

# Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical

Nereu Augusto Streck (\*); Diego Garrido Pinheiro; Alencar Junior Zanon; Luana Fernandes Gabriel; Thiago Schmitz Marques Rocha; André Trevisan de Souza; Michel Rocha da Silva

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Fitotecnia, Av. Roraima, 1000, 97105-900 Santa Maria (RS), Brasil.

(\*) Autor correspondente: nstreck2@yahoo.com.br

Recebido: 22/maio/2014; Aceito: 22/jul./2014

## Resumo

O objetivo neste trabalho foi analisar o efeito de diferentes espaçamentos de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade de hastes e raízes comerciais de mandioca cultivada em ambiente subtropical no Rio Grande do Sul, Brasil. Os tratamentos foram em quatro espaçamentos: 0,8x0,8 m; 1,0x1,0 m; 1,2x1,2 m e 1,5x1,5 m, que correspondem às densidades 15.625 plantas ha<sup>-1</sup>, 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 6.944,45 plantas ha<sup>-1</sup> e 4.444,45 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A cultivar usada foi a Fepagro – RS 13. As variáveis de crescimento e desenvolvimento analisadas foram área foliar verde, altura das plantas, número de folhas senescidas, comprimento de entrenó, número final de folhas (NFF), número de brotações laterais, tamanho final de folhas, filocrono e produtividade de haste e raiz em massa fresca e seca. O índice de área foliar máximo e o filocrono aumentam à medida que aumenta a densidade de plantio. O tamanho final de folha e o número de brotações laterais aumentaram à medida que diminuiu a densidade de plantio. O NFF diferiu apenas na segunda ramificação simpodial (RS2), com maior número de folhas nas plantas espaçadas a 1,5x1,5 m. A produtividade de hastes na cultivar Fepagro – RS 13 não varia com o espaçamento de plantio, mas a produtividade de raízes por área é maior nas densidades maiores, enquanto que a produtividade por planta e por raiz comercial é maior nas densidades menores.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, densidade de plantas, filocrono, IAF.

## Effect of plant spacing on growth, development and yield of cassava in subtropical environment

### Abstract

The objective of this study was to analyze the effect of different planting spacings on the growth, development and stems and roots yield in a subtropical environment of Rio Grande do Sul, Brazil. Treatments consisted of four spacings: 0.8x0.8 m, 1.0x1.0 m, 1.2x1.2 m, 1.5x1.5 m, corresponding to densities of 15,625 plants ha<sup>-1</sup>, 10,000 plants ha<sup>-1</sup>, 6,944.45 plants ha<sup>-1</sup> and 4,444.45 plants ha<sup>-1</sup>, respectively. The cultivar used was Fepagro – RS 13. The variables of growth and development analyzed were green leaf area, plant height, number of senesced leaves, internode length, final leaf (FLN), number of lateral shoots, final size of leaves, phyllochron and stem and root fresh and dry weight yield. The maximum leaf area index and phyllochron increases as plant density increases. The final leaf size and number of lateral shoots increases as plant density decreases. The FLN differed only for the second sympodial branching, with the largest number of leaves in the 1.5x1.5m plant spacing. The stems yield of cultivar Fepagro – RS 13 does not vary with the planting spacing, but tuber root yield per area is higher at higher densities, while yield per plant and per root is higher in lower densities.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz, plant density, phyllochron, LAI.

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta perene mas comercialmente o ciclo da cultura pode variar de 6 a 24 meses, conforme as condições da região de cultivo (Alves, 2006). O Brasil é o segundo maior produtor mundial, atrás apenas da Nigéria (FAO, 2014). Na safra de 2012 foram colhidos 23.044,557 t de raízes numa área de 1.692,986 ha, com uma

produtividade média de 13,612 t ha<sup>-1</sup> e, no Rio Grande do Sul, de 15,097 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2014), produtividade bem abaixo do potencial da cultura da mandioca, que é de 25 a 60 t ha<sup>-1</sup> (Cock, 1990). Em nível experimental foi alcançada produtividade de 33 a 35 t ha<sup>-1</sup> no Rio Grande do Sul (Fagundes et al., 2009; Schons et al., 2009).

A cultura da mandioca no Rio Grande do Sul tem grande importância na subsistência das propriedades familiares, pois apresenta bom desempenho devido à sua rusticidade e capacidade de adaptação em solos com baixa fertilidade (Fagundes et al., 2010; Lago et al., 2011). Além do uso das raízes para alimentação humana e animal, a parte aérea da planta de mandioca pode ser utilizada para alimentação animal de forma fresca ou como feno e silagem (Furlan et al., 2010). Além da finalidade comestível das raízes tuberosas, a mandioca também é cultivada com a finalidade industrial, sendo no Brasil matéria-prima de produtos de indústrias diversas, como alimentícia (fecularias), têxtil, álcool, farmacêutica, papel e papelão (Cardoso et al., 2006).

A maior parte dos trabalhos encontrados na literatura relacionam o efeito do espaçamento apenas com a produção de raízes tuberosas (Aguiar et al., 2011; Cock et al., 1977), porém há carência na literatura, especialmente em regiões subtropicais como o Rio Grande do Sul, de trabalhos que esclareçam qual o efeito de diferentes espaçamentos, que são condicionantes da produtividade de raízes tuberosas em mandioca, no seu crescimento e desenvolvimento. Tais estudos são também importantes, por exemplo, para fornecer dados de variáveis de crescimento e desenvolvimento para validação de modelos mecanísticos dinâmicos como o GUMCAS (Gabriel et al., 2014; Matthews e Hunt, 1994). São exemplos de variáveis de crescimento a área foliar e a altura de plantas, e de desenvolvimento, o número de folhas acumuladas por haste e o filocrono, definido como o intervalo de tempo para o surgimento de folhas sucessivas em uma haste (Schons et al., 2007; Wilhelm e McMaster, 1995).

Assim, o objetivo neste trabalho foi analisar o efeito de diferentes espaçamentos de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade de hastes e raízes comerciais de mandioca cultivada em ambiente subtropical no Rio Grande do Sul, Brasil.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a estação de crescimento 2009/2010, em Santa Maria, RS (29°43'S, 53°43'W, 95 m). A região possui um clima Cfa, ou seja, pela classificação de Köppen, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (Kuinchner e Buriol, 2001). O solo é classificado como Argissolo Bruno Acinzentado alítico típico (EMBRAPA, 2006). A cultivar de mandioca utilizada foi a Fepagro – RS 13, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul, um genótipo com aptidão para forragem e produção de raízes tuberosas, adaptado e amplamente cultivado no Rio Grande do Sul (Lago et al., 2011).

Os tratamentos foram em quatro espaçamentos equidistantes entre linhas e entre plantas: 0,8x0,8 m;

1,0x1,0 m; 1,2x1,2 m e 1,5x1,5 m, correspondendo às densidades 15.625 plantas ha<sup>-1</sup>, 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 6.944,45 plantas ha<sup>-1</sup> e 4.444,45 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As parcelas foram compostas por cinco linhas com oito plantas por linha, totalizando 40 plantas por parcela. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com cinco repetições.

A adubação foi realizada segundo indicações técnicas para a cultura da mandioca (SBCS e CQFS, 2004). O plantio foi realizado em 24/9/2009, em covas de 0,20 m de profundidade, utilizando-se propágulos vegetativos (manivas-semente) com 0,20 m de comprimento. A precipitação pluviométrica foi a única fonte de água para a cultura durante o ciclo de desenvolvimento, ou seja, não houve irrigação suplementar. As plantas daninhas foram controladas através de capinas manuais, a fim de evitar a interferência pela competição interespecífica.

A emergência ocorreu em 24/10/2009, quando 50% das plantas, em cada parcela, estavam visíveis acima do nível do solo. Seis plantas por parcela foram selecionadas aleatoriamente e identificadas com arames coloridos. Na haste principal (HP) e em uma haste da primeira ramificação simpodial (RS1) e da segunda ramificação simpodial (RS2) das plantas marcadas foram determinadas as variáveis de desenvolvimento: número acumulado de folhas (NAF), uma vez por semana, número final de folhas (NFF) e a data de cada ramificação simpodial. O critério para considerar uma folha visível foi o de que pelo menos um dos lóbulos da folha estivesse aberto (Schons et al., 2009). Nas seis plantas marcadas foi medida a altura da planta (distância do nível do solo até o ápice meristemático mais alto) a cada 15 dias. Em uma planta por parcela, também no intervalo de 15 dias, foi medido o comprimento do maior lóbulo de todas as folhas, exceto nas brotações laterais. O comprimento do entrenó foi estimado pela razão entre altura da planta e NAF.

As medidas de comprimento do maior lóbulo foram utilizadas para estimar a área de folhas individuais através da equação, calibrada para esta cultivar usando-se 50 folhas: Área Foliar (cm<sup>2</sup>) = 0,1774 (x)<sup>2,4539</sup>; em que “x” é o comprimento do maior lóbulo (cm) e a área foliar na haste foi calculada pelo somatório da área das folhas individuais (Gabriel et al., 2014). Para as ramificações simpodiais, considerou-se a área foliar das hastes de uma mesma ramificação iguais, sendo multiplicada a área foliar da haste medida pelo número de hastes de cada ramificação. O índice de área foliar verde foi obtido da razão entre a área foliar e a área de solo ocupada por cada planta em cada espaçamento. Foi contado o número de brotações laterais nas gemas axilares na haste principal um dia antes da colheita.

A colheita das plantas (raízes e parte aérea) foi em 9/6/2010. Nas plantas marcadas foram determinados a massa fresca (MF) e a massa seca (MS) de raízes comerciais (RC) e de ramos por área, por planta e por raiz, e o número de raízes comerciais por planta. Uma raiz foi considerada

comercial quando apresentava comprimento maior que 10 cm e diâmetro maior que 2 cm (Schons et al., 2009).

A soma térmica acumulada (STa) foi calculada pela equação  $STa = \sum(Tm - Tb)$  (Schons et al., 2007), em que  $Tm$  é a temperatura média diária do ar, calculada pela média aritmética entre a temperatura mínima e a temperatura máxima diária, medidas na Estação Climatológica Principal da UFSM, e  $Tb$ , a temperatura base estimada para a cultivar Fepagro – RS 13 de 14 °C (Schons et al., 2009). O filocrono ( $^{\circ}C$  dia folha<sup>-1</sup>) foi estimado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear (Xue et al., 2004) entre o número de folhas nas hastes da planta de mandioca (NF HP, NF RS1 e NF RS2) e a  $Sta$ , a partir da data da emergência e a partir das datas de surgimento das ramificações simpodiais na planta (Samboranza et al., 2013). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) através do *software* estatístico SAS (SAS, 2002). A variável filocrono foi analisada considerando-se um experimento bifatorial 4x4, sendo o fator A as hastes (haste principal – HP, primeira ramificação simpodial – RS1, segunda ramificação simpodial – RS2 e total – HP+RS1+RS2) e o fator B, os espaçamentos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas mínima e máxima na maior parte do ciclo de desenvolvimento foram maiores que 10 °C e que 30 °C, respectivamente, e superiores a 35 °C durante três ondas de calor, com maior valor de temperatura máxima de 38,4 °C no dia 3/2/2010 e menor valor de temperatura mínima de 4,1 °C no dia 1/6/2010 (Figura 1a). As baixas temperaturas e radiação solar no início e final da estação de crescimento e as altas temperaturas e radiação solar em dezembro e janeiro (Figura 1a,b) são típicas condições meteorológicas durante a estação de cultivo de mandioca em regiões subtropicais. O ano agrícola 2009/2010 foi caracterizado como ano de El Niño, com precipitações elevadas e baixa radiação no período de setembro a dezembro (Figura 1b). O excesso de umidade ocasionou temperaturas amenas no solo, o que atrasou a brotação das manivas e a emergência das plantas. A partir de janeiro de 2010, a precipitação foi menor, mas distribuída ao longo do ciclo, não tendo sido observado nenhum sintoma de deficiência hídrica.

A evolução do Índice de Área Foliar (IAF) para cada tratamento durante a estação de crescimento está na figura 2a. Os tratamentos com menores espaçamentos apresentaram maior IAF ao longo do ciclo de desenvolvimento; o IAF máximo (7,6) foi no espaçamento 0,8 m, seguido pelos espaçamentos 1,0 m, 1,2 m e 1,5 m, com os IAF de 5,3, 4,6 e 3,3, respectivamente (Tabela 1). O fechamento do dossel ocorreu mais rapidamente no início da estação de

crescimento nos tratamentos com menor espaçamento, o que auxiliou no controle de plantas daninhas. Peressin (2010) relata que em maiores densidades de plantio de mandioca ocorre o controle cultural mais eficiente das plantas invasoras.

A área foliar verde (AF) por planta, ao contrário do IAF, foi maior nos tratamentos com maior espaçamento (Figura 2b). As plantas do tratamento 1,5x1,5 m apresentaram maior área foliar fotossinteticamente ativa por planta ao longo de todo o ciclo da cultura, seguidas pelas dos tratamentos 1,2x1,2 m, 1,0x1,0 m e 0,8x0,8 m. A maior AF por planta no tratamento de maior espaçamento ocorreu devido ao maior tamanho de folhas na primeira ramificação simpodial (Figura 2b) e na segunda ramificação simpodial (Figura 2c). O tamanho das folhas na haste principal foi similar entre o espaçamento menor (0,8x0,8 m) e o maior (1,5x1,5 m) (Figura 2a). O menor tamanho de folhas no tratamento com espaçamento menor está relacionado à maior competição intraespecífica nesse tratamento, já que o número final de folhas não diferiu entre os tratamentos (Tabela 1).

A competição entre as plantas de mandioca promoveu diferença no número médio de brotações laterais da haste principal. O tratamento 1,5x1,5 m apresentou o maior número de brotações (Tabela 1), em virtude de as plantas crescerem e desenvolverem-se em condições de menor competição por recursos do meio, principalmente luz. Já com a redução do espaçamento de plantio, as plantas apresentaram uma dominância apical mais forte em busca de radiação solar, apresentando assim menor número de brotações laterais (Tabela 1). No entanto, a altura das plantas foi semelhante durante toda a estação de crescimento (Figura 2c), não apresentando também diferença estatística na altura máxima das plantas (Tabela 1). Nota-se assim que no tratamento 0,8x0,8 m houve uma compensação do menor número de folhas pelo maior comprimento dos entrenós (Figura 2e).

A evolução de senescência das folhas foi similar entre os tratamentos (Figura 2d). A linearidade das curvas na figura 2d indica uma constante taxa de senescência foliar no final do ciclo de cultivo da mandioca, resposta fisiológica típica da mandioca cultivada em regiões subtropicais, como o Rio Grande do Sul, devido à diminuição da temperatura do ar e da radiação solar no outono (Gabriel et al., 2014; Matthews e Hunt, 1994). Portanto, a senescência é um dos fatores que contribui para a queda das taxas de crescimento no IAF e na área foliar verde por planta, que iniciaram o declínio próximo aos 150 DAE (Figura 2a,b). O comprimento do entrenó também teve a taxa de crescimento reduzida próximo aos 150 dias após a emergência (DAE) para os quatro tratamentos (Figura 2e), resultado, possivelmente, da redução da taxa fotossintética do dossel pela redução da disponibilidade de radiação solar a partir da segunda quinzena de fevereiro de 2010 (Figura 1).

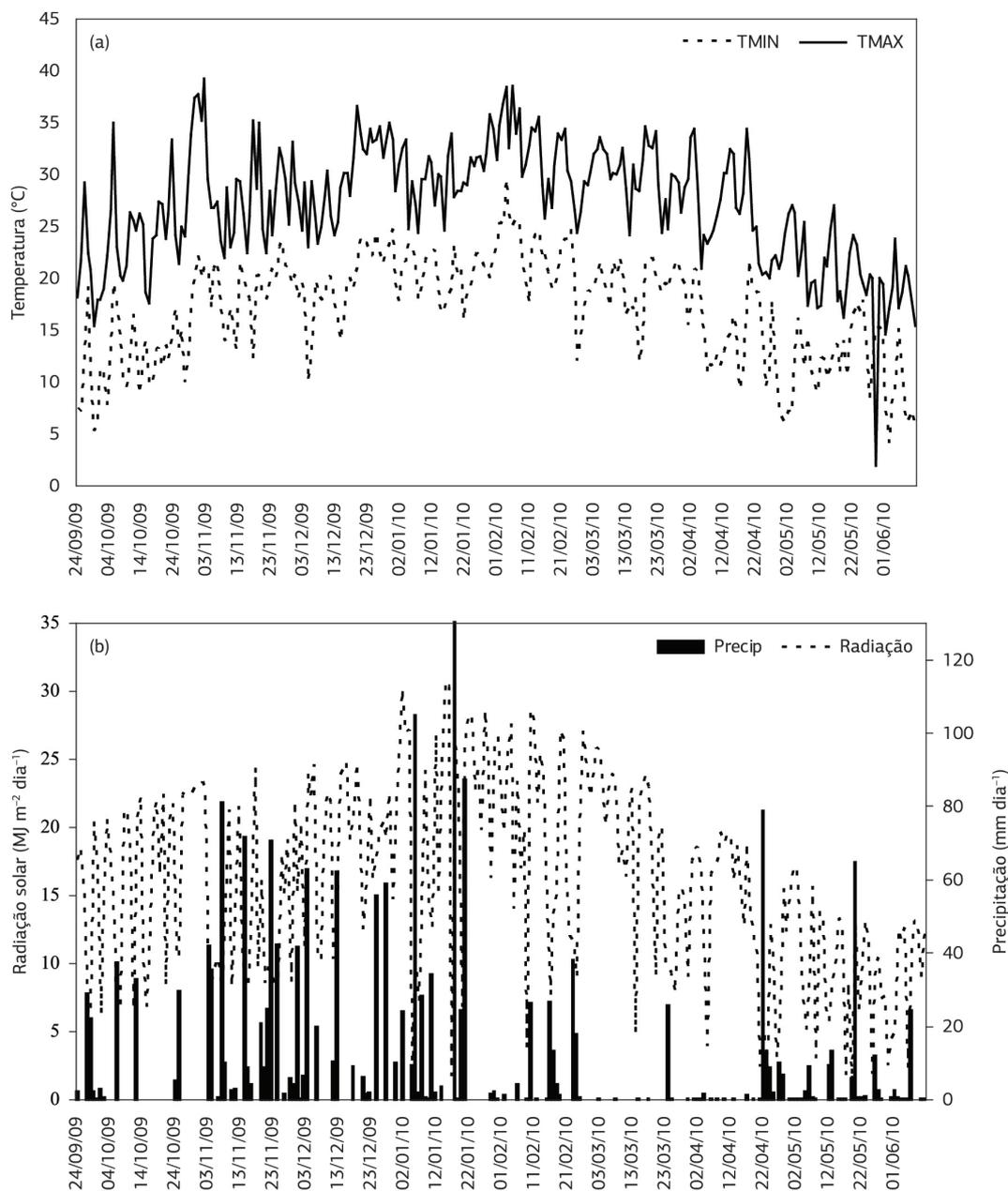
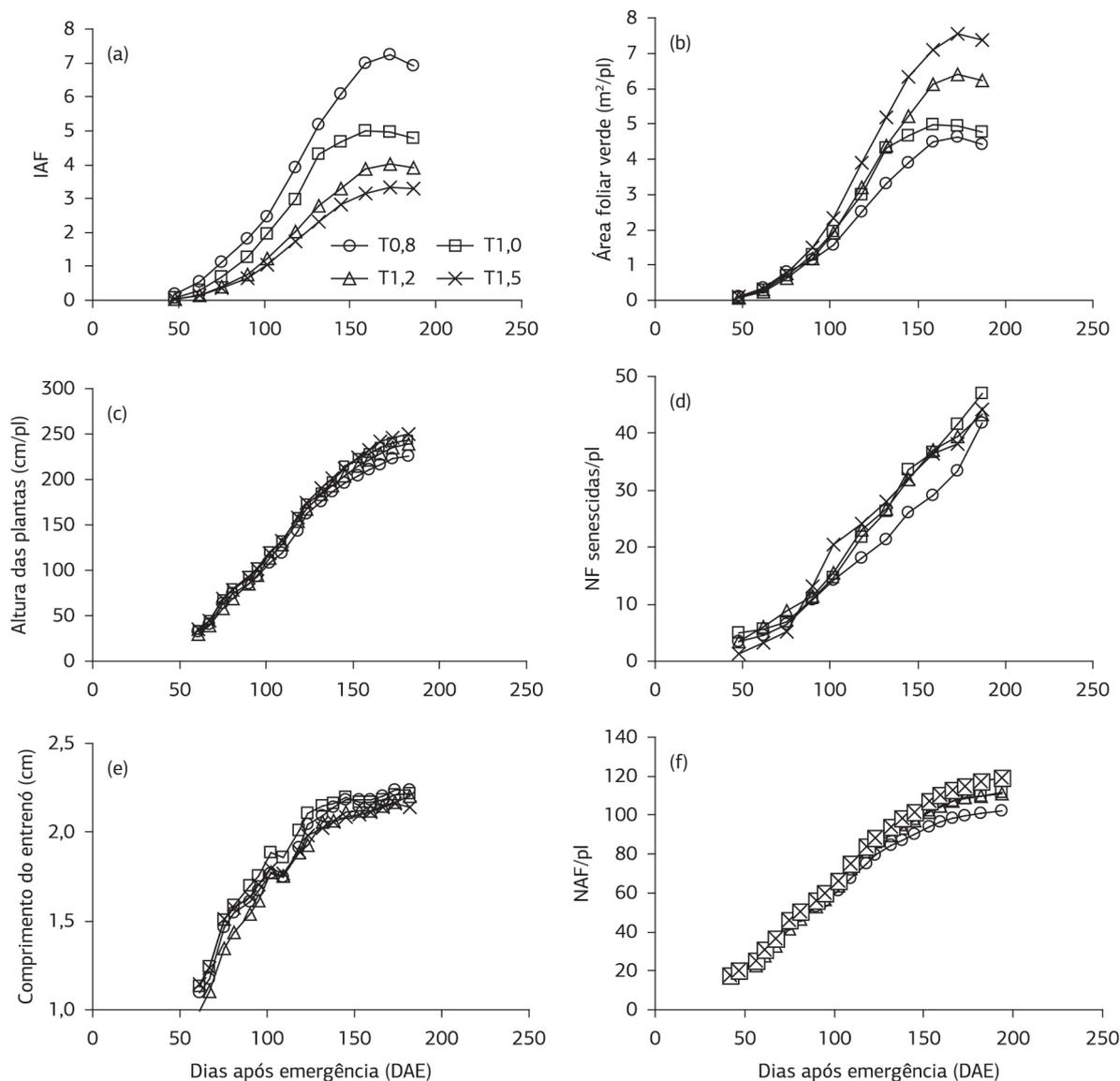


Figura 1. Valores diários de temperatura mínima (Tmin) e máxima do ar (Tmax) (a), precipitação (Precip) e radiação solar (b) do plantio até a colheita da mandioca; Santa Maria (RS), Brasil, 2009/2010.

Tabela 1. Altura e índice de área foliar máximo (IAF<sub>MAX</sub>), número final de folhas (NFF) na haste principal (HP), na primeira ramificação simpodial (RS1), na segunda ramificação simpodial (RS2) e total (HP+RS1+RS2) e número de brotações laterais emitidas nas plantas de mandioca cultivar Fepagro – RS 13 em quatro espaçamentos de plantio; Santa Maria (RS), Brasil, 2009/2010

Variáveis de crescimento e desenvolvimento	Espaçamentos (m)				CV (%)
	0,8x0,8	1,0x1,0	1,2x1,2	1,5x1,5	
Altura <sub>MAX</sub> (cm)	225 a*	243 a	238 a	250 a	5,34
IAF <sub>MAX</sub>	7,62 a	5,00 b	4,29 bc	3,30 c	13,80
NFF HP	41 a	42 a	40 a	41 a	4,42
NFF RS1	35 a	40 a	40 a	40 a	7,58
NFF RS2	21 b	24 ab	27 ab	31 a	10,5
NFF total	102 a	108 a	110 a	115 a	7,8
Número de brotações laterais	1,2 b	2 ab	1,75 ab	3,2 a	33,38

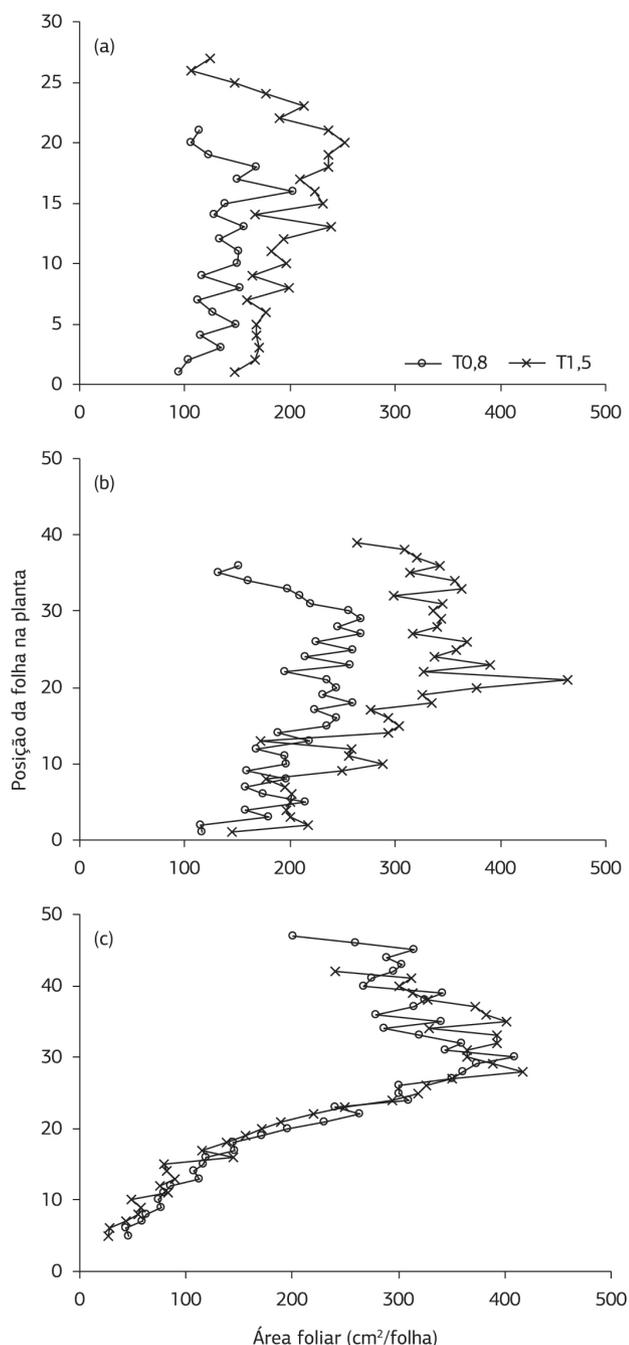
\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.



**Figura 2.** Evolução do índice de área foliar (a), área foliar verde por planta (b), altura (c), senescência foliar (d), comprimento do entrenó (e) e número acumulado de folhas (f) nas plantas de mandioca cultivar Fepagro – RS 13 em função dos dias após emergência (DAE) para quatro espaçamentos: 0,8x0,8 m (T 0,8); 1,0x1,0 m (T 1,0); 1,2x1,2 m (T 1,2); e 1,5x1,5 m (T 1,5); Santa Maria (RS), Brasil, 2009/2010.

A distribuição do tamanho (área) final das folhas em diferentes posições na HP, na RS1 e na RS2 dos tratamentos 0,8x0,8 m e 1,5x1,5 m indica que não houve diferença na área das folhas ao longo da HP para os dois tratamentos, o que indica que não houve competição entre as plantas de mandioca no início da estação de crescimento (Figura 3a). Ainda na HP, o tamanho das folhas aumenta das folhas inferiores para cima, atingindo o tamanho máximo nas porções 28 e 33 e decrescendo novamente nas folhas superiores. Foi na RS1 que ocorreu a maior diferença de tamanho de folhas entre as plantas dos tratamentos (Figura 3b). Enquanto as plantas espaçadas de 0,8 m formaram folhas com áreas na ordem de 200 cm<sup>2</sup> a 270 cm<sup>2</sup>, as plantas mais espaçadas tiveram folhas com áreas foliares de 300 cm<sup>2</sup> a 460 cm<sup>2</sup> no terço médio da RS1. Assim como na

haste principal, o tamanho das folhas na RS1 foi maior no terço mediano, com menores tamanhos próximo da segunda ramificação (RS2). As folhas na RS2 também tiveram um perfil com tamanho máximo no terço superior, sendo menores do que na HP e na RS1, e com diferenças entre os dois tratamentos, como na RS1 (Figura 3c). Segundo Tan e Cock (1979), o tamanho das folhas individuais é maior quanto menor for o número de ápices meristemáticos ativos na planta, isto é, as folhas totalmente expandidas da mandioca tendem a diminuir a área à medida que aumenta o número de ramificações, pois os fotoassimilados tem de ser distribuídos em um maior número de drenos devido à intensificação da competição intraespecífica após o surgimento da RS1.



**Figura 3.** Área final de folhas expandidas em função da posição na planta na segunda ramificação simpodial (a), na primeira ramificação simpodial (b) e na haste principal (c) de plantas de mandioca cultivar Fepagro – RS 13 para os espaçamentos 0,8x0,8 m e 1,5x1,5 m; Santa Maria (RS), Brasil, 2009/2010.

O NFF diferiu somente na RS2, com maior número de folhas nas plantas espaçadas em 1,5x1,5 m e menor número de folhas no espaçamento 0,8x0,8 m (Tabela 1). Para a variável filocrono, a interação haste x espaçamento foi significativa, e, portanto, a análise estatística foi desdobrada dentro de cada fator. O filocrono total, considerando as folhas de todas as hastes (HP, RS1 e RS2), apresentou diferença

nos diferentes espaçamentos, com maior filocrono nas plantas com menor espaçamento (0,8x0,8 m e 1,0x1,0 m) e menor filocrono nas plantas com maior espaçamento (1,2x1,2 m e 1,5x1,5 m) (Tabela 2). Os valores do filocrono na HP foram similares, indicando que no início do ciclo de desenvolvimento não há diferença na velocidade de emissão de folhas das plantas nos diferentes espaçamentos (Tabela 2). Na RS1, o filocrono apresentou diferença, mostrando que nas plantas com maiores espaçamentos o tempo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas é menor, diferença essa que continua durante a RS2, produzindo assim maior NFF na RS2 (Tabela 1). Essa diferença pode ser atribuída ao maior nível de competição intraespecífica nas plantas com menor espaçamento, nas quais o filocrono é maior (Tabela 1). Em todos os tratamentos observou-se um aumento do filocrono à medida que as plantas foram emitindo as ramificações simpodiais, com maior filocrono na RS2. Fagundes et al. (2009) também verificaram um incremento no valor do filocrono à medida que aumentou o número de ramificações.

A produtividade de hastes ( $t\ ha^{-1}$ ) em massa fresca e massa seca não diferiu estatisticamente entre os diferentes espaçamentos (Tabela 3). A produtividade de hastes por planta ( $kg\ planta^{-1}$ ) em massa fresca e seca foi maior no espaçamento 1,5x1,5 m (Tabela 3), indicando que houve uma compensação da produtividade por planta em cada espaçamento. O tratamento 0,8x0,8 m teve a maior produtividade de raízes, com  $36,44\ t.ha^{-1}$ , diferindo dos tratamentos 1,2x1,2 m e 1,5x1,5 m (Tabela 4), indicando que o aumento da densidade (diminuição do espaçamento) aumentou a produtividade por área nessa cultivar. Os resultados de massa seca (MS) de raízes por hectare seguiram a mesma tendência da MF.

As raízes tuberosas e a parte aérea são dois drenos que competem durante o ciclo de vida da planta (Alves, 2006). Os dados de peso por planta e peso por raiz da Tabela 4 podem ser explicados pela hipótese de Aguiar et al. (2011), na qual verifica-se que em condições de densidade menor (espaçamentos maiores), o dreno das raízes de reserva supera o dos ápices meristemáticos da parte aérea. Assim, as plantas mais espaçadas (1,5x1,5 m) apresentaram o maior peso por planta e por raiz ( $5,64\ kg\ planta^{-1}$  e  $0,429\ kg\ raiz^{-1}$ ), seguido pelo das plantas no espaçamento 1,2x1,2 m ( $4,25\ kg\ planta^{-1}$  e  $0,323\ kg\ raiz^{-1}$ ) e pelo das plantas no espaçamento 1,0x1,0 m e 0,8x0,8 m, que não diferiram estatisticamente (Tabela 4). Esse resultado confirma a vantagem individual para as plantas com maior área de exploração e está de acordo com Barros et al. (1978), que relataram que a produtividade por planta de mandioca é maior em plantas com maior espaçamento de plantio, porém, por área, são os plantios com menor espaçamento que resultam em maior produção.

Para que a planta de mandioca apresente boa produção de raízes, deve atingir o IAF de 3,0 o mais rápido possível

**Tabela 2.** Filocrono ( $^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ ) na haste principal (HP), na primeira ramificação simpodial (RS1), na segunda ramificação simpodial (RS2) e total (HP+RS1+RS2) na planta de mandioca cultivar Fepagro – RS 13 em quatro diferentes espaçamentos de plantio; Santa Maria, RS, Brasil, 2009/2010

Espaçamento (m)	Haste na planta				CV%
	HP	RS1	RS2	TOTAL	
0,8x0,8	15,86 b A*	18,60 b A	24,36 a A	17,07 b A	11,62
1,0x1,0	15,39 b A	16,31 b AB	24,55 a A	15,94 b AB	7,37
1,2x1,2	15,92 b A	14,91 b B	20,21 a AB	14,84 b BC	11,40
1,5x1,5	15,46 b A	14,96 b B	18,50 a B	14,35 b C	5,67
CV (%)	6,82	9,52	14,88	3,98	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 3.** Massa fresca e massa seca de hastes de mandioca por área e por planta, cultivar Fepagro – RS 13, em função do espaçamento; Santa Maria (RS), Brasil, 2009/2010

Variável	Espaçamento				CV (%)
	0,8x0,8 m	1,0x1,0 m	1,2x1,2 m	1,5x1,5 m	
- - - - Produtividade por área (t/ha) - - - -					
Massa fresca	26,18a*	26,43a	20,97a	21,30a	18,72
Massa seca	6,97a	6,39a	4,61a	5,63a	22,68
- - - - Produtividade por planta (kg/planta) - - - -					
Massa fresca	1,68b	2,64b	3,02b	4,79a	18,78
Massa seca	0,45b	0,64b	0,66b	1,27a	23,15

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 4.** Massa fresca, massa seca e número de raízes comerciais de mandioca por área, por planta e por raiz, cultivar Fepagro – RS 13, em função do espaçamento de plantio; Santa Maria (RS), Brasil, 2009/2010

Variável	Espaçamento				CV (%)
	0,8x0,8 m	1,0x1,0 m	1,2x1,2 m	1,5x1,5 m	
- - - - Produtividade por área - - - -					
Massa fresca (t/ha)	36,44 a*	29,51 ab	27,85 b	25,09 b	10,73
Massa seca (t/ha)	13,08 a	9,87 b	10,05 b	8,39 b	9,07
Número de raízes/ha	169.271 a	125.833 b	91.435 c	58.607 d	9,81
- - - - Produtividade por planta - - - -					
Massa fresca (kg/planta)	2,33 c	2,78 c	4,25 b	5,64 a	14,20
Massa seca (kg/planta)	0,84 b	1,35 ab	1,34 ab	1,89 a	23,75
Número de raízes/planta	10,78 a	12,70 a	13,14 a	13,20 a	12,65
- - - - Produtividade por raiz comercial (kg/raiz) - - - -					
Massa fresca (kg/raiz)	0,216 c	0,221 c	0,323 b	0,429 a	9,89
Massa seca (kg/raiz)	0,078 c	0,078 c	0,110 b	0,144 a	8,00

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

e permanecer o máximo de tempo na faixa compreendida entre 3,0 e 3,5 (Cock et al., 1979). A figura 2 indica que as inclinações das curvas de crescimento do IAF são maiores nos tratamentos 0,8x0,8 m e 1,0x1,0 m e menores nos tratamentos 1,2x1,2 m e 1,5x1,5 m. Conseqüentemente, nos tratamentos com menor espaçamento, a faixa ótima de IAF (3-3,5) é alcançada mais rapidamente, mas o período em que o IAF permanece na faixa ótima foi menor do que nos tratamentos com maior espaçamento. Por exemplo, no tratamento 0,8x0,8 m o IAF esteve na faixa ótima no período entre 2/2/2010 a 18/2/2010 (16 dias) enquanto no tratamento com maior espaçamento (1,5 m) o IAF de 3,0, alcançado no dia 25/3/2010, não alcançando o limite superior de IAF (3,5) mas ficando acima de 3,0 até o último dia de medição a campo, isto é, por pelo menos 42 dias. Assim, uma possível prática de manejo para otimizar a

produtividade de raízes em plantas adensadas é a poda verde quando o IAF alcançar 3,5.

A produtividade de raízes por área é importante quando a produção tem finalidade industrial, enquanto que a produtividade de raízes por planta e por raiz são importantes quando a produção é voltada ao consumo de mesa (*in natura* ou processada). Portanto, para essa cultivar, quando a produção é destinada ao consumo de mesa, é recomendado um espaçamento maior do que o 0,8x0,8 m e de acordo com os resultados obtidos neste experimento, pode-se concluir que tanto o espaçamento 1,2x1,2 m quanto o 1,5x1,5 m são os que apresentam maior peso por planta e por raiz comercial (Tabela 4). A cultivar Fepagro – RS13 apresentou elevada produção de biomassa na parte área, sendo assim também recomendada para a produção de forragem. Para essa finalidade, como

não houve diferença na produtividade de ramas por hectare (Tabela 3), recomenda-se espaçamentos menores (0,8x0,8 m ou 1,0x1,0 m), os quais produzem hastes mais finas do que em espaçamentos maiores.

Este trabalho fornece importantes resultados sobre o efeito que o espaçamento de plantio tem no crescimento e desenvolvimento da parte aérea e radicular da mandioca, além de na produtividade de raízes. Os resultados podem ser estendidos para outras cultivares que têm elevada produção de parte aérea, como a cultivar Fepagro – RS 14.

#### 4. CONCLUSÃO

O crescimento do índice de área foliar máximo e de desenvolvimento foliar (flocrono) aumentam à medida que diminui o espaçamento de plantio. O tamanho final de folha e o número de brotações laterais aumentam à medida que aumenta o espaçamento de plantio. O NFF difere apenas na RS2, com maior número de folhas nas plantas espaçadas a 1,5x1,5 m.

Na cultivar Fepagro – RS 13, a produtividade de hastes não varia com o espaçamento de plantio, mas a produtividade de raízes por área é maior nos menores espaçamentos de plantio, enquanto a produtividade por planta e por raiz comercial é maior nos maiores espaçamentos de plantio.

#### REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E.B.; VALLE, T.L.; LORENZI, J.O.; KANTHACK, R.A.D.; MIRANDA FILHO, H.; GRANJA, N.P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. *Bragantia*, v.70, p.561-569, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000300011>
- ALVES, A.A.C. Fisiologia da mandioca. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2006. p.138-169.
- BARROS, R.S.; MERCÊS, W.C.; ALVIM, R. Sink strength and cassava productivity. *Hort Science*, v.13, p.474-475, 1978.
- CARDOSO, C.E.L.; SOUZA, J.S.; GAMEIRO, A.H. Aspectos econômicos e mercado. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2006. p.41-70.
- COCK, J. H. La yuca: nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 240p.
- COCK, J.H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G.; JURI, P. The ideal cassava planting for maximum yield. *Crop Science*, v.19, p.271-279, 1979. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1979.0011183X001900020025x>
- COCK, J.H.; WHOLEY, D.; CASAS, O.G. Effect of spacing on cassava (*Manihot esculenta*). *Experimental Agriculture*, v.13, p.289-299, 1977. <http://dx.doi.org/10.1017/S0014479700008024>
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FAGUNDES, K.L.; STRECK, N.A.; LOPES, S.J.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; ZANON, A.J. Desenvolvimento vegetativo em diferentes hastes da planta de mandioca em função da época de plantio. *Ciência Rural*, v.39, p.657-663, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008005000097>
- FAGUNDES, L.K.; STRECK, N.A.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; ZANON, A.J.; LOPES, S.J. Desenvolvimento, crescimento e produtividade de mandioca em diferentes datas de plantio em região subtropical. *Ciência Rural*, v.40, p.2460-2466, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010001200004>
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Production, crops. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 20 maio 2014.
- FURLAN, A.C.; MOREIRA, I.; TOLEDO, J.B.; CARVALHO, P.L.O.; SCAPINELLO, C. Avaliação nutricional e desempenho da silagem de raiz de mandioca contendo ou não soja integral em dietas para suínos. *Acta Scientiarum*, v.32, p.155-161, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i2.8055>
- GABRIEL, L.F.; STRECK, N.A.; ROBERTI, D.R.; CHIELLE, Z.G.; UHLMANN, L.O.; SILVA, M.R.; SILVA, S.D. Simulating cassava growth and yield under potential conditions in Southern Brazil. *Agronomy Journal*, v.106, p.1119-1137, 2014. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2013.0187>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Estatística da Produção Agrícola. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2014.
- KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*, v.2, p.171-182, 2001.
- LAGO, I.; STRECK, N.A.; BISOGNIN, D.A.; SOUZA, A.T.; SILVA, M.R. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1415-1423, 2011.
- MATTHEWS, R.B.; HUNT, L.A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). *Fied Crop Research*, v.36, p.69-84, 1994. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90054-X](http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290(94)90054-X)
- PERESSIN, V.A. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da mandioca. Campinas: Instituto Agrônomo, Editora IAC, 2010. 54p.
- SAMBORANHA, F.K.; STRECK, N.A.; UHLMANN, L.O.; GABRIEL, L.F. Modelagem matemática do desenvolvimento foliar em mandioca. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, p.815-824, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000400019>
- SCHONS, A.; STRECK, N.A.; KRÄULICH, B.; PINHEIRO, D.G.; ZANON, A.J. Emissão de folhas e início da acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. *Ciência Rural*, v.37, p.1586-1592, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600013>

- SCHONS, A.; STRECK, N.A.; STORCK, L.; BURIOL, G.A.; ZANON, A.J.; PINHEIRO, D.G.; KRÄULICH, B. Arranjos de plantas de mandioca e de milho em cultivo solteiro e consorciado: Crescimento, desenvolvimento e produtividade. *Bragantia*, v.68, p.155-167, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000100017>
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBCS; COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS; CQFS, 2004. 400p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. Getting started with the SAS® Learning Edition. Cary, NC: SAS Institute, 2002. 81p.
- TAN, S.L.; COCK, J.H. Branching habit as a yield determinant in cassava. *Field Crops Research*, v.2, p.281-289, 1979. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290\(79\)90029-7](http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290(79)90029-7)
- WILHELM, W.W.; McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Science*, v.35, p.1-3, 1995. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010001x>
- XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P.S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. *Ecological Modeling*, v.175, p.261-270, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.10.018>