 28/09/2005 e 11/10/2005. MATTHEWS & HUNT (1994), descrevendo um modelo de crescimento para a cultura da mandioca no Canadá, usaram uma Tb = 13°C para emissão de folhas e BRAGA et al. (2006) usaram uma Tb = 15°C no zoneamento agrícola de riscos climáticos para a cultura da mandioca para o Estado de Santa Catarina. No presente trabalho, o valor da Tb para aparecimento de folhas pode ser usado 14°C, pois, embora no plantio de 28/09/2005 o menor QME foi na Tb de 15°C, no plantio de 11/10/2005 o QME para Tb de 14°C foi similar (Figura 1a). Assim, adotou-se uma Tb = 14°C para aparecimento de folhas da variedade de mandioca RS 13 nas análises seguintes desse estudo.

Todas as equações de regressão linear entre NF e STa considerando-se uma Tb = 14°C usadas na estimativa do filocrono da mandioca apresentaram valores do coeficiente de determinação (r^2) de 0,99 em todas as épocas. Como foram realizadas 44 equações de regressão, apenas um exemplo dessas regressões lineares é apresentado na Figura 1b, a título de ilustração, correspondendo a uma repetição da época de plantio de 11/10/2005. Essa linearidade e elevado r^2 da relação entre o NF e STa indica que a temperatura do ar é o principal fator ecológico que governa o aparecimento de folhas nessa variedade de mandioca e a estimativa do filocrono pelo método da regressão linear entre NF e STa é uma metodologia apropriada. Para a repetição apresentada na Figura 1b, o coeficiente angular foi 0,0488 folha ($^{\circ}\text{C dia}$)⁻¹ e

seu inverso, o filocrono foi de 20,5°C dia folha⁻¹.

O filocrono variou entre as épocas de plantio (Tabela 1). Os menores valores de filocrono (22,1 e 20,3 °C dia folha⁻¹) foram obtidos nos dois plantios de 28/09/2005 e 11/10/2005 e não diferiram estatisticamente entre si. Os maiores valores de filocrono (29,3 a 29,5 °C dia folha⁻¹) foram obtidos nos dois plantios de 16/11/2005 e 27/12/2005, os quais não diferiram entre si mas diferiram dos dois anteriores. O aumento do filocrono com atraso na época de plantio a partir da primavera para um mesmo genótipo também foram relatados para outras culturas como a batata (PAULA et al., 2005) e trigo de primavera (McMASTER & WILHELM, 1995). Uma das hipóteses para explicar a diferença de filocrono da mandioca entre as épocas de plantio é a temperatura do ar. CAO & TIBBITS (1995) e PAULA et al. (2005) encontraram aumento do filocrono em batata (*Solanum tuberosum* L.) com o aumento da temperatura do ar. No presente estudo também houve uma tendência elevada ($r^2 = 0,81$) de aumento do filocrono com o aumento da temperatura do ar (Figura 1c). Para PAULA et al. (2005), a resposta do filocrono ao aumento da temperatura do ar, talvez seja resultado da relação linear entre emissão de folhas à temperatura do ar, assumida no cálculo da unidade de tempo (soma térmica) do filocrono. No entanto, essa resposta da emissão de folhas à temperatura é não linear (STRECK et al., 2003a; XUE et al., 2004), de modo que a relação linear adotada pode ser fonte de erro de cálculo na soma térmica, especialmente próximo das temperaturas cardinais (STRECK, 2002a,b, 2004).

Uma outra hipótese que poderia explicar a diferença de filocrono entre as épocas de plantio da mandioca seria o fotoperíodo, já que a taxa de emissão de algumas espécies, como por exemplo, o trigo, é afetada pelo fotoperíodo (STRECK et al., 2003a). Essa hipótese não se confirmou para a variedade de mandioca RS 13 usada, pois não houve relação do filocrono com o fotoperíodo médio durante a emissão de folhas (dados não apresentados), o que concorda com a pressuposição usada no modelo de MATTHEWS & HUNT (1994) de que a taxa de emissão de folhas em mandioca não é afetada pelo fotoperíodo.

O NFF variou entre as épocas de plantio, com uma tendência de aumento do NFF nos plantios tardios (Tabela 1). No entanto, não houve diferença estatística entre as três primeiras épocas que variaram de 45,5 a 54,1 folhas. Já o NFF na quarta época

(62 folhas) não foi estatisticamente diferente da terceira época e foi estatisticamente superior ao da primeira e segunda épocas. A hipótese para explicar o aumento do NFF com o atraso da época de plantio da mandioca variedade RS 13 é o fotoperíodo. Houve uma alta relação ($r^2 = 0,96$) entre NFF e fotoperíodo médio do período entre a emergência e o aparecimento da última folha antes da primeira ramificação simpodial (Figura 1d). Segundo MATTHEWS & HUNT (1994), o fotoperíodo afeta a taxa de desenvolvimento da mandioca no sentido de que um aumento do fotoperíodo reduz o tempo necessário para aparecerem às ramificações simpodiais. Esse fato caracteriza a mandioca como uma planta de dia longo. A redução do tempo para a primeira ramificação está associada com a redução do NFF até essa ramificação (MATTHEWS & HUNT, 1994). A relação linear negativa entre NFF e fotoperíodo obtida nesse estudo é típica de planta de dia longo, confirmando resultados de MATTHEWS & HUNT (1994).

O NF no IAA foi similar não havendo diferença estatística entre as quatro épocas de plantio (Tabela 1). A implicação desses resultados é que se pode estimar facilmente a campo esse importante estágio de desenvolvimento, independente da época de plantio. Para a variedade de mandioca RS 13, o IAA ocorre quando o NF= 20,9 ($\pm 1,0$) folhas.

Os componentes do rendimento da mandioca RS 13 foram afetados pela época de plantio (Tabela 2). As duas primeiras épocas tiveram o maior número de raízes por planta e a maior massa fresca e seca de raízes por planta e não diferiram estatisticamente da terceira época. O plantio mais tardio (27/12/2005) reduziu drasticamente os componentes do rendimento, onde cada planta produziu em média apenas três raízes. Esses resultados reforçam a necessidade de plantio da mandioca na época recomendada para o Rio Grande do Sul, que é de Setembro a Novembro (WESTPHALEN & MALUF, 1984). Os rendimentos da massa fresca de raízes, obtidos nas três primeiras épocas apresentados na Tabela 2, transformados para $t\ ha^{-1}$, considerando-se uma densidade de 16.000 plantas ha^{-1} , recomendada para a cultura da mandioca, foram similares ou superiores aos rendimentos de outras variedades de mandioca em outras regiões do Brasil relatados por diversos autores (MATTOS et al., 1985; MATTHEWS & HUNT, 1994; BORGES et al., 2002; GABRIEL FILHO et al.,

2003). Esses resultados indicam que, embora as plantas de mandioca tenham sido cultivadas em baldes nesse experimento, certamente não houve prejuízos para o crescimento das plantas pela restrição de espaço ao sistema radicular.

Conclusões

A temperatura base de aparecimento de folhas para a variedade de mandioca RS13 é de 14°C.

O filocrono dessa variedade de mandioca varia com essas épocas de plantio, de 20,3 a 29,5 °C dia folha⁻¹.

O início de acúmulo de amido na mandioca, variedade RS 13, pode ser identificado quando na haste principal existem 21 folhas visíveis independente da época de plantio.

Agradecimentos

À ASCAR–EMATER/RS pela liberação de Alfredo Schons para a realização desse estudo e a Zeferino Chielle (FEPAGRO/RS) pelas manivas-semente.

Referências bibliográficas

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

BORGES, M.F. et al. Avaliação de variedades de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1559-1565, 2002.

BRAGA, H.J. et al. **Zoneamento agrícola considerando os riscos climáticos para a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. CIRAM/EPAGRI-SC. Capturado em 24 abr. 2006. On-line. Disponível na Internet <http://ciram.epagri.rtc-sc.br:8080/cms/zoneamento/culturas/mandioca.jsp>.

BRUNINI, O. et al. Temperatura base para alface “White Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, p. 214-219, 1976.

CAO, W.; TIBBITTS, T.W. Leaf emergence on potato stems in relation to thermal time. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p. 474-477, 1995.

GABRIEL FILHO, A.G. et al. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.461-467, 2003.

GILMORE, E.C.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, n.10, p.611-615, 1958.

HODGES, T.F. **Predict crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991. 233p.

KLEPPER, B. et al. Quantitative characterization of vegetative development in small cereals. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.5, p.789-792, 1982.

MATTHEWS, R.B.; HUNT, L.A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.36, p.69-84, 1994.

MATTOS, P.L.P.de et al. Mandioca consorciada com milho. **Revista Brasileira da Mandioca**, Cruz das Almas, v.4, n.2, p.61-67, 1985.

McKEE, G.W. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, n.2, p. 240-241, 1964.

McMASTER, G.S.; WILHELLM, W.W. Accuracy of equations predicting the phyllochron of wheat. **Crop Science**, Madison, v.35. n.1, p.30-36, 1995.

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.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 43p.

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

PEREIRA, A.R. et al. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. : Agropecuária, Guaíba, 2002. 478p.

RUSSELE, M.P. et al. Growth analysis based on degree days. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p.28-32, 1984.

SINCLAIR, T.R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.88, p.171-178, 2004.

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, 2002a.

STRECK, N.A. A generalized verbalization response functions for lily (*Lilium* spp.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.2, p.221-228, 2002b.

STRECK, N.A. 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, 2003a.

STRECK, N.A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: A modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.115, n.3-4, p.139-150, 2003b.

STRECK, N.A. A temperature response function for modeling leaf growth and development of the African violet (*Saintpaulia ionantha* Wendl.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.55-62, 2004.

STRECK, N.A. et al. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.3, p.423-429, 2005a.

STRECK, N.A. et al. Estimating leaf appearance rate and phyllochron in safflower. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1448-1450, 2005b.

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

WESTPHALEN, S. L.; MALUF, J.R.T. Zoneamento para a mandioca no Rio Grande do Sul. Editora CORAG. In: **IPAGRO Informa**. Porto Alegre, p.5-8. 1984.

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.

YAN, W.; HUNT, L.A. An equation for modeling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. **Annals of Botany**, Oxford, v.84, n.5, p.607-614, 1999.

Tabela 1 - Data (dia/mês/ano) de plantio e de emergência, número de dias entre o plantio e a colheita (Período), filocrono, número final de folhas (NFF) na haste principal até a primeira ramificação simpodial e número de folhas (NF) na haste principal no início do acúmulo de amido (IAA) da variedade de mandioca RS 13. Santa Maria, RS, Brasil, 2005/2006.

Data de plantio	Data de emergência	Período (N° de dias)	Filocrono (°C dia folha ⁻¹)	NFF (folhas planta ⁻¹)	NF no IAA
28/09/2005	14/10/05	257	22,1 b	45,5 b	19,9 a
11/10/2005	25/10/05	245	20,3 b	47,1 b	20,6 a
16/11/2005	29/11/05	209	29,3 a	54,1 ab	21,0 a
27/12/2005	10/01/06	168	29,5 a	62,0 a	21,9 a
CV(%)			7,46	11,89	13,54

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = Coeficiente de variação.

Tabela 2 - Número (n°) de raízes, massa fresca de raízes tuberosas (g) e massa seca (g) de raízes tuberosas por planta de mandioca, variedade RS 13, plantada em quatro épocas. Santa Maria, RS, Brasil, 2005/2006.

Data de plantio	N° raízes planta ⁻¹ (n°)	Massa fresca planta ⁻¹ (g)	Massa seca planta ⁻¹ (g)
28/09/2005	11,6 a	2326,3 a	1597,5 a
11/10/2005	10,9 a	2323,7 a	1792,7 a
16/11/2005	9,8 a	2101,8 a	1461,5 a
27/12/2005	3,0 b	485,7 b	253,0 b
CV (%)	32,93	28,73	28,61

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV = Coeficiente de variação.

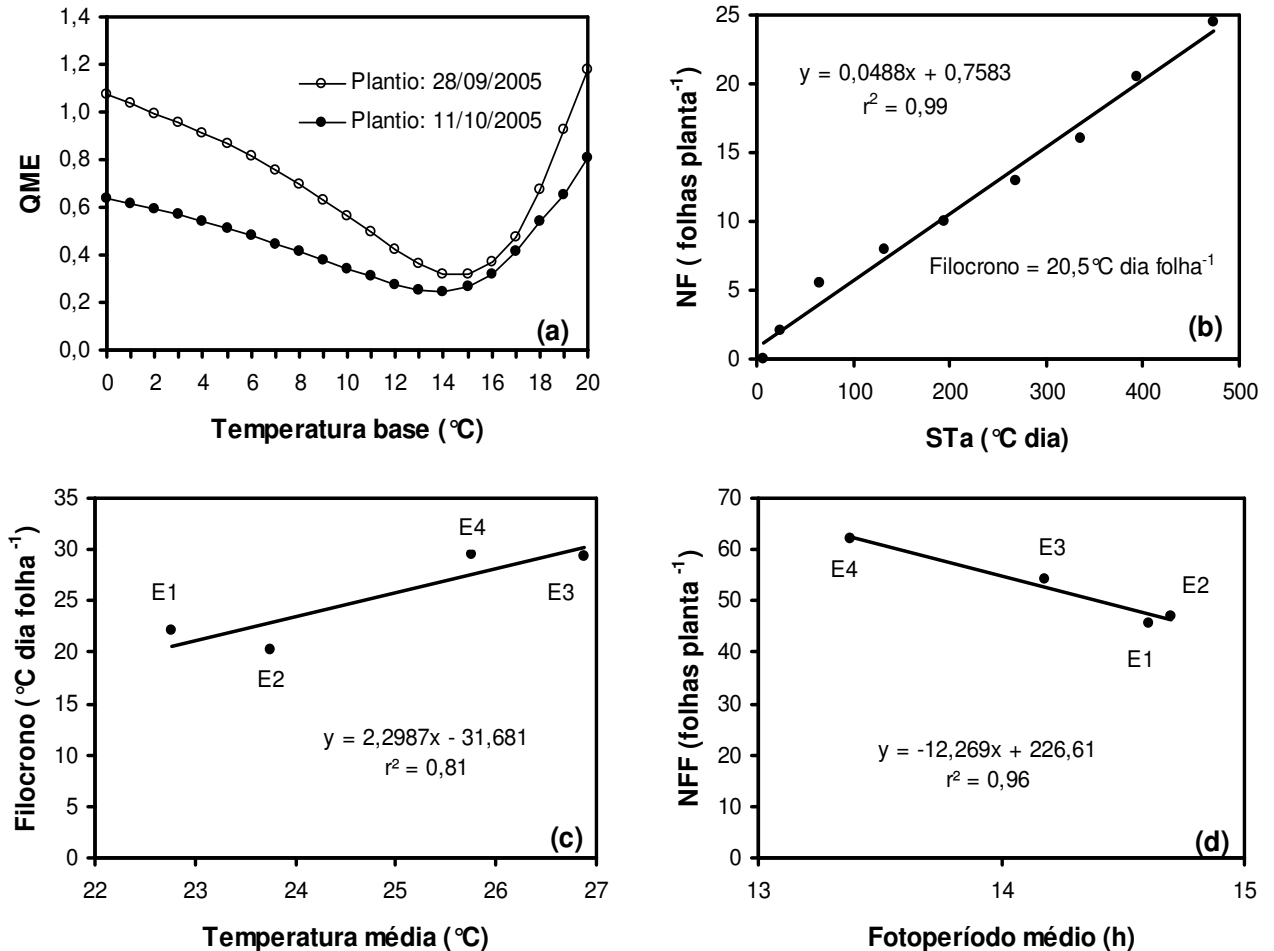


Figura 1 - Quadrado médio do erro (QME) da regressão linear entre o número de folhas (NF) acumuladas na haste principal e soma térmica acumulada (STa) a partir da emergência, utilizando-se várias temperaturas base em duas épocas de plantio (a), relação entre NF e STa utilizada na estimativa do filocrono de uma repetição (balde com duas plantas) plantada em (11/10/2005 (b), relação entre filocrono e média da temperatura média diária do ar durante a fase emergência (EM) até o último NF usado na estimativa do filocrono (c) e relação entre número final de folhas na haste principal (NFF) e fotoperíodo médio durante a fase EM – aparecimento da última folha antes da primeira ramificação simpodial (d) da mandioca, variedade RS 13 plantada em quatro épocas (E1 = 28/09/2005, E2 = 11/10/2005, E3 = 16/11/2005, E4 = 27/12/2005). Santa Maria, RS, 2005/2006.

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO DE MANDIOCA E MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS NO CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO

Resumo

A mandioca e o milho são importantes culturas nas pequenas propriedades familiares do Brasil. O objetivo deste trabalho foi quantificar o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento da mandioca e do milho em diferentes arranjos de plantas em cultivo solteiro e consorciado considerando-se duas épocas de semeadura do milho. O experimento foi conduzido em Santa Maria, RS. A mandioca, variedade RS 13, foi plantada em 27/09/2005. O milho, variedade BRS Missões, foi semeado em duas épocas: quando 50% das plantas de mandioca estavam emergidas e quando a mandioca apresentavam cinco folhas visíveis. Doze tratamentos foram usados caracterizando diferentes arranjos de plantas nas culturas solteiras e consorciados. O delineamento experimental foi blocos completos ao acaso com três repetições. Vários parâmetros de crescimento, desenvolvimento e componentes do rendimento das duas culturas foram analisados. Foi calculada a soma térmica ($T_b=14^{\circ}\text{C}$ para mandioca e $T_b=10^{\circ}\text{C}$ para milho) de algumas fases de desenvolvimento e determinado o filocrono. O crescimento e o desenvolvimento das duas espécies não foram afetados pelo arranjo de plantas, tanto em cultivo solteiro como em consórcio. O maior uso eficiente da terra foi obtido no consórcio de mandioca com milho, com a mandioca em fileiras duplas de 1,6 x 0,5 x 0,6 m e uma fileira de milho a 0,8 x 0,21 m ou duas fileiras de 0,4 x 0,42 m entre as fileiras duplas de mandioca e milho semeado na emergência da mandioca.

Palavras-chave: *Zea mays* L; arranjo de plantas; competição de plantas; soma térmica; filocrono; emissão de folhas.

Growth, development and yield of cassava and maize in different plant spacing in monocropping and intercropping

Abstract

Cassava and maize are important crops in small farms of Brazil. The objective of this study was to quantify growth, development and yield of cassava and maize in different plant spacing in monocropping and intercropping, considering two sowing dates of maize. The experiment was carried out in Santa Maria, RS, Brazil. The cassava variety RS 13 was planted on 27/09/2005. The maize variety BRS Missões was sowed on two dates: when 50% of the cassava plants were emerged and when cassava plants had five visible leaves. Twelve treatments were used defining different plants spacing in the monocropping and intercropping. The experimental design was a complete randomized blocks with three replications. Several growth, development and yield parameters of both crops were analyzed. Thermal time ($T_b = 14^\circ\text{C}$ for cassava and $T_b = 10^\circ\text{C}$ for maize) of some developmental phases and the phyllochron were calculated. Growth and development were not affected by plant spacing in both monocropping and intercropping. The greatest land use efficiency was obtained with intercropping cassava and maize, with cassava planted in double row spacing of 1.6 x 0.5 x 0.6 m and a single row of maize spaced 0.8 x 0.21m or two rows of maize spaced 0.4 x 0.42m between the double row of cassava and maize sowed at cassava emergence.

Key words: *Zea mays* L; plant distribution; plant competition; thermal time; phyllochron; leaf emergence.

Introdução

A mandioca é uma cultura importante no Brasil, pois é rústica e tem desempenho satisfatório em condições de solos com baixa fertilidade e em diferentes climas. Devido a esta rusticidade, a mandioca é cultivada em várias regiões do Brasil e está presente na maioria das pequenas propriedades familiares do Brasil, onde é uma importante fonte de carboidratos na alimentação humana e animal.

A região Nordeste do Brasil detém 50% da área cultivada com mandioca no País, que é de 1.675274 ha. O estado do Pará é o maior produtor de mandioca da federação, seguido por Bahia, Paraná e o Rio grande do Sul (RS). No RS são plantados 84.500 ha com mandioca, em 497 municípios (IBGE, 2003).

O milho é outra cultura presente na maioria das pequenas propriedades familiares do Brasil, onde é utilizada principalmente para alimentação dos animais da propriedade de várias formas (pasto verde, silagem e grãos), além dos grãos representarem uma fonte de renda ao agricultor. Neste sistema, sempre que possível é desejável que o custo de produção da lavoura de milho seja diminuído ao máximo. Para alcançar esse objetivo é comum o uso de variedades, ao invés de híbridos, de milho, pois estes genótipos permitem o uso de sementes próprias em cultivos subseqüentes, já que a semente de milhos híbridos tem um custo elevado.

Na pequena propriedade rural do RS, é comum encontrar-se várias culturas, porém quase sempre, cultivados de forma solteira. O consórcio de duas culturas importantes como a mandioca e o milho é uma alternativa para melhorar o aproveitamento da área e a ocupação dos recursos de um mesmo solo e, portanto, uma opção importante na agricultura familiar do RS.

Os trabalhos de pesquisa em mandioca e milho tem tido maior ênfase em aspectos como rendimento, fertilidade, densidade de plantas e espaçamentos ou arranjos de plantas (ALMEIDA, 1982; CERETTA, 1986; MATTOS et al., 2005a,b). Atualmente com a chamada “agricultura de precisão”, combinada com a disponibilidade de novos genótipos a cada ano, existe a necessidade de expandir os estudos a respeito de combinações da distribuição espacial das plantas no dossel buscando-se diferentes arranjos de plantas para maximizar a produtividade biológica e econômica. Essa

necessidade se estende aos cultivos consorciados na agricultura familiar.

O grande desafio no estabelecimento de sistemas consorciados está na capacidade de selecionar as culturas apropriadas e o manejo, tendo como meta a maximização no uso da terra e atender aos interesses do agricultor. Em sistemas consorciados de plantas se estabelecem relações entre as culturas. Dessas relações poderá resultar uma inibição mútua (quando o rendimento das culturas é inferior à expectativa), cooperação mútua (quando o rendimento das culturas supera a expectativa) ou compensação (quando, diante da expectativa, uma cultura que produz menos é compensada por outra que produz mais do que a expectativa) (CERETTA, 1986).

Dentre as vantagens do sistema consorciado quando comparado ao plantio solteiro, pode-se destacar o aumento no rendimento por unidade de área (MATTOS et al. 2005a,b). RAO & MORGADO (1985), relataram aumentos que variam de 60 a 90% de rendimento em plantios de mandioca consorciada com diversas culturas. Há ainda registro de valores de aumento de rendimento que variam de 36 a 85% em mandioca consorciada com milho (MATTOS et al. 1983).

O cultivo da mandioca pode ser realizado com plantas dispostas em fileiras simples e em fileiras duplas (BUENO, 1985; CERETTA, 1986; SILVA & CERETTA, 1986; TÁVORA & MELO, 1993). O plantio de fileiras duplas é uma opção de arranjo em que se junta duas fileiras e assim entre duas fileiras duplas fica um espaço maior do que no sistema de fileiras simples. A disposição em fileiras duplas tem algumas vantagens em comparação ao sistema de fileiras simples: maior facilidade de trabalho com equipamentos e implementos agrícolas, diminuição de custos de produção pela redução de mão-de-obra, pois diminuem os tratos culturais (capinas, aplicações de defensivos), maior possibilidade da utilização do espaço entre fileiras duplas com outra espécie (consórcio), maior facilidade para inspeção do cultivo, aumento da produtividade biológica devido ao efeito de bordadura, redução da quantidade de fertilizantes e o uso mais racional da terra (MATTOS, 1979; ALMEIDA, 1982; MATTOS et al. 1985). O espaçamento usado na cultura da mandioca quando cultivada em fileiras simples é variável, como por exemplo, de 1,0 x 1,0 m, de 1,0 x 0,8 m e de 1,2 x 0,8 m (OYARZÁBAL, 1995). Quando em fileiras duplas, os espaçamentos utilizados são de

2,0 x 0,6 x 0,6 m ou de 2,0 x 0,5 x 0,5 m (MATTOS et al., 1985; TÁVORA & MELO, 1993). Nesses espaçamentos (tanto em fileiras simples como em fileiras duplas), a densidade de plantas (considerando uma planta por cova) é de aproximadamente 16.000 plantas ha⁻¹.

Ao comparar o sistema de fileiras simples com o sistema de fileiras duplas, MATTOS (1979) e MATTOS (1991) verificaram que o uso de fileiras duplas no espaçamento de 2,0 x 0,6 x 0,6 m, proporcionou aumentos de 32% e 90% no rendimento de raízes de mandioca, respectivamente. Já em trabalho realizado por SILVA & CERETTA (1986), não foi verificada a superioridade do sistema de fileiras duplas sobre fileiras simples em termos de rendimento de raízes e amido na cultura de mandioca, apenas o diâmetro e peso de cada raiz foram superiores no sistema de fileiras duplas no espaçamento de 2,8 x 0,6 x 0,6 m.

A cultura do milho geralmente é cultivada em fileiras simples. Segundo BARCELLOS (1999); MATZENAUER et al. (2001) e PEREIRA et al. (2001), o espaçamento entre linhas recomendado para o milho deve variar de 0,7 a 1,0 m, observando-se que com as cultivares super precoces e precoces se tem maior produtividade em espaçamentos menores, especialmente em condições de alto nível de tecnologia. FANCELLI & DOURADO NETO (2000), recomendam para a cultura de milho, sob condições de sequeiro, uma densidade de plantas de 45.000 a 55.000 plantas ha⁻¹, adotando-se espaçamentos variáveis na linha entre 0,55 a 0,80 m entre plantas.

Com relação ao arranjo de plantas mais apropriado a ser usado no consórcio mandioca-milho para o Sul do Brasil ainda existe controvérsia, pois a maioria dos resultados é de trabalhos realizados no Nordeste Brasileiro, onde as condições ambientais são diferentes do Sul do Brasil (MATTOS, 1979; MATTOS et al., 1983; 1985; BUENO, 1985; TÁVORA & MELO, 1993). Além disso, uma grande parte dos trabalhos tem mostrado que em se arranjando plantas de mandioca em fileiras duplas proporciona um aumento substancial na produção de raízes e ramos de mandioca, independentemente do cultivo solteiro ou consorciado (MATTOS et al. 1983; 1985; 1999), mas em alguns trabalhos não foi verificado esta superioridade das fileiras duplas (BUENO, 1985; SILVA & CERETA, 1986; GABRIEL FILHO et al., 2003) e, em alguns

desses trabalhos, ao contrário, o cultivo em fileiras duplas de mandioca proporcionou decréscimo no rendimento de raízes, quando comparado ao espaçamento em fileiras simples (MONDARDO et al., 1983; QUEIRÓS et al., 1988; e TÁVORA et al. 1989; TÁVORA & MELO, 1993). Esses resultados contraditórios na literatura foram um incentivo para a realização desse trabalho.

A competição intra e inter-específica no consórcio de plantas é determinada pela disposição das plantas entre e dentro das fileiras de plantio e pela época em que inicia a competição. Para obter-se o máximo do rendimento em culturas consorciadas, deve-se minimizar ao máximo a competição entre e/ou dentro das espécies consorciadas, arranjando-se de tal forma as plantas que a distribuição espacial seja a mais favorável possível para ambas as culturas.

A avaliação de sistemas consorciados pode ser feita a partir de duas vertentes diferentes. De parte da experimentação científica, tenta explicar os fatores de crescimento e desenvolvimento vegetal das culturas envolvidas através das interações entre as plantas onde está incluída a competição inter e intra-específica. De parte do produtor, entretanto, seu interesse reside na quantidade e valor econômico da produção obtida nos diferentes sistemas, ou seja, todas as variações observadas são intrínsecas dos sistemas de cultivo e o que interessa é o rendimento final de cada sistema (CERETTA, 1986).

Considerando esses aspectos, a pesquisa vem utilizando com maior freqüência um índice que permite avaliar a eficiência de sistemas consorciados tomando por base a área cultivada. Esse índice, denominado “uso eficiente da terra” (UET), representa a área de terra necessária com as culturas em cultivo solteiro para proporcionar um rendimento equivalente ao obtido com as culturas consorciadas (ALMEIDA, 1982; MATTOS et al. 1985; CERETTA, 1986; TÁVORA et al., 1989).

O sistema consorciado ou cultivo de mais de uma espécie na mesma área durante o mesmo ano é uma forma de aumentar o UET (ALMEIDA, 1982; MATTOS et al. 1983). Ainda os mesmos autores indicam que o maior UET foi obtido com as fileiras duplas em espaçamentos de 2,0 x 0,6 x 0,6 m, 2,0 x 0,5 x 0,5 m e 2,0 x 0,7 x 0,7 m foram os mais eficientes uma vez que apresentaram vantagens na ordem de 84, 75 e 72%, respectivamente.

O fato de a mandioca apresentar um lento crescimento inicial contribui para que a sua competição com a cultura consorciada seja minimizado (CERETTA, 1986). Quando o milho é usado no consórcio com a mandioca, há ainda dúvidas a respeito de qual a época de semeadura mais apropriada. Uma época de semeadura muito cedo do milho pode causar algum prejuízo no desempenho da cultura da mandioca, enquanto que uma semeadura do milho muito tarde pode acarretar sombreamento pela mandioca, reduzindo o rendimento do milho. MATTOS et al. (1985) em trabalho realizado em Conceição do Almeida, Bahia, constataram que o milho semeado 30 dias após o plantio da mandioca resultou em ganhos no rendimento da cultura da mandioca. Já ALMEIDA (1982) em trabalho realizado em Viçosa, Minas Gerais concluiu que em se semeando o milho no mesmo dia do plantio da mandioca houve diminuição no rendimento de raízes e nos componentes do rendimento de raízes da mandioca. Oportuno também é ressaltar que em trabalhos de épocas de semeadura do milho no consórcio com a mandioca é desejável que seja usado um indicador de tempo mais apropriado do que dias do calendário civil, como por exemplo, a soma térmica ou o número de folhas acumuladas na planta, o que torna a recomendação menos dependente do local.

O desenvolvimento e o crescimento vegetal são processos relacionados, mas não são sinônimos, podendo ocorrer simultaneamente ou não. São, por isso, não raramente termos usados de forma inadequada e/ou confundidos. Desenvolvimento vegetal é o processo pelo qual plantas, órgãos ou células passam por vários estádios identificáveis durante o seu ciclo de vida, enquanto que crescimento vegetal é o aumento irreversível em alguma dimensão física de um indivíduo ou órgão com o tempo, como por exemplo, o aumento irreversível em massa seca (WILHELM & McMASTER, 1995). A avaliação do crescimento e do desenvolvimento das culturas agrícolas é uma excelente maneira de quantificar a competição intra e inter-específica nos sistemas consorciados. Avaliações mais detalhadas, especialmente de variáveis do desenvolvimento da mandioca e do milho em consórcio são escassas, o que constitui mais um incentivo para esse esforço científico.

O objetivo nesse trabalho foi quantificar o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento da mandioca e do milho em diferentes arranjos de plantas em cultivo solteiro e consorciado considerando-se duas épocas de semeadura do milho.

Material e métodos

Um experimento foi realizado no campo experimental da UFSM em Santa Maria, RS (latitude: 29°43'S, longitude: 53°43'W e altitude: 95m), localizada na região fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, durante o ano agrícola 2005/2006. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa, que significa subtropical úmido sem estação seca definida com verões quentes (MORENO, 1961). 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 et al., 2002).

O preparo de solo foi realizado com duas gradagens. O solo foi calcareado com 2.000 kg ha⁻¹ de calcário para elevar o pH a 5,5. A adubação constou de 250 kg ha⁻¹ na fórmula de 05-20-20. Na cultura da mandioca foram realizadas duas adubações de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de uréia, sendo a primeira realizada quando as plantas apresentavam 15 a 20 folhas acumuladas na haste principal e iniciavam o acúmulo de amido nas raízes fibrosas e a segunda aplicação de uréia em cobertura foi quando as plantas apresentavam entre 45 e 50 folhas acumuladas na haste principal e próximas do surgimento da primeira ramificação simpodial. Para a cultura do milho foram realizadas também duas adubações de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de uréia, a primeira quando as plantas estavam em V3-V4 (terceira e quarta folhas expandidas) e a segunda aplicação quando as plantas de milho estavam em V7-V8 (sétima e oitava folhas expandidas), respectivamente (FANCELLI & DURVAL NETO, 2000; COMISSÃO de QUÍMICA e FERTILIDADE do SOLO – RS/SC, 2004).

O controle de plantas daninhas foi realizado com capinas manuais e as doenças e pragas foram controlados com produtos químicos sempre que necessário para evitar interferência desses fatores bióticos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Houve complementações de irrigação por aspersão sempre que necessário para manter as plantas em crescimento e desenvolvimento sem deficiência hídrica.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com doze tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram diferentes espaçamentos de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado e estão descritos na Tabela 1. Cada parcela foi

constituída de fileiras de 6,0 m de comprimento e 3,5 m de largura, sendo separadas por uma faixa de circulação de 2,5 m.

A variedade de mandioca usada foi a RS 13. As manivas-semente foram obtidas da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul, Unidade de Taquari/RS (FEPAGRO/Taquari). Manivas com 0,2 m de comprimento foram plantadas em 27 de setembro de 2005. Cerca de 30 dias após a emergência das plantas, foi efetuado desbaste, deixando-se apenas uma haste por maniva (SANGOI & KRUSE, 1993).

O genótipo de milho usado foi a variedade BRS Missões. As sementes foram obtidas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Unidade de Passo Fundo/RS (EMBRAPA/Trigo). Optou-se em usar uma variedade em vez de um híbrido de milho, por ser a variedade um genótipo mais apropriado para cultivo em pequenas propriedades familiares. Foram realizadas duas épocas de semeadura do milho: a primeira época de semeadura foi em 02/11/2005, quando havia 50% de emergência da mandioca e a segunda época de semeadura foi em 29/11/2005, quando 50 % das plantas de mandioca apresentavam cinco folhas visíveis na haste principal. A semeadura foi realizada com semeadora manual com 3 a 4 sementes por cova. Foi realizado um desbaste aos 15 dias após a emergência, mantendo-se uma planta de milho por cova.

A data de emergência das duas culturas (50% das plântulas estavam visíveis acima do nível do solo) foi determinada em cada parcela. Após a emergência da mandioca, as falhas (covas sem plantas) foram preenchidas transplantando-se manivas com plântulas que tinham sido plantadas em área adjacente. Esse procedimento foi adotado por ter ocorrido um período chuvoso muito intenso (289 mm) (Figura 1b) entre o plantio e a emergência, ocasionando perdas de manivas-semente por apodrecimento.

Após a emergência da mandioca, seis plantas por parcela foram marcadas com arames coloridos para avaliar, semanalmente: (a) número total de folhas acumuladas na haste principal (NFHP) e em uma das hastes entre o primeiro e o segundo simpódio (NFRS), considerando-se como folha visível quando um dos lóbulos da folha apresentava as bordas não mais se tocando; (b) número de folhas verdes na haste principal (NFVHP); (c) número de folhas senescentes na haste principal (NFSHP)

calculada pela diferença entre o número de folhas acumuladas e o número de folhas verdes; (d) altura da planta (Alt), considerada do nível do solo até a inserção da última folha da planta; (e) comprimento da haste (Chaste), sendo o comprimento de uma das hastes, escolhida aleatoriamente, oriundas da primeira ramificação simpodial; (f) área final (expandida) da folha na posição do nó 30 (AF30) e do nó 40 (AF40) na haste principal (acropetalmente). Mediu-se nessas folhas o comprimento do maior lóbulo e a sua área folhar (AF, cm²) foi calculada por:

$$AF = ax + bx^2 + cx^3 \quad (1)$$

em que AF é a área da folha (cm²), x é o comprimento do maior lóbulo e os coeficientes a, b e c foram estimados por regressão polinomial usando-se 80 folhas de diferentes tamanhos coletadas em diferentes porções em plantas de bordadura ao longo do experimento. Em cada uma dessas folhas mediu-se o comprimento do maior lóbulo (x) e a área (AF) foi estimada pelo método das fotocópias. A equação polinomial de 3^o grau (equação 1) foi a que melhor ajustou-se aos dados. Os valores estimados dos coeficientes da equação 1 foram: a = 3,2792; b = 0,1607 e c = 0,0402 com um r² = 0,92.

Nas plantas etiquetadas de mandioca foram anotados ainda o número final de folhas na haste principal até a primeira ramificação simpodial (NFFHP), número final de folhas em uma das hastes entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (NFFRS) e a data (50%) do surgimento da primeira e da segunda ramificação simpodial.

A colheita da mandioca foi realizada no dia 06 de junho de 2006, quando as plantas tinham perdido quase todas as folhas e estavam entrando no período de repouso invernal. Foram determinados o rendimento (t ha⁻¹) e os componentes do rendimento, massa fresca de raízes e número de raízes por unidade de área de raízes comercializáveis (RC) e não comercializáveis (RNC). Consideram-se como raízes comercializáveis as que apresentavam comprimento maior que 0,10 m e diâmetro maior que 0,02 m e como raízes não comercializáveis as raízes com diâmetro entre 0,01 e 0,02 m e comprimento inferior a 0,10 m. Para a determinação dos componentes do rendimento da mandioca foram colhidas as seis plantas marcadas para a contagem das RC e RNC. Foram selecionadas ao acaso 10 RC e 10 RNC, pesadas e colocadas em estufa a 60°C até matéria constante, visando a determinação da massa seca (MS).

Seis plantas de milho foram também marcadas por parcela após a emergência

nas quais foram anotados, semanalmente: (a) número de folhas acumuladas (NFF), considerando-se como NFF as folhas com colar visível mais uma acima da última folha com colar visível; (b) número de folhas verdes (NFV); (c) número de folhas senescentes (NFS), pela diferença do NFF – NFV; (d) altura (Alt) da planta, do nível do solo até a inserção da última folha da planta (acropetalmente); (e) área final (expandida) da folha na posição do nó 15 (AF15) e do nó 18 (AF18), calculada por:

$$AF = L \times C \times FC \quad (2)$$

em que L é a maior largura da folha (cm), C é o comprimento da folha (cm) e FC = 0,73 (McKEE, 1964). Nas mesmas plantas também se determinou o número final de folhas no colmo principal e a data (50%) do pendoamento, antese, embonecamento e maturação fisiológica seguindo os critérios descritos em FANCELLI & DOURADO NETO (2000).

A colheita do milho foi realizada em 28 de março de 2006 para o milho semeado na primeira época e 25 de abril de 2006, para o milho semeado na segunda época. O rendimento ($t \text{ ha}^{-1}$) e componentes do rendimento de milho foram obtidos das linhas centrais da parcela. Para a determinação dos componentes do rendimento do milho foram colhidas todas as espigas da área útil da parcela que tinham pelo menos um grão formado. No momento da colheita foram contados o número de espigas e o número de plantas em cada parcela colhida. De cada parcela foram selecionadas, ao acaso, dez espigas para determinação dos demais componentes do rendimento: número de grãos espiga⁻¹ e massa de 100 grãos. Para obter o número de grãos espiga⁻¹ foi contado o número médio de grãos de quatro fileiras de grãos multiplicado pelo número de fileiras de cada uma das dez espigas/parcela. Foram utilizadas quatro amostras aleatórias de cada parcela contendo 100 grãos e levados na estufa a 60 °C para secagem até massa constante. Pesou-se cada amostra e multiplicou-se por 1,13 para calcular o rendimento em base de 13% de umidade. Com esses dados calculou-se o rendimento em $t \text{ ha}^{-1}$ da seguinte maneira (BERGAMASCHI et al., 2004):

- Peso de grãos espiga⁻¹ = (Peso médio e 100 grãos x nº de grãos espiga⁻¹) . 100 grãos⁻¹
- Peso de grãos planta⁻¹ = Peso de grãos espiga⁻¹ x nº espigas planta⁻¹
- Peso de grãos parcela⁻¹ = Peso de grãos planta⁻¹ x nº de plantas parcela⁻¹
- Peso de grãos parcela⁻¹ ($t \text{ ha}^{-1}$) = 10 x Peso de grãos (kg) m^{-2} .

A soma térmica diária (STd) a partir da emergência das plantas foi calculada segundo ARNOLD (1960):

$$STd = (T_m - T_b) \cdot 1 \text{ dia} \quad \{^\circ\text{C dia}\} \quad (3)$$

em que T_m é a temperatura média diária do ar calculada pela média aritmética das temperaturas mínima e máxima do ar e T_b a temperatura base considerada como 14°C para mandioca (SCHONS et al., 2007) e 10°C para milho (WESTPHALEN & MALUF, 1984; LOZADA & ANGELOCCI, 1999; FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

A soma térmica acumulada (STa) foi calculada por:

$$STa = \sum STd \quad \{^\circ\text{C dia}\} \quad (4)$$

sendo $\sum STd$, o somatório das somas térmicas diárias.

Os valores de temperatura mínima e máxima diárias do ar para o período experimental foram medidas na Estação Climatológica Principal, pertencente ao 8° DISME/INMET/MA e localizada aproximadamente 100 m da área experimental.

A velocidade de aparecimento de folhas nas culturas de mandioca e de milho foi estimada pelo filocrono, definido como o tempo necessário para o aparecimento de uma folha na haste ou colmo (SKINNER & NELSON, 1995; RICKMAN & KLEPPER, 1995; WILHELM & McMASTER, 1995). Uma unidade de tempo freqüentemente utilizada para representar tempo fisiológico em plantas é a soma térmica ou soma de calor ($^\circ\text{C dia}$). O filocrono nesse caso é o acúmulo térmico necessário para o aparecimento de uma folha ($^\circ\text{C dia folha}^{-1}$). Foi realizada uma regressão linear entre número de folhas acumuladas na haste/colmo e STa a partir da emergência em cada cultura. O filocrono foi estimado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NFF e STa a partir da emergência (KLEPPER et al., 1982; KIRBY, 1995; XUE et al., 2004). Na mandioca, foram estimados o filocrono na haste principal até a primeira ramificação simpodial (Filo 1) e da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Filo 2) e no milho o filocrono do colmo principal.

Também foi calculada a duração, em $^\circ\text{C dia}$, das fases de desenvolvimento da mandioca: emergência - primeira ramificação simpodial (ST_{EM-RS1}); primeira ramificação simpodial - segunda ramificação simpodial ($ST_{RS1-RS2}$) e do milho: emergência - pendoamento (ST_{EM-PE}); pendoamento - maturação fisiológica (ST_{PE-MF}) e emergência - maturação fisiológica (ST_{EM-MF}).

O uso eficiente da terra (UET) (MATTOS, 1979; ALMEIDA, 1982; MATTOS, et al., 1983; VIEIRA, 1984; MATTOS et al., 1985; CERETTA, 1986; MATTOS et al., 2005a,b) foi calculado por:

$$UET = (R\text{MaC}/R\text{MaS}) + (R\text{MiC}/R\text{MiS}) \quad (5)$$

em que RMaC é o rendimento de raízes totais da mandioca em consórcio, RMaS é o rendimento de raízes totais da mandioca cultivada de forma solteira no tratamento T1, RMiC é o rendimento de grãos do milho em consórcio e RMiS é o rendimento de grãos do milho cultivado na forma solteira do tratamento T4. Os tratamentos (T1 e T4) foram usados como padrões, por serem espaçamentos frequentemente usados pelos produtores das duas culturas.

Os dados foram submetidos a uma análise da variância. Quando houve efeito significativo para tratamentos, foi aplicado o teste de Scheffé para os contrastes definidos na Tabela 2 com os coeficientes da Tabela 3.

Resultados e discussão

Nas Figuras 1a e 1b apresenta-se as variações meteorológicas durante o experimento. As temperaturas máximas diárias alcançaram valores superiores a 35°C em 22 dias nos meses de novembro de 2005 a março de 2006 enquanto as temperaturas mínimas diárias atingiram valores entre 0 e 5°C em 4 dias no mês de maio de 2006. Já o fotoperíodo foi crescente no início do experimento de até 15h no solstício de verão e decrescente no restante do experimento até aproximadamente 11h em direção ao solstício de inverno. Houve chuva ao longo do período experimental, com intensidade maior durante o plantio-emergência. O brilho solar foi crescente do início da estação de primavera-verão durante a fase vegetativa das duas culturas. Um declínio do brilho solar diário no período de verão-outono coincidiu com os períodos de acúmulo de amido na mandioca e enchimento de grão na cultura do milho.

O crescimento em altura das plantas de mandioca foi lento no início do experimento aumentando rapidamente até aparecer a primeira ramificação simpodial aos 75 dias após a emergência (14/01/2006), (Figura 2a e 2b), quando a altura foi de

1,60 m e o número final de folhas na haste principal foi de 53 folhas. A partir desse momento ocorre uma redução na velocidade de crescimento em altura por duas razões: as plantas perderam a dominância apical e ocorrem modificações na direção do crescimento das novas ramificações para iniciar o primeiro simpódio, sendo oblíquo em relação ao nível do solo. Em média, três novos ramos iniciaram lentamente o crescimento sem dominância entre os novos ramos. O aparecimento da segunda ramificação simpodial ocorreu aos 141 dias após a emergência (21/03/2006), quando a altura era de 2,94 m e o número de folhas entre a primeira e a segunda ramificação simpodial foi de 47 folhas. Esse crescimento em altura das plantas de mandioca seguiu uma variação sigmoideal típica ao longo do experimento e similar em todos os tratamentos.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 4 e 6) pelos contrastes analisados (Tabela 2) para as variáveis que são responsáveis pelo crescimento em altura das plantas de mandioca. Isso significa que o arranjo de plantas e a presença de plantas de milho, independente da época de semeadura no consórcio, não afetaram significativamente o crescimento em altura das plantas de mandioca. A outra variável de crescimento da mandioca analisada e que também não foi afetada pelos tratamentos foi a área final (expandida) das folhas do nó 30 e 40 (Tabela 4). De mesma forma, o número de folhas verdes na planta de mandioca (até a segunda ramificação simpodial) ao longo do experimento também foi similar entre os tratamentos (Figura 3a, 3c, 3d, 3e e 3f).

A análise estatística mostrou que também não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis do desenvolvimento da mandioca analisadas nesse estudo e apresentadas nas Tabelas 5 e 7. Assim, esses resultados indicam que, como para as variáveis de crescimento, o desenvolvimento da planta de mandioca não foi afetado significativamente pelo arranjo de plantas e pelo consórcio com o milho.

O crescimento em altura das plantas de milho seguiu também uma variação sigmoideal típica ao longo do experimento e similar entre os tratamentos (Figura 2c e 2d). A análise estatística mostrou que não houve diferença estatística de altura final das plantas de milho para os contrastes definidos na Tabela 2 e apresentadas nas Tabela 8 e 10. Para as outras duas variáveis de crescimento: área final (expandida) das folhas do

nó 15 e 18 (AF15 e AF18) houve efeito significativo apenas para AF 18 (Tabela 8), mas para os contrastes definidos na Tabela 2 não houve diferença significativa para ambas as variáveis (Tabela 12). De forma semelhante, o número de folhas verdes (NFV) em milho foi similar entre os tratamentos em uma mesma época de semeadura (Figura 3b; 3c; 3d; 3e e 3f). Esses resultados indicam que o arranjo das plantas e o consórcio com a mandioca não afetaram significativamente o crescimento das plantas de milho. Nota-se que em torno dos 30 dias após a emergência das plantas de milho, independentemente da época de semeadura, houve uma redução (época 1) ou estabilização (época 2) e depois retornou o aumento do NFV. Uma possível explicação para esta interrupção no aumento do NFV aos 30 dias após a emergência, pode ter sido o fato de as plantas de milho ter iniciado a fase de alongação do colmo nessa época, o que coincide com um momento quando as plantas precisam de maior quantidade de fotoassimilados, o que pode ter aumentado a velocidade de senescência das folhas basais e diminuído a emissão de novas folhas.

Com relação às variáveis de desenvolvimento do milho, não houve efeito significativo de tratamento para as variáveis filocrono e ST_{EM-PE} (Tabela 9). Já para as variáveis NFF, ST_{PE-MF} e ST_{EM-MF} houve efeito significativo de tratamentos (Tabela 9), mas para os contrastes definidos na Tabela 2, houve efeito significativo apenas para as variáveis ST_{PE-MF} e ST_{EM-MF} (Tabela 12) nos contrastes Y1 e Y2 (época 1 versus época 2 (Tabela 2). A maior duração, em graus dia, da fase de pendoamento-maturação fisiológica, e que resultou na maior duração da fase de emergência-maturação fisiológica, do milho na primeira época de semeadura (Tabela 11) ocorreu porque a maturação fisiológica ocorreu apenas oito dias mais tarde na segunda época de semeadura, apesar da semeadura, emergência e pendoamento ter ocorrido 27, 24 e 20 dias, respectivamente, mais tarde na segunda época de semeadura. Esse fato é chamado de sincronismo no desenvolvimento vegetal (STRECK et al. 2003).

Os componentes do rendimento (número de raízes e massa fresca por planta) da mandioca não foram afetados significativamente pelos tratamentos (Tabela 13). Isso significa que o rendimento de raízes de cada planta de mandioca não foi afetado pelo arranjo de plantas de mandioca solteira e nem pela presença do milho (espaçamento e época de semeadura) no consórcio. Houve efeito significativo de tratamentos para as

variáveis raízes comercializáveis (RC) e raízes totais (RT) de mandioca (Tabela 13). Esse efeito ocorreu porque o rendimento de raízes ($t\ ha^{-1}$) foi a metade nos tratamentos T5 e T10 (Tabela 14). Nesses tratamentos de consórcio, o milho e a mandioca são arranjados em fileiras simples (Tabela 1) e com linhas intercaladas de cada espécie, o que leva a ter a metade do número de plantas por unidade de área em cada cultura comparado ao cultivo solteiro das duas espécies ou com o cultivo em consórcio quando a mandioca é arranjada em fileiras duplas. No entanto, os contrastes de interesse nesse estudo não foram significativos para ambas as variáveis RC e RT (Tabela 15). Esses resultados indicam que a competição, inter-específica nos consórcios e intra-específica no cultivo solteiro, não teve efeito significativo sobre o número e tamanho das raízes das plantas da mandioca. Esse fato nos permite concluir que os espaçamentos e densidades das duas espécies no cultivo em consórcio foram apropriados e não comprometeram o seu desempenho em relação ao cultivo solteiro das duas espécies. O ganho de rendimento que se tem no consórcio é, portanto, resultado do melhor aproveitamento do espaço destinado a cada espécie na lavoura.

Os componentes do rendimento de milho também não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 16). A exceção foi a massa de grãos por espiga (MGPE), que no contraste Y2 foi significativo (Tabela 18) indicando que a variável MGPE foi significativamente maior no milho em consórcio, quando semeado na primeira época. Isso significa que a grande maioria dos tratamentos não afetou o desempenho individual das plantas de milho, ou seja, o milho não foi afetado pela competição com a mandioca nas diferentes combinações de espaçamentos, nem pelo espaçamento do milho solteiro e nem pela época de semeadura do milho (tanto em cultivo solteiro como em consórcio). Houve efeito significativo de tratamentos para a variável rendimento de grãos de milho (THA), principalmente devido ao baixo rendimento de grãos por unidade de área nos tratamentos de consórcio com a mandioca. No entanto, os contrastes definidos nesse estudo não foram significativos (Tabela 18), indicando que a maior MGPE de milho na primeira época (contraste Y2) não refletiu em significativamente maior rendimento de grãos, de forma que o contraste Y2 para a variável THA não foi significativo (Tabela 18). Infere-se, portanto, que a competição, inter-específica nos consórcios e intra-específica na cultura solteira, não teve efeito significativo sobre o rendimento e os componentes do

rendimento do milho.

No presente estudo, o rendimento das raízes de mandioca, variedade RS 13 atingiu 33,4 t ha⁻¹ em cultivo solteiro. Esse nível de rendimento é similar aos rendimentos de mandioca obtidos em cultivos em Pacajús, Ceará (TÁVORA & MELO, 1993) e Cruz das Almas, Bahia (MATTOS et al., 1999) e o rendimento é inferior aos rendimentos obtidos em cultivos em Marechal Cândido Rondon, Paraná (GABRIEL FILHO et al., 2003). Os cultivos solteiros de mandioca com fileiras simples espaçadas de 0,8 m e fileiras duplas espaçadas de 1,6 m, mostraram uma variação de 1,6 t ha⁻¹ (Tabela 14 e 19). Analisando-se o rendimento de raízes frescas da mandioca (Tabela 14 e 19) os cultivos solteiros (T1 e T2) tendem ser superiores, embora não significativos estatisticamente, comparados com os cultivos consorciados (T6, T7, T11, T12). Também houve uma pequena superioridade do cultivo em fileiras simples (T1) comparado com o cultivo em fileiras duplas (T2). No consórcio, não houve incremento ou diminuição do rendimento em função da época de semeadura do milho, com exceção, do cultivo consorciado com fileiras duplas de mandioca e duas fileiras de milho, que na primeira época de semeadura (T7) foi 7,3 t ha⁻¹ superior à segunda época (T12).

Os tratamentos (T5 e T10) de mandioca (0,80 x 0,78 m), consorciado com milho (0,80 x 0,21 m) foram os que apresentaram o menor rendimento de raízes (Tabela 19). A provável causa disso foi a baixa densidade das culturas (Tabela 1). Esse nível de rendimento é similar aos rendimentos de mandioca obtidos em cultivos em Guaíba, RS (SILVA & CERETTA, 1986).

Os cultivos consorciados com fileiras duplas (1,6 x 0,5 x 0,6 m) foram superiores em rendimento, se comparados com o consórcio de fileiras simples (0,8 x 0,78 m), independentemente do espaçamento ou da época de plantio de milho utilizados (Tabela 19). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por MATTOS et al. (1983); MATTOS et al. (1985); MATTOS et al. (2005a,b), que comprovaram vantagens agroeconômicas dos sistemas de fileiras duplas em consorcio sobre o cultivo solteiro para o rendimento de raízes.

O rendimento de milho cultivado de forma solteira foi superior quando semeado na primeira época (02/11/2005) utilizando-se um espaçamento de 0,4 x 0,42 m

(Tabela 19). O milho quando semeado na segunda época (29/11/2005), no espaçamento de 0,8 m, consorciado com a mandioca em fileiras duplas (1,6 x 0,5 x 0,6 m), apresentou o menor rendimento de grãos (Tabela 19).

Quando se analisou o uso eficiente da terra (UET) ficou evidente que os tratamentos em que foi utilizado o consórcio, com espaçamento para a cultura da mandioca de 1,6 x 0,5 x 0,6 m, foram os mais eficientes (Tabela 19). Esses tratamentos apresentaram incrementos na exploração da terra de 32 e 34%, se comparados com os tratamentos em fileiras duplas de mandioca consorciada com milho espaçado de 0,4 x 0,42 m e 0,8 x 0,21 m, respectivamente, semeado logo após a emergência da mandioca. Já o consórcio em fileiras duplas de mandioca com milho em fileiras espaçadas de 0,8 x 0,21 m, semeado quando as plantas de mandioca apresentavam cinco folhas acumulados foi 16% superior se comparado com o cultivo solteiro de milho com o mesmo espaçamento.

Pelos rendimentos obtidos pelas culturas consorciadas em fileiras duplas de mandioca para os tratamentos T6 e T7 (1,6 x 0,5 x 0,6 m), com semeadura de milho logo após a emergência da mandioca, com espaçamentos de milho em fileira de 0,8 x 0,21 m ou duas fileiras de milho de 0,4 x 0,42 m, são necessários 1,34 ha e 1,32 ha respectivamente, em cultivo das culturas de mandioca e milho de forma solteira para obterem-se os rendimentos equivalentes a 1,0 ha de cultivo consorciado. Já o mesmo espaçamento de fileiras duplas de mandioca com milho (T11) com semeadura de milho (0,8 x 0,21 m) semeado quando a mandioca apresentava cinco folhas acumuladas são necessários 1,16 ha em cultivo das culturas de mandioca e milho de forma solteira para que se possam obter os rendimentos equivalentes a 1,0 ha de cultivo consorciado.

Conclusões

No cultivo solteiro da mandioca, o arranjo das plantas em fileiras simples no espaçamento de 0,8 x 0,8 m tende a ser superior ao arranjo em fileiras duplas no espaçamento 1,6 x 0,5 x 0,6 m.

No cultivo solteiro do milho, o arranjo de plantas em fileiras simples no espaçamento de 0,4 x 0,4 m tende a ser superior ao arranjo em fileiras simples no espaçamento 0,8 x 0,2 m.

A competição inter-específica entre as culturas da mandioca com a do milho em consórcio nos espaçamentos utilizados nesse estudo não afeta o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento das duas espécies quando comparado com o cultivo solteiro.

No cultivo consorciado de mandioca e milho, recomenda-se o arranjo de mandioca em fileiras duplas no espaçamento de 1,6 x 0,5 x 0,6 m com uma fileira de milho no espaçamento de 0,8 m x 0,2 m ou duas fileiras no espaçamento de 0,4 m x 0,4 m dispostas entre as fileiras duplas de mandioca, com semeadura na emergência da mandioca.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, P.A. **Consórcio de mandioca** (Manihot esculenta) com milho, amendoim e batata. Viçosa: UFV, 1982, 49f. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1982.

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

BARCELLOS, L.A.R. Milho Varietal— ESREG Depressão Central, EMATER/RS, **Informativo Técnico Regional**, n.9, 1999. 2 p.

BERGAMASCHI, H et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.831-839, 2004.

BUENO, A. Behavior of contrasting cassava genotypes grown under different spacing arrangements. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.4, n.1, p.33-42, 1985.

CERETTA, C.A. **Sistemas de cultivo de mandioca em fileiras simples e duplas em monocultivo e consorciada com girassol**. Porto Alegre: UFRGS, 1986, 120f. Dissertação de Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, 1986.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 10^a.ed., 2004. 400p.

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

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2000. 360p.

FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations] **Cassava statistic, yield and production, 2005**. Disponível na internet <http://www.fao.org/AGP/AGPC>. Acesso em 04/07/2005.

GABRIEL FILHO, A.; STROHHAECKER, L.; FEY, E. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.461-467, 2003.

GILMORE, E.C.Jr.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10, p. 611-615, 1958.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal, 2002.** Disponível na internet. <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 15/12/2003.

INTERLICHE, P. H. **Mandioca: a raiz do sucesso**, CATI, São Paulo, 2002 – 18 p.

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

KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p. 798-792, 1982.

LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da sementeira à floração de um híbrido de milho (**Zea mays**), **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 31-36, 1999.

MACHADO, E. L. Plantio da Mandioca IN: **IPAGRO informa**, n. 27, p. 27-29, 1984.

MACHADO, R. et al. **Estudo da Cadeia Produtiva do Milho Estado do Rio Grande do Sul**, FEPAGRO, 56p., Porto Alegre, 1998.

MATTOS, P.L.P.; CALDAS, R.C.; SOUZA, A.S. Mandioca plantada em fileiras duplas consorciada com milho. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.2, n.1, p.55-58, 1983.

MATTOS, P.L.P. et al. Consorciação da mandioca plantada em fileiras duplas e simples com culturas de ciclo curto. I. mandioca x caupi x milho. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.18, n.1, p.25-30, 2005a.

MATTOS, P.L.P. et al. Consorciação da mandioca plantada em fileiras duplas e simples com culturas de ciclo curto. II. mandioca x caupi x milho. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.18, n.1, p.31-36, 2005b.

MATTOS, P.L.P. et al. **Mandioca em fileiras duplas e simples consorciada com caupi e milho**. Cruz das Almas: EMBRAPA- CNPMF, 1999, p.3, (Comunicado Técnico 59).

MATTOS, P.L.P. **Plantio de mandioca em fileiras duplas**. Cruz das Almas: EMBRAPA- CNPMF, 1979, p.5, (Comunicado Técnico 2).

MATTOS, P.L.P. Plantio de mandioca consorciada em fileiras duplas. **Mandioca em foco**. Cruz das Almas: EMBRAPA- CNPMF, 1991, p.2, (Comunicado Técnico 6).

MATTOS, P.L.P.; SOUZA, A.S.; CALDAS, R.C. Mandioca consorciada com milho. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.4, n.2, p.61-67, 1985.

MATZENAUER, R. et al. **Indicações técnicas para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2001, 195p. (Boletim Técnico 7).

McKEE, G.W. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, n.2, p. 240-241, 1964.

MONDARDO, E. et al. **Mandioca em fila dupla consorciada com leguminosas no sul de Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1983. p.7. (Comunicado técnico 63).

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 43p.

OYARZÁBAL, G.E. **Aproveitamento Integral da mandioca no Rio Grande do Sul – Rações à base de mandioca**, Porto Alegre: EMATER/RS, 1995. 64p.

PEREIRA, L.R. et al. Cultivares in: **Indicações técnicas para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, p. 74-84. 2001 (Boletim Técnico 7).

QUEIROZ, G.M. et al. Arranjo espacial e população de plantio em mandioca consorciado com caupi. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.7, n.2, p.1-6, 1988.

RAO, M.R.; MORGADO, L.B. **Consortiação com a cultura da mandioca no Nordeste do Brasil: resultados atuais e perspectivas para futuras pesquisas**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1985. 22p. (Documentos, 32).

RICKMAN, R.W.; KLEPPER, B.L. The phyllochron: Where do we go in the future? **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 44-49, 1995.

SANGOI, L.; KRUSE, N.D. Acúmulo e distribuição de matéria seca em diferentes frações da planta de mandioca no Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.10, p.1151-1164, 1993.

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, 2007. (submetido).

SILVA, P.R.F.; CERETTA, C.A. Sistemas de cultivo de mandioca. I. Monocultivo em fileiras simples e duplas. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.5, n.2, p.55-63, 1986.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 126p.

STRECK, N.A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat : A modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.115, n.3-4, p.139-150, 2003.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O. Crescimento e produção da mandioca submetida a dois arranjos de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.7, p.823-832, 1993.

TÁVORA, F.J.A.F. et al. Consórcio da mandioca com culturas leguminosas de ciclo curto. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.8, n.1, p.31-40, 1989.

USDA [United State Department of Agriculture]. **Wheat, rice and corn area, yield and production**. 2005. Disponível na internet <http://www.faz.usda.gov/psd>. Acesso em 15/04/2005.

VAVILOV, N.I. **Studies on the Origin f Cultivated Plant**. Leningrad. 1926.

VIEIRA, C. Cultivo consorciado de mandioca com feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.118, p.43-9, 1984.

WESTPHALEN, S. L.; MALUF, J.R.T. Zoneamento para a mandioca no Rio Grande do Sul. In: **IPAGRO Informa. Porto Alegre: CORAG**, n. 27, p.5-8, 1984.

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.; WEISS, A.; BAENZIGER, P.S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v.175, p.261-270, 2004.

Tabela 1 - Espaçamento e densidade de plantas das culturas da mandioca e milho cultivados em sistema solteiro e consorciado que fizeram parte dos tratamentos usados no estudo. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Tratamento	Espaçamento (m)		Densidade (plantas ha ⁻¹)		Época
	Mandioca	Milho	Mandioca	Milho	
T1	0,80 x 0,78	-	16.025	-	-
T2	1,60 x 0,50 x 0,60**	-	15.873	-	-
T3	-	0,40 x 0,42	-	59.523	1
T4	-	0,80 x 0,21	-	59.523	1
T5	0,80 x 0,78	0,80 x 0,21	8.012	29.762	1
T6	1,60 x 0,50 x 0,60**	0,80 x 0,21	15.873	22.676	1
T7	1,60 x 0,50 x 0,60**	2(0,40 x 0,21) ***	15.873	22.676	1
T8	-	0,40 x 0,42	-	59.523	2
T9	-	0,80 x 0,21	-	59.523	2
T10	0,80 x 0,78	0,80 x 0,21	8.012	29.762	2
T11	1,60 x 0,50 x 0,60**	0,80 x 0,21	15.873	22.676	2
T12	1,60 x 0,50 x 0,60**	2(0,40 x 0,21) ***	15.873	22.676	2

* Época 1 = 50% de emergência da mandioca; Época 2 = 50% das plantas de mandioca apresentavam cinco folhas; ** Fileiras duplas de mandioca; *** Fileiras duplas de milho.

Tabela 2 – Contrastes usados na análise estatística para os tratamentos da Tabela 1. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Contraste	Descrição do efeito envolvido
Y1	Época 1 vs época 2 do milho em cultivo solteiro
Y2	Época 1 vs época 2 do milho em consórcio com mandioca
Y3	Efeito do milho sobre a mandioca na época 1
Y4	Efeito do espaçamento do milho em cultivo solteiro
Y5	Efeito do espaçamento de mandioca em cultivo solteiro
Y6	Efeito do espaçamento da mandioca em consórcio com milho na época 1
Y7	Efeito do espaçamento da mandioca em consórcio com milho na época 2
Y8	Efeito do espaçamento do milho sobre a mandioca em fileiras duplas
Y9	Efeito da época do milho pareado na mandioca em fileiras duplas

Tabela 3 – Coeficientes dos contrastes (definidos na Tabela 2) para os tratamentos da Tabela 1. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Tratamentos	contrastos								
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	-1	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0
4	1	0	0	-1	0	0	0	0	0
5	0	1	-1	0	0	1	0	0	0
6	0	1	-1	0	0	-1	0	1	0
7	0	1	0	0	0	0	0	-1	1
8	-1	0	0	1	0	0	0	0	0
9	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0
10	0	-1	0	0	0	0	1	0	0
11	0	-1	0	0	0	0	-1	1	0
12	0	-1	0	0	0	0	0	-1	-1

Tabela 4 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio do quadro da análise de variância das variáveis, altura da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Alt1), comprimento da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Chaste), altura da planta até a segunda ramificação simpodial (Alt2), área da folha na posição do nó 30 (AF30) e área da folha na posição do nó 40 (AF40) de plantas de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.

FV	GL	Alt1	Chaste	Alt2	AF 30	AF 40
Bloco	2	1073,5 ^{ns}	1580,3 ^{ns}	397,0 ^{ns}	873,9 ^{ns}	87,3 ^{ns}
Tratamento	7	857,3 ^{ns}	1270,0 ^{ns}	323,6 ^{ns}	10559,9 ^{ns}	8376,4 ^{ns}
Resíduo	10	571,9	397,4 ⁺	276,8	9806,3	3080,8
Média	-	160,8	157,0	294,1	545,6	496,7
CV(%)	-	14,9	12,7	5,7	18,2	11,2

* = significativo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro ns = Não significativo; ⁺ GL = 9

Tabela 5 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio do quadro da análise de variância das variáveis número de folhas acumuladas na haste principal até a primeira ramificação simpodial (NFHP), filocrono da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Filo1), soma térmica acumulada da fase emergência-primeira ramificação simpodial (ST_{RS1}), número de folhas acumuladas entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (NFF2), filocrono da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Filo2), soma térmica acumulada entre primeira e a segunda ramificação simpodial (ST_{RS2}) de plantas de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.

FV	GL	NFHP	Filo1	ST_{RS1}	NFF2	Filo2	ST_{RS2}
Bloco	2	28,8 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1354,8 ^{ns}	62,8 ^{ns}	10,4 ^{ns}	9457,0*
Tratamento	7	9,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1218,8 ^{ns}	23,2 ^{ns}	7,2 ^{ns}	729,3 ^{ns}
Resíduo	10	25,9	1,08	3424,5	17,6 ⁺	4,6 ⁺	2183,1 ⁺
Média	-	53,2	15,6	749,0	46,6	18,0	754,7
CV(%)	-	9,6	6,7	7,8	9,0	11,9	6,1

* = significativo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro ns = Não significativo; + GL = 9

Tabela 6 - Médias da altura da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Alt1), comprimento da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Chaste); altura da planta até a segunda ramificação simpodial (Alt2), área da folha na posição do nó 30 (AF30) e área da folha na posição do nó 40 (AF40) de plantas de mandioca da variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Trata- mento	Alt1 (cm)	Chaste (cm)	Alt2 (cm)	AF 30 (cm ²)	AF 40 (cm ²)
T 1	150,5	169,4	300,3	586,6	525,8
T 2	135,3	179,2	301,7	626,9	555,8
T5	183,0	127,0	279,5	468,0	534,2
T 6	185,0	116,0	278,9	524,8	373,1
T 7	167,0	145,1	295,2	583,4	488,6
T 10	160,5	148,0	293,1	446,5	434,8
T 11	177,3	155,4	285,3	531,4	466,9
T 12	146,0	185,1	313,3	606,8	534,8

Tabela 7 - Médias do número de folhas acumuladas na haste principal até a primeira ramificação simpodial (NFHP), filocrono da haste principal até a primeira ramificação simpodial (Filo1), soma térmica acumulada da fase emergência-primeira ramificação simpodial (ST_{RS1}), número de folhas acumuladas da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (NFF2), filocrono da haste entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (Filo2), soma térmica acumulada entre a primeira e a segunda ramificação simpodial (ST_{RS2}), de plantas de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Tratamento	NFHP (n°)	Filo1 (°C dia folha ⁻¹)	ST_{RS1} (°C dia)	NFF2 (n°)	Filo2 (°C dia folha ⁻¹)	ST_{RS2} (°C dia)
T 1	55,5	15,0	735,2	46,7	17,4	735,6
T 2	51,7	15,1	718,0	48,7	16,3	768,4
T5	55,3	16,5	769,5	44,9	20,3	764,7
T 6	56,0	15,6	758,5	38,5	21,6	735,1
T 7	51,7	15,8	752,1	44,7	18,8	754,7
T 10	53,0	16,0	777,2	45,0	17,7	741,5
T 11	55,3	15,5	775,0	46,6	17,5	736,6
T 12	52,0	15,7	734,1	49,2	17,1	783,6

Tabela 8 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis altura final da planta até a folha bandeira (Alt), área da folha na posição do nó 15 (AF15) e área da folha na posição do nó 18 (AF18) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.

FV	GL	Quadrado médio		
		Alt	AF15	AF18
Bloco	2	1434,3 ^{ns}	3718,2 ^{ns}	695,4 ^{ns}
Tratamento	9	292,6 ^{ns}	2073,3 ^{ns}	5509,1*
Resíduo	15	808,5	1841,9	19,05,1
Média (cm ²)	-	230,6	672,3	636,2
CV(%)	-	12,3	6,4	6,9

* = significativo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro

ns = Não significativo.

Tabela 9 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis número de folhas acumuladas (NFF) (folhas planta⁻¹), filocrono (°Cdia), soma térmica acumulada (°Cdia) da fase emergência-pendoamento (ST_{EM-PE}), soma térmica acumulada (°Cdia) da fase pendocamento-maturação fisiológica (ST_{PE-MF}) e soma térmica da fase emergência-maturação fisiológica (ST_{EM-MF}) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.

FV	GL	Quadrado médio				
		NFF	Filocrono	ST _{EM-PE}	ST _{PE-MF}	ST _{EM-MF}
Bloco	2	2,0*	21,9*	3719,3 ^{ns}	2570,6 ^{ns}	109,5 ^{ns}
Tratamento	9	1,9*	8,1 ^{ns}	1059,7 ^{ns}	38835,5*	43614,0*
Resíduo	15	0,4	5,1	1190,3	2949,2	1236,0
Média	-	22,8	41,5	868,1	832,1	1700,2
CV(%)	-	2,7	5,5	4,0	6,5	2,01

= significativo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro

ns = Não significativo.

Tabela 10 - Médias da altura da planta até o colar da folha bandeira (Alt), área da folha na posição do nó 15 (AF15) e área da folha na posição do nó 18 (AF18) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.

	Alt cm	AF15 (cm ²)	AF18 (cm ²)
T 3	239,3	684,5	654,6
T 4	227,3	727,1	708,2
T 5	223,0	660,4	638,1
T 6	214,1	699,1	683,4
T 7	232,3	657,0	658,7
T 8	238,3	649,9	593,2
T 9	246,0	684,8	594,5
T 10	223,1	629,1	555,3
T 11	216,3	655,2	610,1
T 12	221,6	665,1	660,2

Tabela 11 – Médias do número de folhas acumuladas (NFF), filocrono ($^{\circ}\text{C dia}$), soma térmica acumulada da fase emergência-pendoamento ($\text{ST}_{\text{EM-PE}}$), soma térmica acumulada da fase pendoamento-maturação fisiológica ($\text{ST}_{\text{PE-MF}}$) e soma térmica da fase emergência-maturação fisiológica ($\text{ST}_{\text{EM-MF}}$) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.

	NFF (n ^o)	Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$)	$\text{ST}_{\text{EM-PE}}$ ($^{\circ}\text{C dia}$)	$\text{ST}_{\text{PE-MF}}$ ($^{\circ}\text{C dia}$)	$\text{ST}_{\text{EM-MF}}$ ($^{\circ}\text{C dia}$)
T 3	23,0	41,0	853,9	954,9	1808,8
T 4	23,0	45,6	911,4	896,2	1807,6
T 5	24,3	39,8	879,5	940,7	1820,2
T 6	22,5	41,7	859,7	987,0	1850,7
T 7	24,0	39,9	879,5	920,8	1800,3
T 8	22,0	42,0	885,5	719,8	1605,2
T 9	22,3	41,3	858,1	708,9	1567,0
T 10	22,0	41,7	849,7	709,1	1562,8
T 11	22,0	42,6	854,0	726,3	1580,3
T 12	23,0	40,5	857,9	692,7	1554,7

Tabela 12 - Estimativa dos contrastes (definidos na Tabela 2) para as variáveis área da folha na posição do nó 18 (AF18), número de folhas acumuladas (NFF), soma térmica acumulada da fase pendoamento-maturação fisiológica ($\text{ST}_{\text{PE-MF}}$) e soma térmica da fase emergência-maturação fisiológica ($\text{ST}_{\text{EM-MF}}$) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Contraste	AF18	NFF	$\text{ST}_{\text{PE-MF}}$	$\text{ST}_{\text{Em-MF}}$
Y 1	175,13 ^{ns}	1,67 ^{ns}	422,43*	444,13*
Y 2	153,12 ^{ns}	3,83 ^{ns}	705,97*	773,32*
Y 4	54,93 ^{ns}	0,33 ^{ns}	69,63 ^{ns}	39,47 ^{ns}
Y 6	46,67 ^{ns}	1,83 ^{ns}	60,62 ^{ns}	30,52 ^{ns}
Y 7	53,38 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,88 ^{ns}	17,48 ^{ns}
Y 8	25,33 ^{ns}	2,50 ^{ns}	99,82 ^{ns}	76,07 ^{ns}
Y 9	2,93 ^{ns}	1,00 ^{ns}	213,67 ^{ns}	245,52*

* Contraste significativo pelo teste de Scheffé em nível de 5% de probabilidade de erro;

^{ns} Constraste não significativo;

Tabela 13 - Fontes de variação (F V), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis número de raízes comercializáveis por planta (NRC), número de raízes não comercializáveis por planta (NRNC), massa fresca de raízes comercializáveis por planta (MFRC), massa fresca de raízes não comercializáveis por planta (MFRNC), rendimento de raízes comercializáveis (RC), rendimento de raízes não comercializáveis (RNC), rendimento total (RT) de raízes de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.

F V	GL	NRC	NRNC	MFRC	MFRNC	RC	RNC	RT
Bloco	2	1,34 ^{ns}	0,28 ^{ns}	257698,5 ^{ns}	936,8 ^{ns}	53,56 ^{ns}	0,13 ^{ns}	54,81 ^{ns}
Tratamento	7	1,63 ^{ns}	4,89 ^{ns}	77821,6 ^{ns}	2031,3 ^{ns}	117,36*	1,18 ^{ns}	139,82*
Resíduo	10	2,64	2,36	179430,0	1663,7	36,85	0,42	39,22
Média	-	8,35	4,26	1745,9	118,4	24,29	1,70	25,99
CV (%)	-	19,47	36,11	24,3	34,4	24,99	38,09	24,10

* Contraste significativo pelo teste de Scheffé ns = Contraste não significativo pelo teste de Scheffé

Tabela 14 - Médias do número de raízes comerciais por planta (NRC), número de raízes não comerciais por planta (NRNC), massa fresca de raízes comerciais por planta (MFRC), massa fresca de raízes não comerciais por planta (MFRNC), rendimento de raízes comerciais (RC), rendimento de raízes não comerciais (RNC), rendimento total (RT) de raízes de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Tratamento	NCR (n°)	NRNC (n°)	MFRC (g planta ⁻¹)	MFRNC (g planta ⁻¹)	RC (t ha ⁻¹)	RNC (t ha ⁻¹)	RT (t ha ⁻¹)
1	7,0	7,8	1914,3	168,1	30,7	2,7	33,4
2	8,7	4,6	1876,1	128,1	29,8	2,0	31,8
11	7,7	4,3	1771,2	148,1	28,1	2,4	30,5
6	8,0	3,4	1754,3	100,4	27,9	1,6	29,5
7	8,0	4,0	1744,3	118,3	27,7	1,9	29,5
12	8,5	2,8	1312,8	84,8	20,8	1,4	22,2
10	9,0	3,0	1871,4	76,9	15,0	0,7	15,6
5	9,7	4,3	1679,4	108,2	13,5	0,9	14,3

Tabela 15 - Estimativas dos contrastes (definidos na Tabela 2) para as variáveis rendimento (ton ha⁻¹) de raízes comercializáveis (RC), rendimento (t ha⁻¹) total (RT) de raízes de mandioca variedade RS 13. Santa Maria, RS, 2005/2006.

	Estimativas dos contrastes	
	RC	RT
Y 2	5,12 ^{ns}	5,05 ^{ns}
Y 3	19,18 ^{ns}	21,45 ^{ns}
Y 5	0,90 ^{ns}	1,57 ^{ns}
Y 6	14,38 ^{ns}	15,12 ^{ns}
Y 7	13,10 ^{ns}	14,87 ^{ns}
Y 8	7,45 ^{ns}	8,18 ^{ns}
Y 9	6,90 ^{ns}	7,33 ^{ns}

* Contraste significativo pelo teste de Scheffé ns = Contraste não significativo pelo teste de Scheffé

Tabela 16 - Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL) e quadrado médio das variáveis número de fileiras de grãos por espiga (FGPE), número de grãos por espiga (GPE), massa de grãos por espiga (MGPE), número de espigas por planta (EPP), e rendimento (THA), de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006. Massa de grãos a 13% de umidade.

FV	GL	FGPE	GPE	MGPE	EPP	EPHA	THA
Bloco	2	0,978 ^{ns}	17755,0*	1879,4 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	115505049,9 ^{ns}	6,7365*
Tratamento	9	0,354 ^{ns}	3562,9 ^{ns}	2458,5*	0,0042 ^{ns}	894353917,1 ^{ns}	34,9041*
Resíduo	15	0,405	1576,4	509,4	0,0030	2656461,1	1,1679
Média	-	14,689	555,8	166,9	1,0667	42668,8	7,293
CV (%)	-	4,335	7,14	13,52	5,1243	3,820	14,818

* = Significativo pelo teste de F em nível de 5% de probabilidade de erro ns = Não significativo.

Tabela 17 - Médias do número de fileiras de grãos por espiga (FGPE), número de grãos por espiga (GPE), peso por espiga (PE), número de espigas por planta (EPP), número de espigas por hectare (EPHA) e rendimento (THA), de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006. Massa de grãos a 13% de umidade.

Tratamento	FGPE (N°)	GPE (N°)	MGPE (g)	EPP (N°)	EPHA (N°)	THA (t ha ⁻¹)
6	15,5	602,5	195,0	1,14	25915	5,055
12	15,0	573,9	136,7	1,05	23756	3,268
3	14,8	567,7	192,4	1,03	61507	11,817
5	14,7	554,8	174,5	1,12	33364	5,830
7	14,7	574,7	199,0	1,06	24135	4,813
8	14,7	559,6	162,1	1,06	62877	10,205
9	14,7	587,7	176,3	1,04	61961	10,927
10	14,5	538,7	133,7	1,02	30438	4,068
4	14,5	541,4	180,0	1,04	61665	11,095
11	14,0	473,1	107,5	1,11	25114	2,692

Tabela 18 - Estimativa dos contrastes (definidos na Tabela 2) para as variáveis massa de grãos por espiga (MGPE) e rendimento (THA) de plantas de milho variedade BRS Missões. Santa Maria, RS, 2005/2006.

Contraste	Estimativa dos contrastes	
	MGPE	THA
Y 1	34,02 ^{ns}	1,78 ^{ns}
Y 2	190,53 [*]	5,67 ^{ns}
Y 4	1,75 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Y 6	20,48 ^{ns}	0,78 ^{ns}
Y 7	26,12 ^{ns}	1,38 ^{ns}
Y 8	33,22 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Y 9	62,27 ^{ns}	1,54 ^{ns}

* Contraste significativo pelo teste de Scheffé ns = Contraste não significativo pelo teste de Scheffé

Tabela 19 – Espaçamentos, épocas de semeadura de plantas de milho (Época), rendimento ($t\ ha^{-1}$), uso eficiente da terra (UET) da cultura de mandioca variedade RS 13 e de milho variedade BRS missões, Santa Maria, RS. 2005/2006.

Tratamento	Espaçamento (m)		Época	Rendimento ($t\ ha^{-1}$)		UET
	Mandioca	Milho		Mandioca	Milho	
1*	0,80 x 0,78	.	.	33,37	.	1,00
2	1,6 x 0,5 x 0,6	.	.	31,81	.	0,95
3	.	0,40 x 0,42	1	.	11,82	1,07
4*	.	0,80 x 0,21	1	.	11,09	1,00
5	0,80 x 0,78	0,80 x 0,21	1	14,32	5,83	0,95
6	1,6 x 0,5 x 0,6	0,80 x 0,21	1	29,44	5,05	1,34
7	1,6 x 0,5 x 0,6	2x(0,4 x 0,42)	1	29,56	4,81	1,32
8	.	0,40 x 0,42	2	.	10,20	0,92
9	.	0,80 x 0,21	2	.	10,93	0,99
10	0,80 x 0,78	0,80 x 0,21	2	15,61	4,07	0,83
11	1,6 x 0,5 x 0,6	0,80 x 0,21	2	30,47	2,69	1,16
12	1,6 x 0,5 x 0,6	2x(0,4 x 0,42)	2	22,19	3,27	0,96

* Tratamentos usados como padrão de cultivo

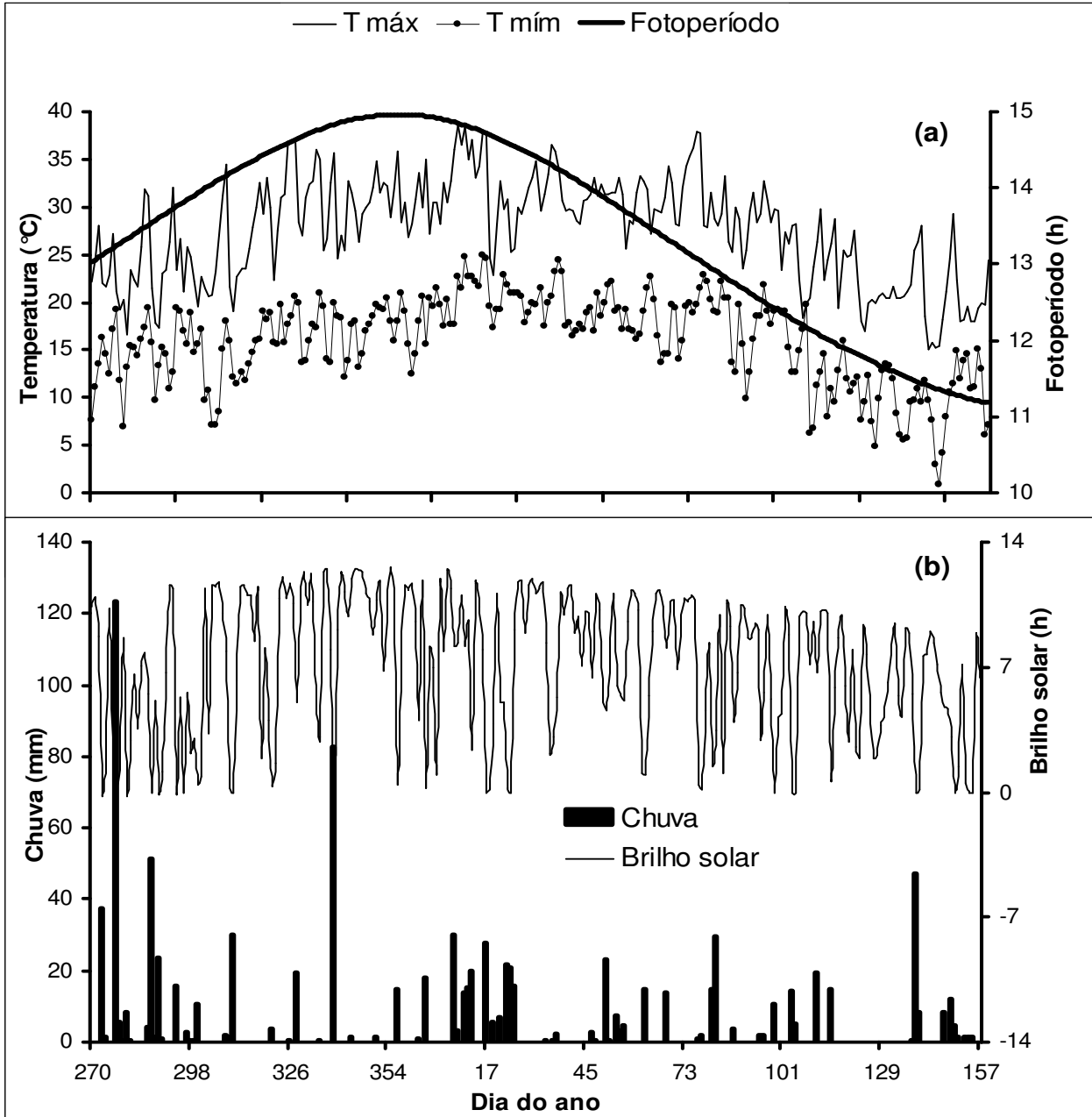


Figura 1. Temperaturas mínimas ($T_{\text{mín}}$) e máximas ($T_{\text{máx}}$) diárias do ar e fotoperíodo (h) (a) e chuva (mm) e brilho solar (h) (b), durante o período experimental (do plantio, 27/09/2005, até a colheita, 06/06/2006) da mandioca variedade RS 13, em Santa Maria, RS, Brasil.

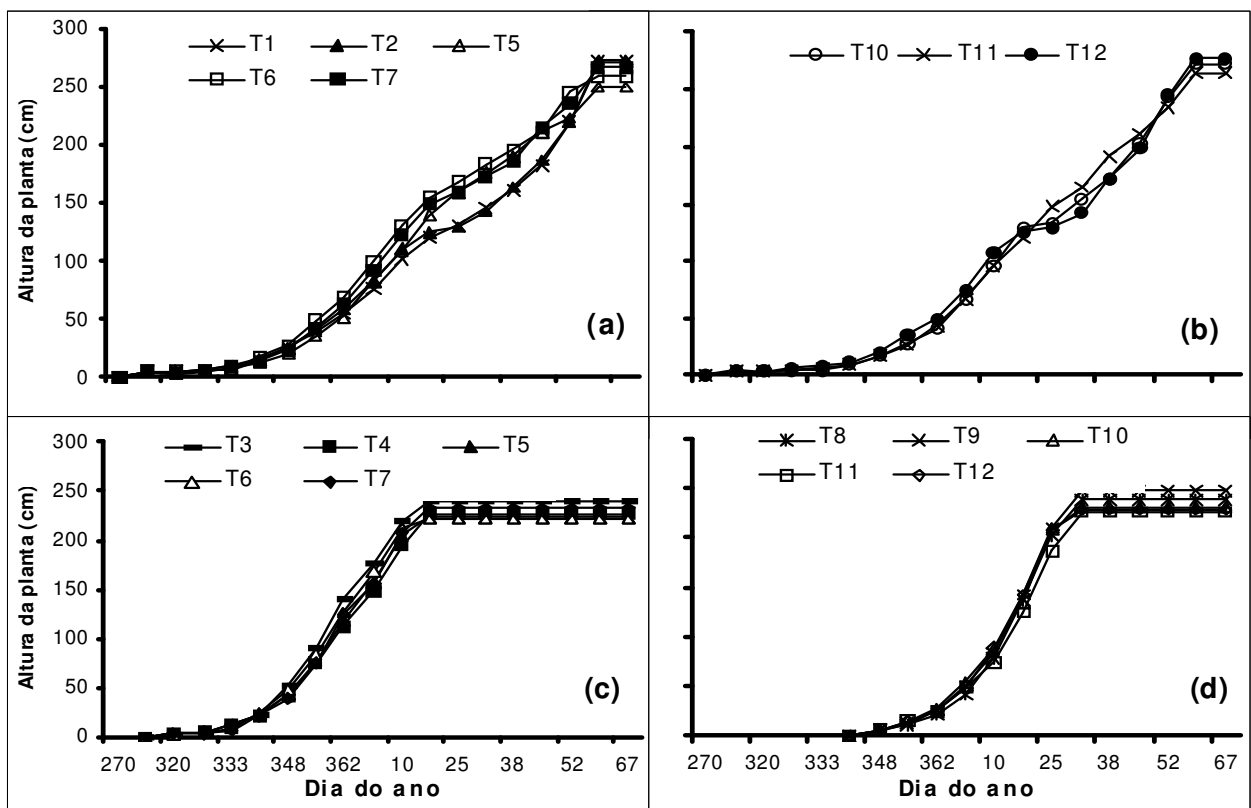


Figura 2 – Altura (cm) de plantas de mandioca do nível do solo até a inserção da segunda ramificação simpodial nos diversos tratamentos onde foi semeada a primeira época de milho (a); altura da mandioca onde foi semeada a segunda época de milho (b); altura de plantas de milho na primeira época de semeadura (c); altura de plantas de milho na segunda época de semeadura (d). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.

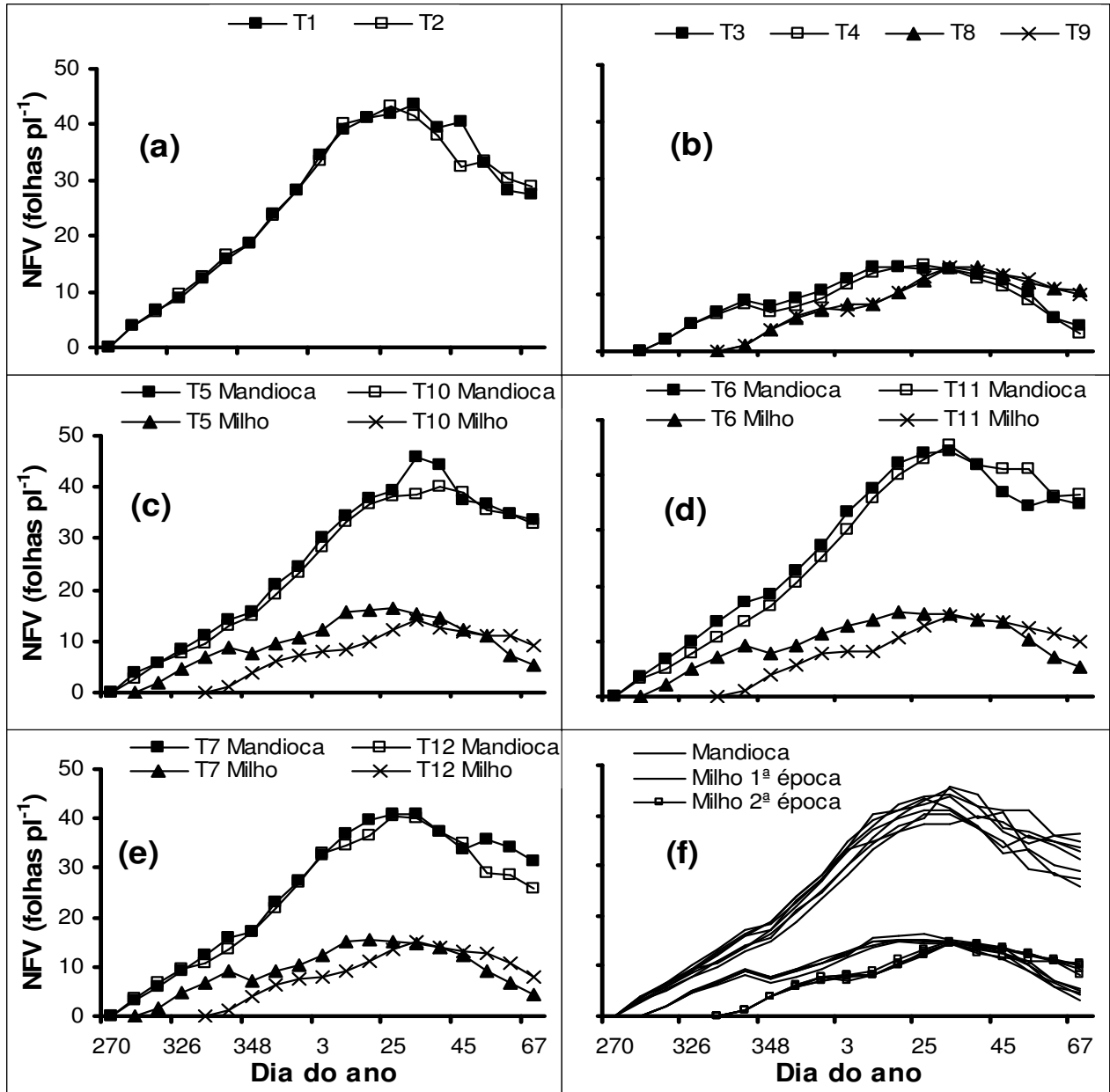


Figura 3 – Número de folhas verdes (NFV) acumuladas na planta de mandioca até a primeira ramificação simpodial cultivada de forma solteira (a) em fileiras simples (T1) e fileiras duplas (T2); de milho cultivado de forma solteira (b) em fileiras simples em duas épocas de semeadura (T3 e T8) com 0,8 m entre linhas e duas épocas de semeadura (T4 e T9) com 0,4 m entre fileiras; de mandioca consorciada com milho (c) com fileiras simples de milho semeado em duas épocas (T5 e T10); de mandioca consorciada com milho (d) com fileiras duplas de mandioca e com milho (0,8 m) semeado em duas épocas (T6 e T11); de mandioca consorciada com milho (e) com fileiras duplas com duas fileiras de milho (0,4 m) semeado em duas épocas (T7 e T12); todos os tratamentos de mandioca e duas épocas de milho (f). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A soma térmica varia com a cultura, com a variedade e com a época de semeadura. Ainda assim, a soma térmica é um melhor descritor de tempo biológico do que dias do calendário civil em mandioca e milho. A forma mais simples de cálculo da soma térmica é acumularem-se os °C dia acima de uma temperatura base. A temperatura base de aparecimento de folhas para a variedade de mandioca RS13 é de 14°C.

O filocrono dessa variedade de mandioca varia com as épocas de plantio (28/09/2005; 11/10/2005; 16/11/2005 e 27/12/2005), de 20,3 a 29,5 °C dia folha⁻¹.

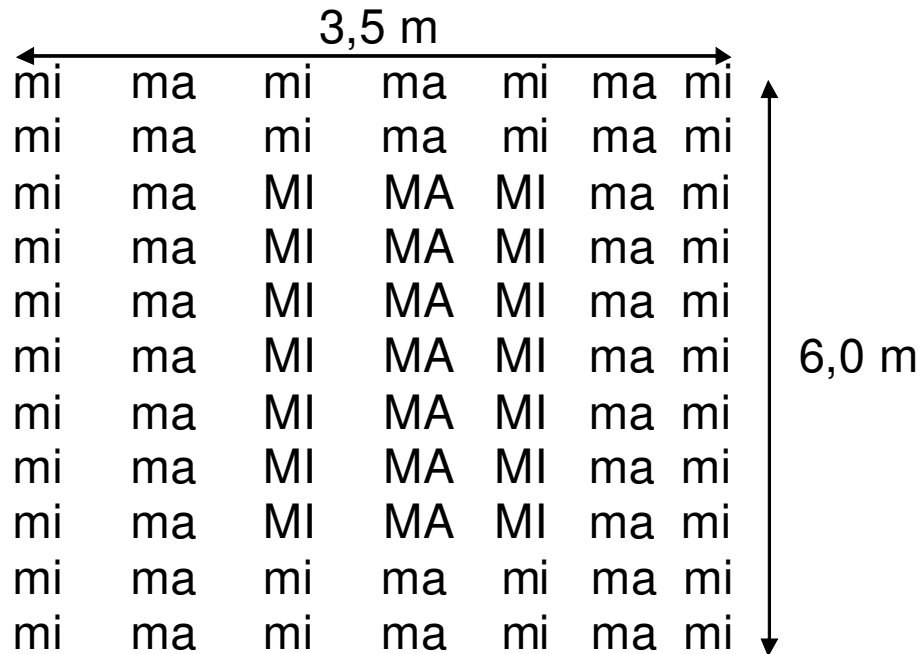
O início de acumulação de amido, na mandioca variedade RS 13, pode ser identificado quando, na haste principal existem 21 folhas visíveis independente da época de plantio.

A competição intra-específica da mandioca e do milho nem a competição inter-específica das duas culturas em consórcio nos espaçamentos utilizados nesse estudo não afetaram o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento das duas espécies comparado com o cultivo solteiro.

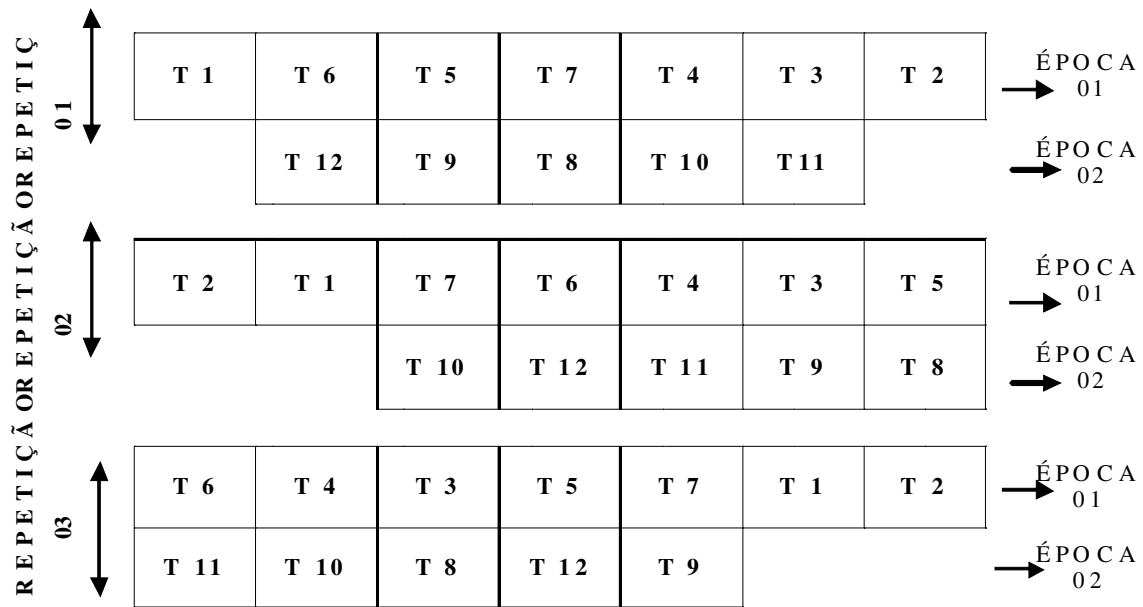
No cultivo solteiro da mandioca, recomenda-se o arranjo das plantas em fileiras simples no espaçamento de 0,8 x 0,8 m, enquanto que no milho cultivado de forma solteira, indica-se o espaçamento de 0,4 x 0,4 m.

No cultivo consorciado de mandioca e milho, recomenda-se o arranjo de mandioca em fileiras duplas no espaçamento de 1,6 x 0,5 x 0,6 m com uma fileira de milho no espaçamento de 0,8 x 0,2 m ou duas fileiras no espaçamento de 0,4 x 0,4 m dispostas entre as fileiras duplas de mandioca, com semeadura na emergência da mandioca.

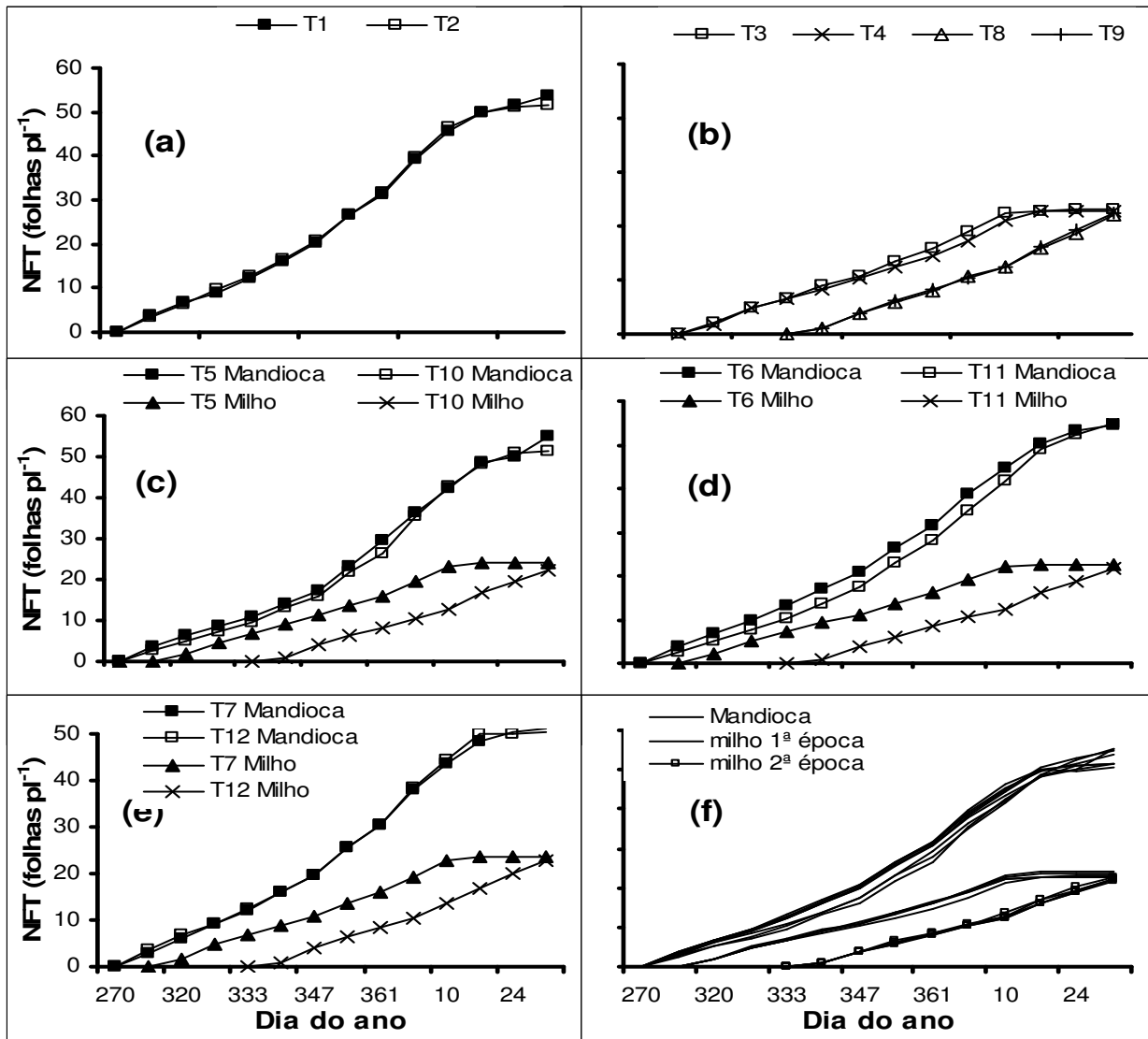
APÊNDICES



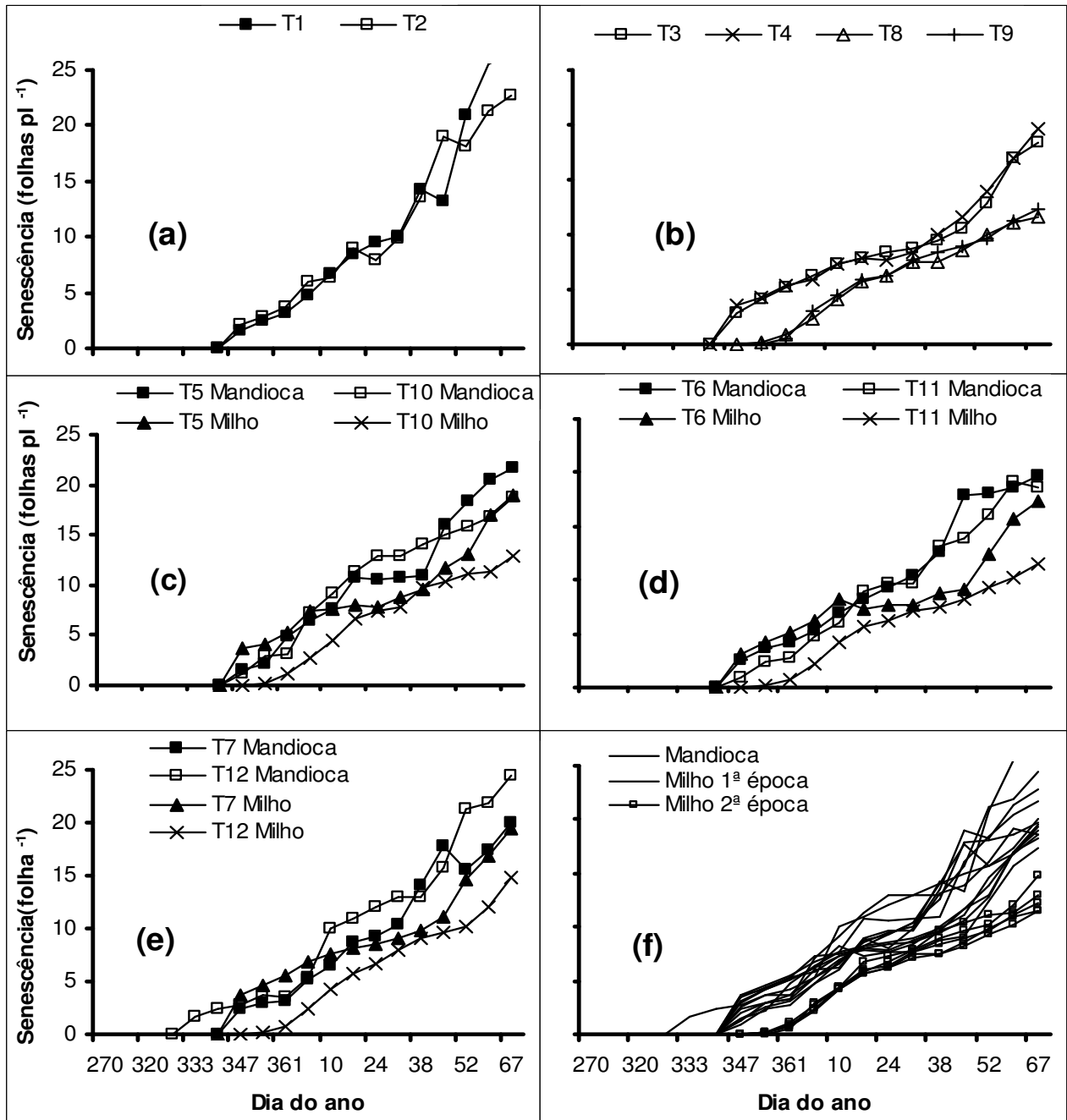
Apêndice a – Croqui demonstrativo das parcelas e tratamentos que foram utilizados no experimento. A densidade de mandioca (ma) foi de 16.000 plantas ha⁻¹ e de milho (mi) foi de 60.000 plantas ha⁻¹. O tamanho da parcela foi igual a 6 m x 3,5 m. Obs. MI MA MI foi a área útil da parcela.



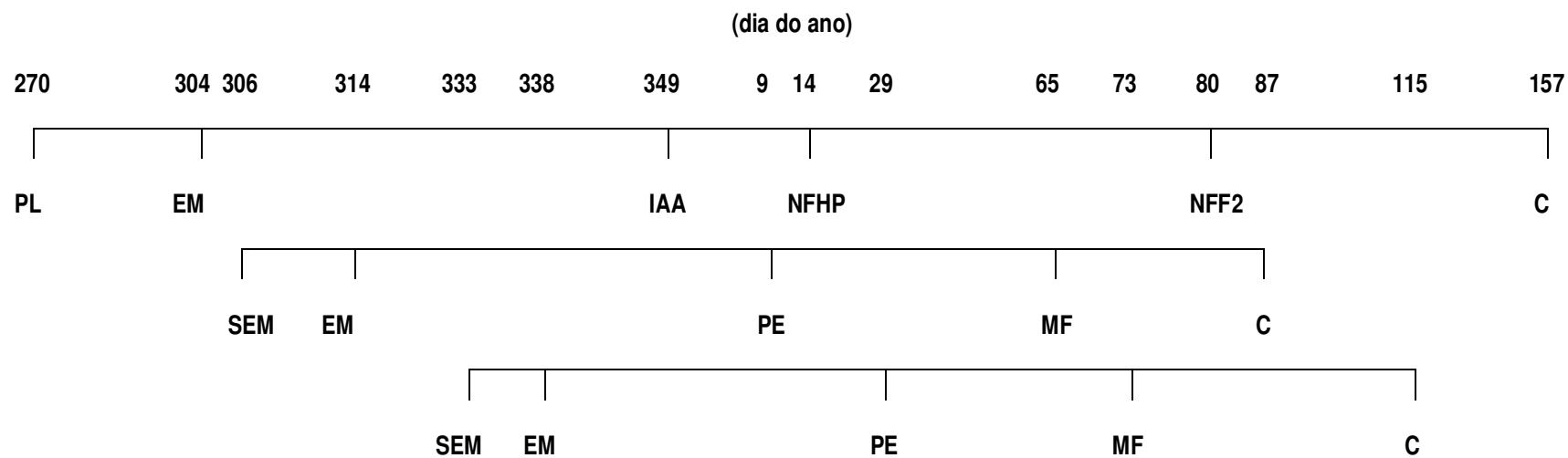
Apêndice b – Esquema, mostrando a distribuição aleatória das parcelas, suas repetições e épocas de semeadura de milho. Época 1 foi quando ocorreu 50% da emergência da mandioca e época 2 foi quando a mandioca apresentava cinco folhas visíveis na haste principal.



Apêndice c - Número de folhas totais (NFT) acumuladas na planta de mandioca cultivada de forma solteira (a) em fileiras simples (T1) e fileiras duplas (T2); de milho cultivado de forma solteira (b) em fileiras simples em duas épocas de semeadura (T3 e T8) com 0,8 m entre linhas e duas épocas de semeadura (T4 e T9) com 0,4 m entre fileiras; de mandioca consorciada com milho (c) com fileiras simples de milho semeado em duas épocas (T5 e T10); de mandioca consorciada com milho (d) com fileiras duplas de mandioca e com milho (0,8 m) semeado em duas épocas (T6 e T11); de mandioca consorciada com milho (e) com fileiras duplas com duas fileiras de milho (0,4 m) semeado em duas épocas (T7 e T12); todos os tratamentos de mandioca e duas épocas de milho (f). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.



Apêndice d - Número de folhas Senescidas acumuladas na planta de mandioca cultivada de forma solteira (a) em fileiras simples (T1) e fileiras duplas (T2); de milho cultivado de forma solteira (b) em fileiras simples em duas épocas de semeadura (T3 e T8) com 0,8 m entre linhas e duas épocas de semeadura (T4 e T9) com 0,4 m entre fileiras; de mandioca consorciada com milho (c) com fileiras simples de milho semeado em duas épocas (T5 e T10); de mandioca consorciada com milho (d) com fileiras duplas de mandioca e com milho (0,8 m) semeado em duas épocas (T6 e T11); de mandioca consorciada com milho (e) com fileiras duplas com duas fileiras de milho (0,4 m) semeado em duas épocas (T7 e T12); todos os tratamentos de mandioca e duas épocas de milho (f). Santa Maria, RS, 2005/2006. Para descrição dos tratamentos consultar Tabela 1.



Apêndice e – Esquema dos períodos (dia do ano) de ocorrência dos principais estádios de desenvolvimento das culturas de mandioca (PL = plantio, EM = emergência, IAA = início do acúmulo de amido, NFHP = número de folhas acumulados na haste principal, NFF2 = número de folhas acumuladas entre a primeira e a segunda ramificação simpodial, C = colheita) e do milho em duas épocas de semeadura (SEM = semeadura, EM = emergência, PE = pendoamento, MF = maturação fisiológica, C = colheita). Santa Maria, RS, 2005/2006.