

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPONENTES AGRONÔMICOS E ÍNDICES FISIOLÓGICOS DA
MANDIOCA CORRELACIONADOS AO PREPARO DO SOLO**

PRISCILA GONZALES FIGUEIREDO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP
Setembro-2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPONENTES AGRONÔMICOS E ÍNDICES FISIOLÓGICOS DA
MANDIOCA CORRELACIONADOS AO PREPARO DO SOLO**

MSc. PRISCILA GONZALES FIGUEIREDO
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. SILVIO JOSÉ BICUDO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP
Setembro - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F475c Figueiredo, Priscila Gonzales, 1986-
Componentes agronômicos e índices fisiológicos da mandioca correlacionados ao preparo do solo / Priscila Gonzales Figueiredo. - Botucatu : [s.n.], 2014
xi, 73 f. : fots. color., grafs., ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Silvio José Bicudo
Inclui bibliografia

1. Mandioca - Fisiologia. 2. Anatomia vegetal. 3. Solos - Preparo. I. Bicudo, Silvio José. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "COMPONENTES AGRONÔMICOS E ÍNDICES FISIOLÓGICOS DA
MANDIOCA CORRELACIONADOS AO PREPARO DO SOLO"**

ALUNA: PRISCILA GONZALES FIGUEIREDO

ORIENTADOR: PROF. DR. SILVIO JOSE BICUDO

Aprovado pela Comissão Examinadora



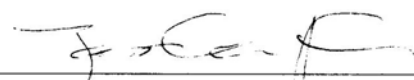
PROF. DR. SILVIO JOSE BICUDO



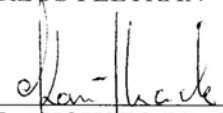
PROF.ª DR.ª TERESA LOSADA VALLE



PROF.ª DR.ª MARINA APARECIDA DE M DALLAQUA



PROF. DR. JOSE CARLOS FELTRAN



PROF. DR. RICARDO AUGUSTO DIAS KANTHACK

Data da Realização: 09 de setembro de 2.014.

À Deus,

À minha família Luiz, Izabel, Manoela e Anastácio (*in memorian*), Luiz Figueiredo (*in memorian*), Luiz Ernani, Patrícia, Eduardo, Alicia, André e Jacy

À Fábio, Dedé e Muzi.

DEDICO

Não é no meu tempo é no tempo dele, por que
vejo até um certo ponto e ele, vê além...

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Silvio José Bicudo pelo apoio e incentivo, amizade e pela valiosa orientação pessoal e profissional.

A todos os mestres que contribuíram com minha formação desde a infância, em especial Beatriz Lempp, Marina Aparecida de Moraes Dallaqua, Kawamitsu Sensei e Ueno Sensei.

Aos meus amigos funcionários da Fazenda experimental da FCA.

Aos funcionários dos departamentos de: Produção Vegetal-Agricultura, Engenharia Rural, Seção de Pós Graduação e do Centro de Raízes e Amidos Tropicais.

À Helena e Mário Tanamati, pelo carinho que dedicam a mim.

Ao Senhor Henrique Monte Ferrante, pelo fornecimento do material vegetal.

Aos meus amigos: Elza, Rubens, Juliane, Kelly, Cristiane FM., Renata FG., Doraci e Bispo, Sihélio, Felipe, Eduardo, Débora, Camila Braga, Camillo, Carlos Jorge, Adalton, Selma, Aline Matoso, Lucas, Caroline Leite, Silvia, Aline Sandim, Maurício, Géssica, Éder, Willian, Murilo, Rodrigo, Caroline, Miriam, Tereza, Ondina, Ana Lúcia Chafla, Rosa Alejandra, Yodany Real, Élia Solano, Dainy Cordeiro, Luis Mora, Roberto Garcia, Petty, Manuel Valdivié, Bárbara, Santiago Orduz, Manuel Calidonio, Marcella Souza, Lucas Pereira, Midori, TJ, Kenta, Fuka, Miki, Suwa sensei, Yuriko, Jun e Shun.

Aos funcionários da Biblioteca do Lageado pela eficiência, gentileza e bom humor.

A Capes pela concessão de bolsa de estudo.

E a todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
4.1 Cultivo e produção da mandioca	6
4.2 Preparos do solo para a cultura da mandioca	8
4.3 Ecofisiologia e fenologia da cultura da mandioca	9
4.4 Análise de crescimento de plantas	11
4.4.1 Massa de matéria seca (MS)	12
4.4.2 Área foliar (AF)	12
4.4.3 Índice de área foliar (IAF)	13
4.4.4 Razão de área foliar (RAF)	14
4.4.5 Taxas de crescimento absoluto (TCA) e Relativo (TCR) e de Assimilação Líquida (TAL)	14
5 MATERIAL E MÉTODOS	16
5.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental	16
5.2 Delineamento experimental	18
5.3 Instalação e condução do experimento	18
5.4 Material de propagação utilizado	19
5.5 Cronograma das avaliações	20
5.6 Avaliações	20
5.6.1 Solo	20
5.6.1.1 Porosidade	21
5.6.1.2 Teor de água	21

5.6.1.3 Resistência a penetração	21
5.6.2 Componentes agronômicos qualitativos e quantitativos	21
5.6.2.1 Altura de planta	21
5.6.2.2 Número de folhas por planta	22
5.6.2.3 Área foliar.....	22
5.6.2.4 Diâmetros da raiz, caule e cepa	22
5.6.2.5 Produtividade e partição da massa de matéria seca.....	23
5.6.2.6 Índice de Colheita (IC)	23
5.6.3 Índices Fisiológicos	23
5.6.3.1 Índice de área foliar (IAF).....	24
5.6.3.2 Razão de área foliar (RAF).....	24
5.6.3.3 Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	24
5.6.3.4 Taxa de crescimento relativo (TCR)	24
5.6.3.5 Taxa de assimilação líquida (TAL)	25
5.7 Análises estatística.....	25
5.7.1 Solo.....	25
5.7.2 Componentes agronômicos qualitativos e quantitativos	25
5.7.3 Índices fisiológicos	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1 Solos	27
6.2 Componentes agronômicos	29
6.3 Índices fisiológicos	48
6.4 Considerações finais	55
7 CONCLUSÕES	58
8 REFERÊNCIAS	59
9 APÊNDICE	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo nas faixas de profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m antes da instalação do experimento, Botucatu, SP (2010).	17
Tabela 2. Atributos físicos do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), densidade do solo (DS), densidade das partículas do solo (DP), resistência a penetração do solo (RPS) e teor de areia, silte e argila, nas faixas de profundidade de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m antes da instalação do experimento, Botucatu, SP (2010).	17
Tabela 3. Data do início, fim e duração de cada fase de desenvolvimento da planta de mandioca e avaliações realizadas em dias após o plantio (DAP) durante a condução do experimento. Botucatu, SP (2010-2011).	20
Tabela 4. Resumo da análise de variância dos parâmetros relacionados às características físicas do solo (média de cinco avaliações): macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água do solo (TAS) e resistência a penetração do solo (RP).	27
Tabela 5. Média da porcentagem de macro e microporosidade e porosidade total do solo durante a condução do experimento. Média de cinco épocas de avaliação amostradas em diferentes preparos, cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e plantio sem revolvimento do solo (PSR) e faixas de profundidade do solo, Botucatu, SP (2010-2011).	28
Tabela 6. Média do teor de água e resistência a penetração do solo durante a condução do experimento. Média de cinco épocas de avaliação amostradas em diferentes preparos cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR) e faixas de profundidades do solo, Botucatu, SP (2010-2011).	29
Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água no solo (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS).	29
Tabela 8. Resumo da análise de variância dos componentes agronômicos qualitativos, altura de planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), diâmetros do caule (DC), da cepa (DCP) e da raiz (DR) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 avaliadas em doze épocas (sub-parcelas) em três preparos do solo (parcela): cultivo mínimo, plantio convencional e plantio sem revolvimento do solo.	30
Tabela 9. Coeficientes de correlação de Pearson entre os componentes agronômicos qualitativos, altura de planta (AP), número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), diâmetros do caule (DC), da cepa (DCP) e da raiz (DR) e as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS), e os	32

Tabela 10. Resumo da análise de variância dos parâmetros agronômicos quantitativos massas de matéria seca de folha (limbo foliar+pecíolo) (MSF), de caule (MSC), de raiz (MSR), da cepa (MSCP) e total (MST) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 ao longo de doze meses (sub-parcelas) em três preparos do solo (parcela): cultivo mínimo, plantio convencional e plantio sem revolvimento. 38

Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson entre e os componentes agronômicos quantitativos massas de matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), de parte aérea: folha + caule (MSPA), da cepa (MSCP), da raiz (MSR) e total (MST) e as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), teor de água (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS),..... 40

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson entre componentes agronômicos qualitativos altura de planta (AP), número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), diâmetros do caule (DC), da cepa (DCP), da raiz (DR) e os componentes agronômicos quantitativos massas de matéria seca de folha (MSF), de caule (MSC), de parte aérea (MSPA), de cepa (MACP), da raiz (MSR) e total (MST). 41

Tabela 13. Resumo da análise de variância da massa de matéria seca total (MST) e índice de colheita (IC) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 avaliadas por doze meses (sub-parcelas) em três preparos do solo (parcela): cultivo mínimo, plantio convencional e plantio sem revolvimento. 43

Tabela 14. Coeficientes de correlação de Pearson entre os índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL) e os componentes agronômicos qualitativos altura de planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), da cepa (DCP) e da raiz (DR). 49

Tabela 15. Coeficientes de correlação de Pearson entre os índices fisiológicos, índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) e os componentes agronômicos quantitativos massas de matéria seca de folha (MSF), de caule (MSC), de parte aérea: folha + caule (MSPA), de cepa (MSCP), de raiz (MSR) e total (MST). 50

Tabela 16. Coeficientes de correlação de Pearson entre os índices fisiológicos, índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) e as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS). 55

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Médias de temperaturas máxima e mínima e precipitação pluvial acumulada, observadas de outubro de 2010 a outubro de 2011 em Botucatu, SP..... 17
- Figura 2. Esquema representativo de uma parcela e subparcelas (em destaque). 18
- Figura 3. Aspecto das parcelas após a aplicação dos tratamentos, A- CM (cultivo mínimo), B- PC (plantio convencional), C- PSR (plantio sem revolvimento) e D- Vista dos três tratamentos. 19
- Figura 4. Altura de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). **significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t. 31
- Figura 5. Número médio de folhas por planta de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.33
- Figura 6. Área foliar de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t. 34
- Figura 7. Diâmetro do caule de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t. 35
- Figura 8. Diâmetro da cepa de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t. 36
- Figura 9. Diâmetro de raízes de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). **significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t. 37
- Figura 10. Massa de matéria seca (MS) de folha (limbo foliar + pecíolo) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). **significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t. 38

Figura 11. Massa de matéria seca (MS) de caule de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t. 39

Figura 12. Massa de matéria seca (MS) da cepa da mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS de probabilidade pelo teste t. 41

Figura 13. Massa de matéria seca (MS) de raízes tuberosas de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade. 42

Figura 14. Massa de matéria seca (MS) total de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. 44

Figura 15. Partição de massa de matéria seca por parte morfológica da planta de mandioca cultivar IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em diferentes preparos do solo (A) cultivo mínimo, (B) plantio convencional e (C) plantio sem revolvimento, Botucatu, SP (2010-2011). **, * e ^{ns} significativo a 1 e 5% e não significativo pelo teste F. 46

Figura 16. Índice de colheita de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade. 48

Figura 17. Índice de área foliar (IAF) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). 49

Figura 18. Razão de área foliar (RAF) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). 51

Figura 19. Taxa de crescimento absoluto (TCA) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). 52

Figura 20. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). 53

Figura 21. Taxa de assimilação líquida (TAL) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). 54

1 RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as correlações entre as características físicas do solo, promovidas por diferentes tipos de preparo, os componentes agronômicos qualitativos e quantitativos e os índices fisiológicos da planta de mandioca e identificar, em que época de desenvolvimento da planta, estas correlações implicam em possíveis diferenças na produtividade de raízes. Foi conduzido um experimento a campo em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e seis repetições. Os preparos do solo (cultivo mínimo, CM; plantio convencional, PC e plantio sem revolvimento do solo, PSR) foram considerados parcelas e as épocas de avaliação as subparcelas. Os resultados, com exceção aos índices fisiológicos, foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade de erro pelo teste F, sendo os tratamentos comparados pelo teste de t a 5% de probabilidade e as épocas de avaliação por regressão. Adicionalmente, todos os parâmetros foram correlacionados pelo do coeficiente de correlação de Pearson. Observou-se que a maior resistência a penetração do solo, observada no PSR foi um fator que determinou a maior partição de massa de matéria seca na parte aérea em detrimento às raízes. Neste tratamento, a produtividade de massa de matéria seca nas raízes, aos 210, 300, 330 e 360 DAP foi cerca de 2000 kg ha⁻¹ inferior aos demais preparos do solo. Concluiu-se que as características físicas do solo se correlacionam com os componentes agronômicos qualitativos e quantitativos e não se correlacionam com os índices fisiológicos. Estas correlações implicam em diferenças qualitativas a partir de 120 DAP e em diferenças quantitativas a partir de 150 DAP, e que a

macroporosidade, porosidade total e a resistência à penetração, correlacionam-se diretamente com a produtividade de massa seca da parte aérea.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, mandioca de mesa, cultivo mínimo, preparo convencional e preparo sem revolvimento do solo.

AGRONOMIC TRAITS AND PHYSIOLOGICAL INDEXES OF CASSAVA CORRELATED TO DIFFERENT TILLAGE. Botucatu, 2014. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: PRISCILA GONZALES FIGUEIREDO

Adviser: SILVIO JOSÉ BICUDO

2 SUMMARY

The present study aimed to evaluate the correlation between the physical characteristics of the soil, promoted by different tillage, and the qualitative and quantitative agronomic traits and physiologic indexes of cassava plant and identify at what time of plant development these correlations imply in possible differences in agronomic components. A field experiment was carried out in a randomized block split plot design with six replications. The types of tillage (minimum tillage, conventional tillage and no tillage) were considered main plots and the times of evaluation, the subplots. The results, except for physiological indexes, were subjected to analysis of variance at 5% level of probability by F test, the treatments were compared by t test at 5% probability and times of evaluation were compared by regression. Additionally, all parameters were correlated by the Pearson coefficient. It was observed that the greater resistance to soil penetration in no tillage was a factor that determined the larger partition of dry matter in the shoot rather than the roots; in this treatment, the productivity of dry matter in the roots, at 210, 300, 330 and 360 days after planting (DAP), was about 2000 kg ha⁻¹ lower than for the other types of tillage. It was concluded that the soil's physical characteristics correlate with the qualitative and quantitative agronomic characters and do not correlate with the physiological indexes. These correlations imply qualitative differences from 120 DAP and quantitative differences from 150 DAP, and that macroporosity, total porosity and penetration resistance correlate directly with the productivity of dry mass of shoots.

Keywords: *Manihot esculenta*, sweet cassava, minimum tillage, conventional tillage and no tillage.

3 INTRODUÇÃO

A mandioca, destinada ao consumo de mesa, é uma planta cultivada por até 13 meses visando, principalmente, a produção de raízes, para comercialização *in natura*. A mandioca de mesa deve apresentar características culinárias desejáveis ao consumo, como sabor adocicado, alto teor de massa seca, pouca fibra, menor tempo de cozimento e superfície uniforme e sem deformações (VALLE et al., 2004; AGUIAR et al., 2011).

Justificado pela necessidade de produzir raízes uniformes, sem deformações e reduzir perdas no momento da colheita por danos físicos e mecânicos, a implantação da cultura da mandioca, normalmente ocorre sob preparo convencional do solo que é caracterizado pelo intenso revolvimento do solo mediante aração e gradagem (OLIVEIRA et al., 2001; FASINMIRIN e REICHERT, 2011). Apesar da razão apresentada para implantação da cultura da mandioca sob o preparo convencional é importante considerar que o crescimento inicial lento da planta, o revolvimento do solo durante o plantio e a colheita, caracterizam a mandioca como uma das culturas responsáveis pela maior quantidade de perda de solo por erosão (MARQUES et al., 1961).

Embora, desde a década de 70, a adoção dos preparos conservacionistas do solo tenha aumentado (LAL, 2000; CAVALIERI et al., 2009), esta tendência não se aplicou à cultura da mandioca, supostamente por fatores relacionados à necessidade de revolvimento do solo no momento da colheita, não sendo possível incluí-la em sistemas de plantio direto consolidados e pelos resultados controversos sobre

produtividade e qualidade física das raízes (OHIRI e EZUMAH,1990; OLIVEIRA et al., 2001; HULUGALLE e NDI 1993).

Ao considerar o fato de que a mandioca não pode ser incluída em sistemas de plantio direto devido à necessidade de revolvimento do solo no momento da colheita, a possibilidade de sua implantação sem revolvimento do solo, pode ser vantajosa do ponto de vista econômico, ambiental e produtivo, havendo, por este motivo, necessidade de desenvolvimento de pesquisas que comprovem esta hipótese.

Os efeitos dos preparos do solo sobre a produtividade e a fisiologia da mandioca foram identificados por Maduakor (1993), Oliveira et al. (2001), Otsubo et al. (2008), Otsubo, et al. (2012). Entretanto estes resultados foram determinados no momento da colheita e relacionados apenas ao preparo do solo, impossibilitando o conhecimento de quais épocas de desenvolvimento da planta e característica física do solo, influenciadas pelos preparos, constituem os fatores que determinam possíveis diferenças na produtividade e desenvolvimento da planta.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as correlações entre as características físicas do solo, promovidas por diferentes tipos de preparo, e os componentes agronômicos qualitativos e quantitativos e os índices fisiológicos da planta de mandioca e identificar, em que época de desenvolvimento da planta, estas correlações implicam em possíveis diferenças nos componentes agronômicos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cultivo e produção da mandioca

A mandioca mansa ou doce, brava ou amarga é uma planta da espécie *Manihot esculenta* Crantz, da família Euphorbiaceae e constitui a única espécie cultivada do gênero *Manihot* (CARVALHO e GUERRA, 2002). Sua origem botânica é controversa (OLSEN, 2004; LÉOTARD et al., 2009), sendo a hipótese mais aceitável, aquela que propõe que a espécie resulta da hibridação entre duas espécies no estado selvagem, nativas da Amazônia (ALLEM et al., 2001).

A mandioca é uma planta perene, embora, comercialmente seja cultivada por um período de um a dois ciclos, visando, principalmente, a produção de raízes feculentas. Segundo Souza et al. (2006) a produção de raízes feculentas, mesmo em condições adversas de clima e solo, é explicada pela rusticidade da planta, caracterizada pelo seu ciclo longo, sem picos de demanda por água e nutrientes, sistema radicular profundo e período de repouso fisiológico em épocas com temperaturas amenas e/ou déficit hídrico, além do seu aspecto fisiológico que segundo EL-Sharkawy et al. (1989) é considerada como intermediária entre plantas do grupo C3 e C4.

Esta “rusticidade” da planta permite alguma produção, onde culturas mais exigentes como os cereais e as leguminosas, por exemplo, não produziriam satisfatoriamente, tornando a mandioca um cultivo de importância social, econômica e cultural por constituir uma fonte de carboidratos para populações mais carentes em todo o mundo e por gerar divisas para países que destinam parte de suas terras agricultáveis ao seu cultivo (JANSSEN e WHEATLEY, 1985; SOUZA et al., 2006).

Em 2012 o Brasil destinou cerca de 1,7 milhões de hectares ao cultivo da mandioca, produzindo 25,5 milhões de toneladas com rendimento médio de 13,6 kg ha⁻¹ (FAO, 2014). A mandioca é cultivada em todo território brasileiro, decrescendo em produção nas regiões norte, nordeste, sudeste, sul e centro oeste (INSTITUTO BRASILEIRO ..., 2014).

Dentro desta estatística muitas vezes a produção de mandioca de mesa não é contabilizada, devido ao fato de que parte da mandioca de mesa não é comercializada formalmente e, é cultivada em pequenas áreas, à volta das casas, consumida pelos próprios produtores e comercializada localmente, figurando um importante papel na segurança alimentar e na complementação de renda. Porém, alguns produtores cultivam áreas significativas para o comércio nas CEASAS regionais e mesmo para abastecimento de grandes centros urbanos (VALLE et al., 2014). Segundo o Instituto de economia agrícola, no estado de São Paulo cerca de 15,6 mil hectares são destinados ao cultivo de mandioca de mesa, enquanto 56,5 mil hectares são destinados ao cultivo da mandioca de indústria, com uma produção média de 197 e 1.009 mil toneladas e 16 e 26 t ha⁻¹, para mandioca de mesa e indústria respectivamente (INSTITUTO DE ECONOMIA...2014).

A mandioca de mesa tem denominações regionais, as mais conhecidas são mandioca-mansa, aipim e macaxeira, e é comercializada basicamente *in natura*. Diferencia-se da mandioca industrial, brava ou amarga por ter sabor característico suavemente adocicado, enquanto a mandioca industrial pode ter qualquer sabor: adocicado, neutro ou amargo. O sabor amargo está associado à alta concentração de substâncias tóxicas (cianetos), e por isso são destinadas à indústria para serem processadas em farinha ou amido (VALLE et al., 2014).

O Estado de São Paulo tem uma produção considerável de mandioca de mesa, que nos últimos três anos têm sido por volta de 160 mil toneladas anuais. Esta tem apresentado crescimento expressivo nos últimos anos, para atender a mercados que trabalham com produtos higienizados, minimamente processados e indústrias de congelados. Neste Estado, para plantios comerciais é recomendada a cultivar de polpa amarela, pois cultivares de polpa branca não têm aceitação comercial. Em culturas de quintal são plantadas muitas outras cultivares: Guaxupé, Ouro-do-Vale, Aipim Manteiga, Vassourinha, etc. Essas cultivares não devem ser cultivadas em escala comercial, pois não tem bom desempenho agrônômico e nem atendem aos padrões de comercialização (VALLE et al., 2014).

4.2 Preparos do solo para a cultura da mandioca

O preparo do solo é realizado para eliminar restrições de ordem física à germinação e/ou brotação, permitindo um bom crescimento radicular e da parte aérea das plantas (CAVALIERI et al., 2009), além de reduzir problemas relacionados às plantas daninhas.

Segundo Fasinmirin e Reichert (2011), dentre os vários tipos de preparo do solo o plantio convencional é o mais utilizado para o cultivo da mandioca, sendo pouco empregado os preparos conservacionistas como o cultivo mínimo e plantio direto. O preparo convencional é caracterizado pela sequência de operações, que inclui a inversão do solo e incorporação de resíduo vegetal, sendo praticado com a combinação de dois ou mais implementos, podendo atingir até 0,30m de profundidade (STRUDLEY et al., 2008).

Segundo Davies e Finney (2002) os preparos conservacionistas, cultivo mínimo e plantio direto, consistem na não inversão, menor ou nenhuma perturbação do solo, de forma a manter a maior quantidade possível de resíduos vegetais na superfície do solo. Entende-se por preparo ou cultivo mínimo, o preparo que não excede a duas operações e a profundidade da movimentação do solo não ultrapassa 0,10m (MORRIS et al., 2010). Enquanto o plantio direto é definido como o plantio sobre a palhada, sem nenhum revolvimento do solo desde a colheita da cultura antecessora, cujo implemento pode ser utilizado apenas na linha de semeadura ou plantação (SCHERTZ, 1988).

Como a mandioca é cultivada, principalmente, para obtenção das raízes tuberosas, acredita-se que o preparo convencional seja o mais recomendado, por reduzir ou eliminar possíveis restrições de ordem física como a resistência a penetração e o aumento da densidade do solo, provocado pela redução da macro e microporosidade, ao crescimento e à qualidade física das raízes (FERNÁNDEZ-UGALDE et al., 2009). Entretanto, a mandioca é uma das culturas, onde se observa maior perda do solo (MARQUES et al., 1961), devido ao seu crescimento inicial lento, (GABRIEL FILHO et al., 2000), revolvimento do solo no plantio e na colheita (OTSUBO et al., 2002) e a exportação de solo aderido às raízes no momento da colheita (ISABIRYE et al., 2007).

Embora os preparos conservacionistas tenham sido positivamente avaliados tanto do ponto de vista ambiental e econômico como produtivo nas últimas décadas (CAVALIERI et al., 2009), esta tendência não se estendeu ou se aplicou a cultura

da mandioca, supostamente por fatores relacionados à necessidade de revolvimento no momento da colheita, não sendo possível incluí-la em sistemas de plantio direto consolidados, pelos resultados controversos sobre produtividade e qualidade física das raízes (OHIRI e EZUMAH, 1990; HULUGALLE e NDI, 1993; OLIVEIRA et al., 2001). Como o termo plantio direto é originário da tradução do inglês *no tillage*, que significa sem revolvimento, neste trabalho será adotado o termo plantio sem revolvimento do solo (PSR), para evidenciar que, é o primeiro ano de cultivo em “plantio direto” e não uma área com sistema plantio direto.

4.3 Ecofisiologia e fenologia da cultura da mandioca

A ecofisiologia é o ramo da ecologia que trata dos efeitos do ambiente sobre a produção vegetal, possibilitando o entendimento das relações e da influência que as condições de ambiente exercem fenologia da planta (LUCCHESI, 1987). De acordo com este mesmo autor os fatores ambientais temperatura, fotoperíodo, água e os fatores edáficos exercem diferentes relações com o vegetal em cada fase de desenvolvimento da planta.

A planta de mandioca apresenta cinco fases de desenvolvimento, sendo que a presença e a duração de cada fase são dependentes dos fatores ambientais, cultural ou hormonal e genético. De acordo com Viégas (1976), Conceição (1987), Ternes (2002) e Alves (2002) as cinco fases são: brotação, formação do sistema radicular, desenvolvimento da parte aérea, engrossamento da raiz e repouso fisiológico. A existência e duração destas fases são determinadas pelo genótipo da planta, pelo ambiente, e pela época de plantio.

A existência destas fases pode acontecer, segundo El-Sharkawy (2006) nas condições ambientais das latitudes 30° norte e sul, embora seu potencial seja mais bem expressado nas latitudes 15° norte e sul, devido às condições de temperatura, fotoperíodo, radiação solar e umidade favoráveis à sua máxima expressão genética.

Durante a fase de brotação, temperaturas abaixo e acima das faixas entre 12 e 17°C e 36 e 40°C, respectivamente, reduzem significativamente a taxa de brotação bem como o crescimento inicial da planta de mandioca, reduzindo ou acelerando a taxa de emissão e duração das folhas, devido à influencia nos processos fisiológicos da planta como fotossíntese, respiração e transpiração (KEATING e EVENSON, 1979; KEATING et al., 1985).

De acordo com Irikura et al. (1979) a emissão de folhas é maior sob temperaturas de 28°C, sendo que a longevidade das mesmas é maior em temperatura cerca de 20°C. Esta relação entre a temperatura e enfolhamento é importante uma vez que determina o índice de área foliar e consequentemente a taxa fotossintética da planta. Neste sentido El- Sharkawy et al. (2006) citaram que temperaturas entre 25 e 35°C são ideais para o desenvolvimento da mandioca e que extremos de temperatura acima de 50°C são mais prejudiciais que extremos inferiores 15°C.

Lowe et al. (1976) e Bolhuis (1966) citaram que o fotoperíodo afeta o processo de tuberização e a distribuição de fotoassimilados, estes autores verificaram que um período ideal de luz para esta espécie é de doze horas, pois o acréscimo de horas de luz estimula o crescimento da parte aérea em detrimento às raízes, e dias mais curtos reduzem o desenvolvimento da parte aérea e consequentemente das raízes, devido à menor produção de fotoassimilados produzidos pela parte aérea.

A maior capacidade da mandioca de acumular massa seca comparada à outras plantas cultivadas, mesmo em condições adversas de ambiente, é explicada pela sua eficiência fotossintética, a qual apresenta componentes bioquímicos de uma planta C4, embora não apresente a anatomia Kranz (EL-SHARKAWY et al., 1989). Essa eficiência é expressa através de suas características morfofisiológicas, entre as quais a presença da enzima Rubisco e pep-case, alto ponto de saturação luminosa e uso eficiente da água, sendo este último garantido pelas suas características morfológicas como sistema radicular profundo e presença de estômatos em ambas as faces do limbo foliar, além das papilas aos redor dos estômatos que controlam a perda de água (EL-SHARKAWY et al., 1989; MORAES-DALLAQUA e CORAL, 2002)

Os fatores edáficos que interagem com o vegetal podem ser classificados como químicos e físicos (SILVA et al., 2005). Como fatores físicos pode citar-se o teor de água do solo, resistência a penetração, densidade do solo e porosidade. Todos estes fatores regulam a dinâmica da água e do ar no solo controlando os processos fisiológicos da planta que determinam seu crescimento e produtividade (CAVALIERI et al., 2009).

Maduakor (1993) observou que a resistência a penetração do solo, provocou a inversão fonte dreno em plantas de mandioca, tornando a parte aérea o dreno principal. Yusuf et al. (1999) observaram que a resistência à penetração influencia negativamente o crescimento de plantas de soja, nos estádios iniciais de desenvolvimento,

embora ao final do ciclo estas plantas tenham atingido a mesma produtividade de plantas desenvolvidas em condições ideais. Dodd et al. (2008) e Whitmore e Whalley (2009) concluíram que o teor de umidade do solo influencia o balanço hormonal acarretando o fechamento estomático, e consequentemente menor desenvolvimento da planta, estas conclusões foram baseados na planta de *Helianthus annuus* no trabalho de Dodd et al. e em várias espécies, no trabalho de revisão de Whitmore e Whalley.

4.4 Análise de crescimento de plantas

Crescimento significa mudanças irreversíveis na planta ao longo do tempo, sendo que estas mudanças ocorrem geralmente em tamanho, as vezes em forma e raramente em número, e as condições de ambiente podem influenciar a magnitude do crescimento em todas as fases do ciclo (HUNT, 2003).

A quantificação deste crescimento iniciou-se a partir do século XIX contribuindo significativamente com o avanço de pesquisas nas áreas de fisiologia e ecologia vegetal, uma vez que tornou-se possível por meio de equações matemáticas explicar e interpretar o crescimento por meio da morfologia e fisiologia das diferentes partes da planta (RADFORD, 1967; HUNT, 2003).

Estas equações matemáticas se utilizam de dados primários como produção de massa de matéria seca e áreas (área ocupada pela planta e área foliar), observadas em diferentes intervalos (HUNT, 1990). A obtenção destes cálculos pode ser feita de forma clássica ou por meio da derivada das equações do acúmulo de massa de matéria seca total e área foliar ou pela relação destas últimas (HUNT, 2003).

A principal diferença entre a obtenção dos valores na forma clássica e por meio da derivada é que, a forma clássica fornece valores pontuais dos resultados, não permitindo um ajuste de curva representativa de crescimento (HUNT, 2003). Independente da forma de obtenção/representação dos parâmetros fisiológicos, estes, fornecem subsídios para a investigação da adaptabilidade de espécies à ecossistemas diversos, de efeitos de competição, de diferenças genotípicas da capacidade produtiva e da influência de práticas agronômicas sobre o crescimento (MAGALHÃES, 1986; BENINCASA, 2003).

4.4.1 Massa de matéria seca (MS)

O acúmulo de massa de matéria seca vegetal resulta do processo fotossintético capaz de fixar carbono atmosférico através da conversão da energia luminosa em energia química (TAIZ e ZEIGER, 2009). As taxas de acúmulo variam nas diferentes fases de desenvolvimento da planta e a eficiência desta conversão determina parcialmente a produtividade agrícola (GARCIA et al., 2003), posto que o carregamento dos fotoassimilados para a parte de interesse comercial é que determina de fato a produtividade agrícola (RAJCAN e TOLLENAAR, 1999; SUN et al., 2009).

Metabolicamente a fotossíntese constitui a fonte vegetal e o processo da respiração o dreno. Segundo Taiz e Zeiger (2009) o processo de respiração pode ser classificado em respiração de crescimento e manutenção, onde a respiração de crescimento é aquela necessária para suprir a energia para síntese de nova massa, enquanto a respiração de manutenção é necessária para suprir a energia que demanda os processos biológicos e bioquímicos da planta sem haver, no entanto, crescimento.

Para que a planta manifeste sua capacidade máxima de crescimento e produção de raízes, é necessário, além das condições de ambiente, que esta, apresente uma arquitetura adequada, a qual propiciará a maior interceptação da radiação disponível. Para isso a planta de mandioca deve apresentar um índice de área foliar entre 3-4 (COCK et al., 1979; BEGUM e PAUL, 2005). Estas características morfofisiológicas da planta, segundo estes autores permitem a obtenção de uma planta ideal, ou seja, capaz de produzir e distribuir massa de matéria seca pelos seus diferentes órgãos, de modo que a concentração da massa produzida seja proporcionalmente maior nas raízes tuberosas.

4.4.2 Área foliar (AF)

A AF é um dado morfológico primário, expressa a área unilateral total de uma folha ou das folhas de uma planta e sua estimativa, segundo Severino et al. (2004) é um dado importante pois permite obter índices fisiológicos que refletem sua capacidade de interceptar a luz. De acordo com Irikura (1979) e Ramanujam (1985) em mandioca a AF cresce ou decresce em virtude do número, tamanho e duração das folhas.

Segundo Irikura et al. (1979), Keating et al. (1982) e El-Sharkawy (2004) os principais fatores ambientais que determinam a redução da AF em mandioca são a déficit hídrico prolongado e temperaturas abaixo da faixa entre 18 e 20°C, além dos fatores pertinentes ao genótipo da planta (HUNT et al., 1977).

A área foliar pode ser medida por métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos são aqueles onde todas as folhas das plantas que compõe a amostra são medidas e no método indireto, apenas parte das folhas da planta são medidas sendo o total obtido pela relação entre a área medida e a massa, número ou volume das demais folhas (BENINCASA, 2003; JONCKHEERE et al., 2004).

A relação entre AF e a massa seca e a área da planta permite a obtenção de índices fisiológicos de maior complexidade, capazes de estimar o desempenho metabólico da planta. Os principais índices fisiológicos que derivam da área foliar são o índice de área foliar, razão de área foliar e taxa de assimilação líquida (BENINCASA, 2003).

4.4.3 Índice de área foliar (IAF)

De acordo com Watson (1974) o IAF é um parâmetro adimensional definido como a área total unilateral do tecido fotossintético por unidade de área da superfície do solo ocupada pela planta. O IAF é um índice dinâmico, ou seja, apresenta flutuações determinadas pela espécie, fase de desenvolvimento, condições ambientais e práticas de manejos (JONCKHEERE et al., 2004). Em geral a variação temporal do IAF aumenta até um máximo, onde permanece por algum tempo, decrescendo em seguida, devido à senescência das folhas (BENINCASA, 2003). Segundo esta mesma pesquisadora, quanto maior for a duração do IAF ideal maior será a produtividade da planta. De acordo com Irikura (1979) Ramanujam (1985) e Hunt et al. (1977) a manutenção do IAF depende do número, tamanho e duração das folhas e pode ser manejado ajustando-se à época de plantio.

Em mandioca, de acordo com Hunt et al. (1977) a tendência do IAF citado por Benincasa (2003) pode ocorrer infinitas vezes, devido ao seu ciclo de crescimento, que alterna períodos vegetativo e de repouso fisiológico, que é controlado pelo seu metabolismo e/ou pelos fatores ambientais como temperatura e água (CONCEIÇÃO, 1987).

O IAF ideal varia de acordo com a classificação vegetal, por exemplo, o IAF é de 6 a 8 para plantas de florestas decíduas, e de 2 a 4 para plantas cultivadas (BEADLE, 1993). Williams (1974), Hunt et al. (1977) e Begum e Paul (2005) observaram que para planta de mandioca o IAF ideal situa-se entre 3-4, uma vez que maiores índices podem implicar em menor eficiência fotossintética.

A menor eficiência fotossintética, em plantas de mandioca, com IAF acima de 4 é explicada pelo efeito do auto sombreamento foliar e pela competição por fotoassimilados, para crescimento e/ou manutenção de um maior volume de estruturas vegetativas, provocando a inversão fonte dreno (COCK et al., 1979; RAMANUJAM, 1985), comprometendo não só a produtividade mas também a qualidade do órgão de interesse comercial (TRIBOI E TRIBOI-BLONDEL, 2002).

4.4.4 Razão de área foliar (RAF)

A RAF é a relação entre a área foliar e a massa de matéria seca total da planta (HUNT, 2003). Segundo Benincasa (2003) a RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese e, tende a diminuir ao longo do desenvolvimento da planta. A diminuição da RAF observada ao longo do desenvolvimento da planta é explicada pelo auto sombreamento crescente, em consequência ao crescimento da planta e senescência das folhas (BENINCASA, 2003).

Através da RAF é possível observar que maiores índices de área foliar não significam maiores áreas fotossinteticamente ativa. Poorter e Remkes (1990) citaram que a RAF é um índice fisiológico determinado pela partição da massa seca na folha e pela área foliar, sendo estes dois componentes os determinantes à correlação positiva existente entre a RAF e a taxa de crescimento relativo das plantas, indicando que quanto mais rápido a planta investe seus fotoassimilados no desenvolvimento da área foliar, mais rápido ocorrerá seu crescimento e desenvolvimento como um todo.

4.4.5 Taxas de crescimento absoluto (TCA) e Relativo (TCR) e de Assimilação Líquida (TAL)

Obtem-se pela TCA a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação, sendo calculada pela diferença da massa seca produzida em um dois intervalos. Esta taxa é variável ao longo do ciclo da planta e isto pode ser atribuído aos fatores bióticos e abióticos (BENINCASA, 2003).

Segundo Hunt (2003) a TCA é a forma mais simples de obter o crescimento da planta, pois expressa o incremento total por unidade de tempo, este índice pode ser utilizado para descrever o crescimento em número de raízes ou folhas, por exemplo, entretanto a proporcionalidade deste crescimento por órgão da planta não é mensurável por este índice e sim pela taxa de crescimento relativo.

A taxa de crescimento relativo é o produto da TAL e da RAF, onde a TAL representa a taxa de carbono fixado através da fotossíntese menos a energia perdida através da respiração (POORTER e REMKES, 1990). A TCR é o índice fisiológico que expressa a eficiência do crescimento, através do acréscimo de massa por unidade de massa, permitindo uma comparação de crescimento entre órgãos da planta ou entre plantas (HUNT, 2003). Isso significa que, embora duas plantas apresentem o mesmo crescimento absoluto, a TCR pode indicar em qual parte destas plantas o crescimento foi maior, para isso é importante obter os dados da partição de massa de matéria seca da planta. Segundo Poorter e Remkes (1990) e Peixoto (1998) a TAL expressa a taxa de carbono fixado por meio da fotossíntese menos energia perdida na respiração e formação de tecidos, e é expressa por unidade de área foliar. Esta taxa tende a ser crescente, no início do desenvolvimento, e em seguida decresce devido ao sombreamento das folhas inferiores, senescência dos tecidos foliares e pela respiração de um volume crescente do vegetal (MILTHORPE e MOORBY, 1974).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo na Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP/ Campus de Botucatu (22° 49' 31" S Gr. e 48° 25' 37" O), altitude média de 770 metros e declividade de 3%. O clima da região é do tipo Cwa, caracterizado como clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso. Os dados climáticos referentes ao período de condução do experimento foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Recursos Naturais e Ciências Ambientais da FCA/UNESP, Campus de Botucatu (Figura 1).

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distrófico estruturado de textura argilosa. Antes da instalação do experimento foram determinadas nas faixas de profundidade 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m do solo, da área experimental, as características químicas, granulométricas e físicas do solo (Tabelas 1 e 2). As caracterizações química e granulométrica foram determinadas em uma única amostra composta por 18 pontos de coleta, e as médias das características físicas resultam de 18 avaliações em pontos distintos.

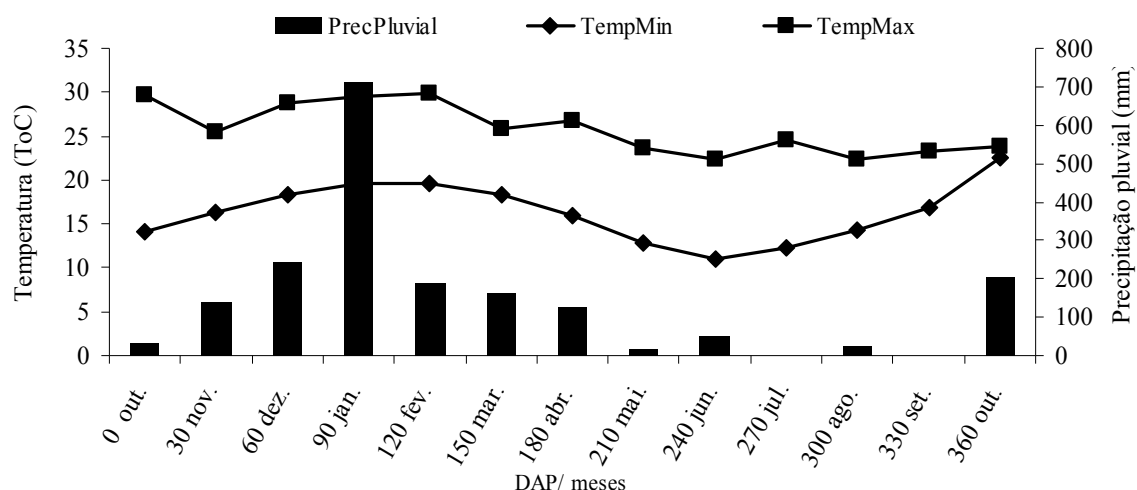


Figura 1. Médias de temperaturas máxima e mínima e precipitação pluvial acumulada, observadas de outubro de 2010 a outubro de 2011 em Botucatu, SP.

Tabela 1. Atributos químicos do solo nas faixas de profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m antes da instalação do experimento, Botucatu, SP (2010).

Faixas (m)	pH Cacl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
				-----mmolc dm ⁻³ -----							%
0-0,10	4,8	33	36	2	48	2,7	36	16	55	103	53
0,10-0,20	4,6	27	16	2	52	1,0	26	11	37	89	42
0,20-0,30	4,8	30	8	2	44	0,6	22	8	31	75	41
Faixas (m)	S		Fe		Cu		Mn		Zn		B
			-----mg dm ⁻³ -----								
0-0,10	16		25		12,2		80,3		2,84		0,4
0,10-0,20	21		23		11,9		81,8		1,82		0,4
0,20-0,30	21		26		10,5		56,2		1,04		0,26

Tabela 2. Atributos físicos do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), densidade do solo (DS), densidade das partículas do solo (DP), resistência a penetração do solo (RPS) e teor de areia, silte e argila, nas faixas de profundidade de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m antes da instalação do experimento, Botucatu, SP (2010).

Faixas Profund.	MACP	MICP	PT	DS	DP	RPS	Areia	argila	silte
(m)	-----%			g cm ⁻³	g cm ⁻³	kg cm ⁻²	----g dm ⁻³ ----		
0,0-0,10	9,82	40,02	49,83	1,32	2,69	25,67	113	630	258
0,10-0,20	8,51	40,92	49,43	1,32	2,71	27,00	109	605	287
0,20-0,30	8,53	40,30	48,83	1,38	2,61	29,50	110	630	260

5.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com seis repetições. Foram consideradas as causas de variação os tratamentos, preparos do solo, a saber: cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e plantio sem revolvimento do solo (PSR) e as doze épocas de avaliação, considerando o número de dias após o plantio (DAP): 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 360 DAP. No delineamento experimental os preparos do solo foram considerados parcelas e as épocas de avaliação as subparcelas.

As parcelas foram constituídas por nove metros de largura e por dezesseis metros de comprimento. Adotou-se o espaçamento de 0,9 m entre linhas e de 1 m entre plantas na linha, com população de 11.111 plantas ha^{-1} . As subparcelas foram constituídas por quatro plantas contíguas na linha, respeitando-se sempre a condição de bordadura, conforme a Figura 2.

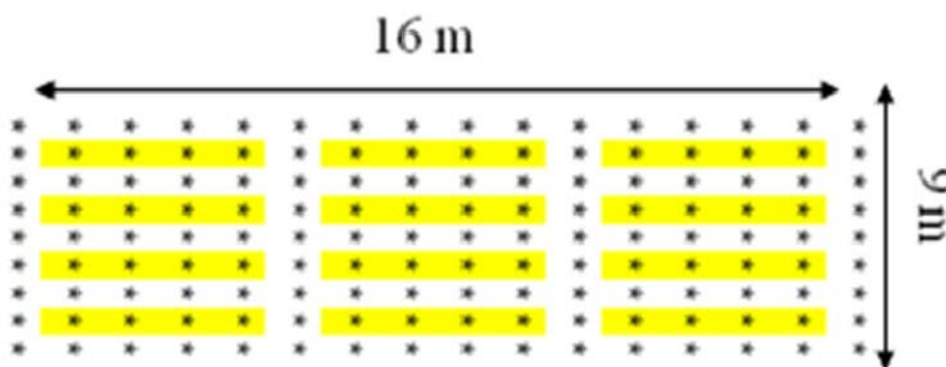


Figura 2. Esquema representativo de uma parcela e subparcelas (em destaque).

5.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi implantado em área com resteva de aveia preta, dessecada com glifosato (2.000 g ha^{-1} do i.a.). Dez dias após a dessecação da aveia foram realizados os preparos do solo da seguinte maneira:

- CM (cultivo mínimo) - duas passadas de enxada rotativa (Figura 3A);
- PC (plantio convencional) - uma passada arado de disco e duas grades niveladora (Figura 3B);
- PSR (plantio sem revolvimento) - sem utilização de implementos (Figura 3C).

O sulcamento e adubação de plantio foram realizados com plantadora-adubadora de mandioca, modelo Bazuca II, Plantcenter[®]. A profundidade dos sulcos foram de 0,10 m. A adubação de plantio foi feita com base na análise química do solo (Tabela 1) e na recomendação de Raij et al. (1996).

Durante os quatro primeiros meses de desenvolvimento da cultura foram feitas quatro capinas manuais, representando o único manejo fitossanitário aplicado durante a condução do experimento.



Figura 3. Aspecto das parcelas após a aplicação dos tratamentos, (A) CM (cultivo mínimo), (B) PC (plantio convencional), (C) PSR (plantio sem revolvimento) e (D) Vista dos três tratamentos.

5.4 Material de propagação utilizado

Utilizou-se como material vegetal de propagação, manivas-semente da cultivar de mandioca de mesa IAC 576-70, adaptada às condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo e por ser uma cultivar predominante nas áreas de plantio do Estado com grande expansão para outros Estados. As raízes desta cultivar apresentam película marrom clara, polpa amarelo claro, com textura rugosa, tendem a crescer perpendicularmente ao caule e são predominantemente cilíndricas, com comprimento e diâmetro médios, de 0,35 m e 0,05 m (LORENZI e DIAS 1993; FIGUEIREDO, 2012).

As hastes foram provenientes do terço médio da planta, com 12 meses de idade e diâmetro médio de 0,02 m. As hastes foram seccionadas produzindo manivas-sementes de 0,20 m de comprimento com pelo menos cinco gemas axilares. O plantio foi realizado aos 15 de outubro de 2010, de forma manual, com auxílio de régua espaçada de 1 m, e em seguida foram cobertas com solo utilizando-se enxada.

5.5 Cronograma das avaliações

Durante a condução do experimento as avaliações obedeceram ao seguinte cronograma (Tabela 3).

Tabela 3. Data do início, fim e duração de cada fase de desenvolvimento da planta de mandioca e avaliações realizadas em dias após o plantio (DAP) durante a condução do experimento. Botucatu, SP (2010-2011).

	Fase do Ciclo*	Início	Fim	Duração	Avaliações Planta	Avaliações Solo
				dias	-----DAP-----	
1	Brotação	15/10/10	30/10/10	15	-	-
2	Formação do sistema radicular	31/10/10	09/01/11	70	30 e 60	70
3	Desenvolvimento parte aérea	01/12/10	01/03/11	90	90 e 120	120
4	Engrossamento das raízes	02/02/11	03/05/11	90	150 e 180	
5	Repouso fisiológico	03/05/11	10/09/11	130	210, 240, 270 e 300	230 e 300
6	Início novo período vegetativo	11/09/11	15/10/11	35	330 e 360	350

* Adaptado de Viégas (1976), Conceição (1987), Ternes (2002) e Alves (2002).

5.6 Avaliações

5.6.1 Solo

As avaliações das características físicas do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, teor de água e resistência a penetração, foram realizadas aos 70, 120, 230, 300 e 350 DAP. Os resultados destas épocas de avaliação foram agrupados por meio da média, a fim de representar a condição geral do solo durante a condução do experimento.

Em cada época foram feitas três amostragens por parcela, totalizando 18 avaliações por tratamento. As avaliações foram determinadas nas faixas de profundidade de 0-0,10; 0-10-0,20; 0,20-0,30 m.

5.6.1.1 Porosidade

A porosidade do solo foi determinada em amostras indeformadas com anéis volumétricos de 100 cm³. Adotando-se o método descrito em Embrapa (1997) para determinação da microporosidade (mesa de tensão), macroporosidade e porosidade total.

5.6.1.2 Teor de água

O teor de água do solo foi determinado pelo método gravimétrico que consiste na pesagem anterior e posterior à secagem em estufa a 105°C por 24 horas de amostras deformadas acondicionados em cápsulas de alumínio (EMBRAPA, 1997).

5.6.1.3 Resistência a penetração

A resistência à penetração foi determinada com auxílio de um penetrógrafo mecânico semi-automático, marca Soil Control®, modelo SC-60, até a profundidade de 0,30 m, aplicando-se a pressão de até 50 kgf cm⁻².

5.6.2 Componentes agronômicos qualitativos e quantitativos

Os componentes agronômicos qualitativos altura de planta, número de folhas por planta, área foliar, diâmetros do caule, da cepa e da raiz e os componentes agronômicos quantitativos produtividade de massas de matéria seca da folha, do caule, da cepa e da raiz (Apêndice 1) e o índice de colheita foram avaliadas em quatro plantas por parcela em cada época de amostragem, sendo 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 360 DAP, sempre respeitando as novas condições de bordadura (Figura 2).

5.6.2.1 Altura de planta

Para avaliação da altura média das plantas, foram realizadas medições em quatro plantas. Foi considerado, o comprimento entre a região da superfície do solo e a base da inserção do broto terminal, o qual foi mensurado com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.

5.6.2.2 Número de folhas por planta

O número médio de folhas por planta foi determinado pela contagem, onde foram consideradas apenas as folhas que apresentavam ao menos 70% da superfície do limbo foliar verde.

5.6.2.3 Área foliar

A área foliar total foi feita a partir de amostragem de folhas (50 folhas por planta, sem o pecíolo), que foram submetidas ao equipamento integrador de área foliar, modelo LI 3100, LI-COR®. Em seguida estas folhas foram levadas à estufa com ventilação forçada, com temperatura de 65°C por 72 horas. De posse da massa seca das folhas amostradas e da massa seca total de limbo foliar da planta, a área foliar foi estimada a partir da relação:

$$AF (m^2) = AF_{50 \text{ folhas}} \times MSIf_{\text{total}} / MS_{50 \text{ folhas}}$$

Onde,

$AF_{50 \text{ folhas}}$: Área foliar de 50 folhas que compuseram a amostra

$MSIf_{\text{total}}$: Massa seca total do limbo foliar

$MS_{50 \text{ folhas}}$: Massa seca do limbo foliar das 50 folhas amostradas.

Quando as plantas apresentavam menos de 50 folhas fotossinteticamente ativas (com pelo menos 70% da superfície do limbo foliar verde), todas as folhas foram utilizadas para a determinação da área foliar.

5.6.2.4 Diâmetros da raiz, caule e cepa

O diâmetro da raiz foi determinado em três raízes, mais uniformes de cada uma das quatro plantas, totalizando 12 raízes, por parcela, o diâmetro foi aferido na porção central da raiz com auxílio de paquímetro digital. Aos 30 DAP, devido ao fato de não haver raízes visualmente diferenciadas, tomou-se a medição do diâmetro em três raízes basais. Aos 60 DAP, as raízes mensuradas foram aquelas da posição basal com algum espessamento em diâmetro.

O diâmetro do caule foi aferido na porção central entre a superfície do solo e a primeira ramificação com auxílio de paquímetro digital, quando a planta apresentava mais de uma haste, foram aferidos os diâmetros de todas as hastes.

O diâmetro da cepa foi determinado na região central da cepa com auxílio de paquímetro digital.

5.6.2.5 Produtividade e partição da massa de matéria seca

Em todas as épocas de avaliação a produtividade de massa de matéria seca foi determinada nas seguintes partes morfológicas da planta: folha (limbo foliar + pecíolo), caule, raiz tuberosa e cepa. Aos 30 e 60 DAP, foram consideradas a massa de matéria seca de todas as raízes fibrosas e levemente espessadas.

Após a coleta e pesagem da massa fresca total o material foi subamostrado e seco em estufa de ventilação forçada a 65°C por até 96 horas. A área de cada amostragem foi de 3,6 m² (quatro plantas contíguas por linha), respeitando sempre as novas condições de bordadura interna (Figura 2). Estes resultados foram utilizados para a estimativa da produtividade de massa de matéria seca em kg ha⁻¹.

O cálculo do percentual relativo de assimilados em relação à matéria seca total foi definido pela relação:

$$\% \text{ MS (folha, caule, parte aérea, cepa, raiz)} = (\text{MS do órgão} / \text{MS total}) \times 100$$

5.6.2.6 Índice de Colheita (IC)

O índice de colheita (IC) foi calculado através da relação entre a massa de matéria seca das raízes e a massa de matéria seca total da planta. Cálculo do IC:

$$\text{IC (\%)} = (\text{MSr} / \text{MS}_t) \times 100$$

Onde,

MSr: Massa de matéria seca das raízes

MS_t: Massa de matéria seca total.

5.6.3 Índices Fisiológicos

Para o cálculo dos índices fisiológicos, a massa de matéria seca total aos 30 e 60 DAP não considerou a massa da matéria seca da maniva-semente, visto que a massa desta parte da planta começa a apresentar incremento de matéria seca a partir de 90 DAP.

5.6.3.1 Índice de área foliar (IAF)

Para determinação do IAF, a área foliar foi determinada conforme o item 5.6.2.3, em seguida calculou-se o índice de área foliar através da seguinte equação:

$$\text{IAF} = \text{AF}/\text{S}$$

Onde,

AF: Área foliar fotossinteticamente ativa da planta (m²)

S: Superfície do solo ocupada pela planta (0,9 m²)

5.6.3.2 Razão de área foliar (RAF)

A RAF foi determinada pela relação entre a área foliar média de uma planta e a massa de matéria seca da total da planta, mediante a seguinte equação:

$$\text{RAF (m}^2 \text{ kg}^{-1}\text{)} = \text{AF} / \text{MSt}$$

Onde,

AF: Área foliar da planta (m²)

MSt: Massa de matéria seca total da planta (kg)

5.6.3.3 Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A TCA foi obtida pela diferença da massa de matéria seca entre uma coleta e outra, e foi calculada através da seguinte equação:

$$\text{TCA (kg dia}^{-1}\text{)} = \text{Mst}_2 - \text{Mst}_1 / \text{T}_2 - \text{T}_1$$

Onde,

Mst: Massa de matéria seca total da planta (kg)

T: Tempo (dias)

1 e 2: Amostras sucessivas (intervalo de 30 dias)

5.6.3.4 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A TCR foi obtida pela diferença do logaritmo neperiano da massa de matéria seca, entre uma coleta e outra e foi calculada através da seguinte equação:

$$\text{TCR (kg kg}^{-1}\text{dia}^{-1}) = \text{LnMst}_2 - \text{LnMst}_1 / T_2 - T_1$$

Onde,

Ms_t: Massa de matéria seca total da planta (kg)

Ln: Logaritmo neperiano

T: Tempo (dias)

1 e 2: Amostragens sucessivas (intervalo de 30 dias)

5.6.3.5 Taxa de assimilação líquida (TAL)

A TAL foi obtida pelo produto entre a TCA e o logaritmo neperiano da área foliar de duas amostragens consecutiva dividida por duas amostragens da área foliar consecutiva, e foi calculada através da seguinte equação:

$$\text{TAL (kg m}^{-2}\text{ dia}^{-1}) = (((\text{MSt}_2 - \text{MSt}_1) / (30)) \times ((\text{Ln AF}_2 - \text{Ln AF}_1) / (\text{AF}_2 - \text{AF}_1)))$$

Onde,

Ms_t: Massa de matéria seca total da planta (kg)

Ln: Logaritmo neperiano,

AF: Área foliar da planta (m²)

T: Tempo (dias)

1 e 2: Coletas sucessivas.

5.7 Análises estatística

5.7.1 Solo

Os resultados das características físicas do solo foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade de erro pelo teste F, sendo os tratamentos comparados pelo teste de t a 5% de probabilidade de erro. Adicionalmente, estes parâmetros foram correlacionados entre si por meio do coeficiente de correlação de Pearson.

5.7.2 Componentes agronômicos qualitativos e quantitativos

Os resultados dos componentes agronômicos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade de erro pelo teste F, sendo os tratamentos comparados pelo teste de t a 5% de probabilidade e as épocas de avaliação (30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360 DAP) por regressão, a escolha das curvas de

regressão foi feita através do ajuste do melhor R^2 . As diferenças entre os tratamentos foram representados através do DMS, nos mesmos gráficos da regressão através das barras verticais. Este mesmo resultado foi apresentado na forma de tabela na seção apêndice.

Adicionalmente, os componentes agronômicos qualitativos e quantitativos foram correlacionados entre si e com os parâmetros citados nos itens 5.7.1 e 5.7.3 por meio do coeficiente de correlação de Pearson.

5.7.3 Índices fisiológicos

Os resultados dos índices fisiológicos não foram submetidos a análise estatística por se tratarem de variáveis calculadas (BANZATTO e KRONKA, 1989). Estes resultados representam a média dos tratamentos de cada época de avaliação e foram representados em gráficos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Solos

As características físicas do solo macroporosidade, porosidade total e resistência a penetração foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos em cada faixa de profundidade do solo (Tabelas 4 e 5), verificando-se que em curto prazo os preparos do solo promoveram diferentes influências nos agregados do solo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância dos parâmetros relacionados às características físicas do solo (média de cinco avaliações): macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água do solo (TAS) e resistência a penetração do solo (RP).

F. variação	GL	MACP	MICP	PT	TAS	RP
Fc (Preparos do solo)	2	82,3 ^{**}	1,4 ^{ns}	11,9 ^{**}	0,04 ^{ns}	587,6 ^{**}
CV(%)		8,2	1,6	1,5	20,4	5,1
Média		4,8	42,5	47,3	28,3	20,9
DMS		0,5	0,8	0,8	3,8	1,2

^{**} e ^{ns} Significativo a 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

A porcentagem de macroporos foi significativamente influenciada pelos tratamentos nas diferentes faixas de profundidade do solo. Observou-se no PC e PSR a maior porcentagem de macroporos (Tabela 5). Na faixa de 0,10-0,20 m a maior porcentagem de macroporos, observada no PSR, segundo Derpsch et al. (1991) e Merten e Mielniczuk (1991) é atribuída ao não revolvimento do solo, menor tráfego de máquinas e a formação de canais biológicos criados pela fauna do solo e pelas raízes.

Tabela 5. Média da porcentagem de macro e microporosidade e porosidade total do solo durante a condução do experimento. Média de cinco épocas de avaliação amostradas em diferentes preparos, cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e plantio sem revolvimento do solo (PSR) e faixas de profundidade do solo, Botucatu, SP (2010-2011).

Prof. (m)	Macroporosidade (%)			Microporosidade (%)			Porosidade total (%)		
	CM	PC	PSR	CM	PC	PSR	CM	PC	PSR
0,0-0,10	5,9 b	6,9 a	6,4 b	41,8 a	42,1 a	41,6 a	48,2 a	48,4 a	48,4 a
0,10-0,20	3,1 c	4,8 b	5,5 a	43,0 a	42,3 a	42,3 a	46,1 b	47,0 a	47,8 a
0,20-0,30	2,5 c	4,6 a	3,5 b	43,3 a	42,7 a	43,3 a	45,7 a	47,3 a	46,8 a
Média	3,8 c	5,5 a	5,1 b	42,7 a	42,3 a	42,4 a	46,7 b	47,6 a	47,7 a
C.V. (%)		8,22			1,56			1,45	

Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

A porcentagem de microporos não foi influenciada pelos preparos do solo. Na Tabela 5 observa-se que este parâmetro foi crescente em função da profundidade do solo o que, indiretamente mostra que as camadas mais profundas do solo apresentam maior capacidade de retenção de água no solo (HORN et al., 1994).

A porosidade total do solo, neste experimento, foi constituída por maior e menor porcentagem de micro e macroporos respectivamente, e a porosidade total do PC não diferiu estatisticamente do PSR (Tabela 5). O CM foi o preparo do solo que apresentou menor porosidade total, na média das três faixas de profundidade (Tabela 5). A menor porosidade total no CM é explicada pela diferença significativa na faixa de profundidade de 0,10-0,20 m, a qual ocorreu devido a menor porcentagem de macroporos, o que é comprovado pelo coeficiente de correlação negativo entre macro e microporos (Tabela 7).

Ao considerar a condição inicial do solo (Tabela 2) e a ausência de diferenças significativa na porosidade total, entre os tratamentos, nas faixas de profundidade 0-0,10 e 0,20-0,30 m, constata-se que o PSR apresentou maior estabilidade dos agregados na superfície e subsuperfície do solo, possivelmente pela cobertura morta presente no solo durante os quatro primeiros meses de desenvolvimento da cultura (GABRIEL FILHO et al., 2000) e pela ausência do tráfego de máquinas no momento do preparo do solo (FASINMIRIN e REICHERT, 2011).

O teor de água no solo não diferiu significativamente entre os tratamentos (Tabelas 5 e 6). Esse resultado está de acordo com os obtidos por outros pesquisadores que também não obtiveram diferenças na retenção e no teor de água do solo

de água do solo em áreas cultivadas com mandioca e submetidos a diferentes tipos de preparo (GABRIEL FILHO et al., 2000; CAVALIERI et al., 2006).

Tabela 6. Média do teor de água e resistência a penetração do solo durante a condução do experimento. Média de cinco épocas de avaliação amostradas em diferentes preparos cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR) e faixas de profundidades do solo, Botucatu, SP (2010-2011).

Prof. (m)	Teor de água no solo (%)			Resistência a penetração (Kgf cm ⁻²)		
	CM	PC	PSR	CM	PC	PSR
0,0-0,10	27,5 a	28,5 a	30,1 a	17,4 b	10,7 c	24,5 a
0,10-0,20	26,7 a	26,6 a	27,9 a	21,5 b	14,9 c	27,1 a
0,20-0,30	31,4 a	28,9 a	27,7 a	21,7 b	20,0 c	30,4 a
Média	28,5 a	28,0 a	28,4 a	20,2 b	15,2 c	27,3 a
C.V.(%)	20,38			5,11		

Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade (p<0,05).

O parâmetro resistência a penetração variou entre os tratamentos em todas as faixas de profundidade do solo (Tabela 6). Ao analisar as Tabelas 5 e 6 observa-se que o aumento da resistência a penetração foi consequência da redução da porosidade total. Conforme citado anteriormente, a diferença entre os tratamentos observada no parâmetro porosidade total foi condicionada pela porcentagem de macroporos, o que permite concluir que a redução da macroporosidade é um dos fatores que contribui com o aumento da resistência a penetração do solo.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água no solo (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS).

	MACP	MICP	PT	TAS	RPS
MACP	1.0	-.51*	.71**	.24	.31
MICP		1.0	.16	-.06	-.06
PT			1.0	.38	-.52*
TAS				1.0	.19

*, ** significativos a 5%, 1%, respectivamente pelo teste t.

6.2 Componentes agronômicos

Todos os componentes agronômicos qualitativos foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 8) e ajustaram-se a diferentes modelos de crescimento.

Tabela 8. Resumo da análise de variância dos componentes agrônômicos qualitativos, altura de planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), diâmetros do caule (DC), da cepa (DCP) e da raiz (DR) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 avaliadas em doze épocas (sub-parcelas) em três preparos do solo (parcela): cultivo mínimo, plantio convencional e plantio sem revolvimento do solo.

F. variação	GL	AP	NF	AF	DC	DCP	DR
Fc Parcela (Preparos do solo)	2	13,52**	30,62**	14,63**	2,12*	0,83*	2,83*
Fc Sub-parcela (épocas de avaliação)	11	700,29**	3252,7**	634,7**	62,30**	50,82**	521,62**
Fc Parc. x Sub-parc.	22	2,31**	11,81**	1,95**	2,0**	1,2 ^{ns}	0,67 ^{ns}
CV(%)Parcela		14,5	7,42	9,24	28,09	12,43	10,34
CV(%)Sub-Parcela		7,1	6,0	15,9	17,34	10,81	9,69
Média		1,3	107,7	122,1	0,02	0,04	0,029
DMS		0,12	8,2	23,41	0,0024	0,0035	0,005

**, *, ^{ns} Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

As plantas desenvolvidas sob diferentes preparos tiveram o mesmo modelo de crescimento em altura, caracterizado por um crescimento inicial exponencial até os 150 DAP, seguido por uma estabilização até 360 DAP (Figura 4). Este modelo de crescimento ocorre por que, a princípio, o crescimento em altura é o evento morfológico mais acentuado até o início da fase de engrossamento das raízes (ALVES, 2002).

A altura de planta foi influenciada pelos tratamentos a partir dos 120 até 330 DAP, onde as plantas sob PSR expressaram menor crescimento. Nestas épocas constatou-se que as plantas sob PSR foram aproximadamente 0,18 m menores que as plantas sob PC e CM. Aos 120, 180, 210, 240, 270 DAP as plantas desenvolvidas sob o CM e PC apresentaram maiores alturas sem diferença significativa entre si.

Baseado na correlação negativa entre a altura de plantas e a resistência a penetração do solo, é possível inferir que esta característica física do solo limita o crescimento em altura de plantas de mandioca. Este resultado corrobora aqueles obtidos por Jones et al. (1969), Oliveira et al. (2001) e Bayhan et al. (2002), estes autores citaram que plantas de milho, mandioca e girassol desenvolvidas sob plantio direto, cujo solo foi caracterizado principalmente pela maior resistência a penetração do solo, apresentaram menores alturas de plantas.

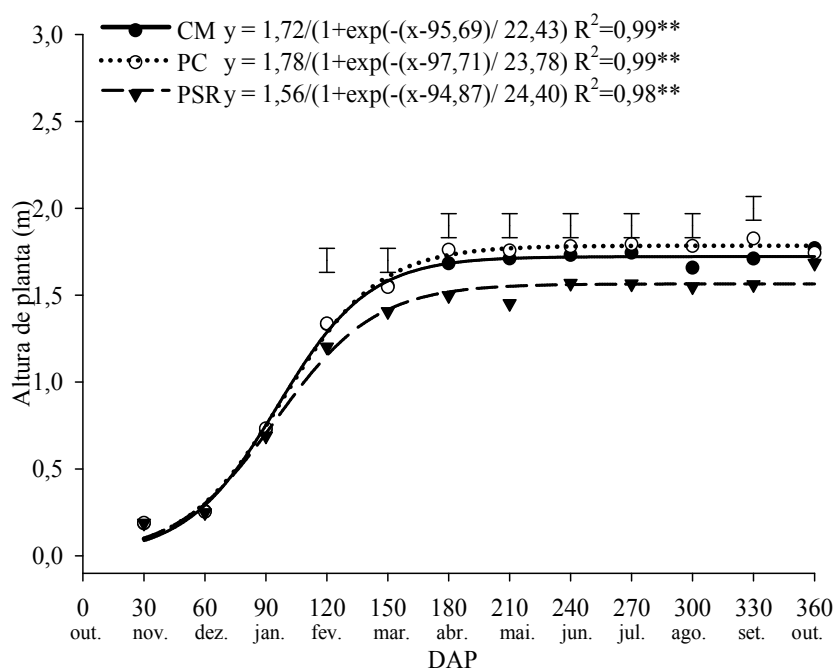


Figura 4. Altura de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ******significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

Apesar da ausência de diferenças entre os tratamentos no teor de água do solo (Tabelas 4 e 6), observa-se que no PSR houve um maior teor de umidade na faixa de 0,0-0,10 m. O teor de água segundo Williams (1972) influencia a atividade meristemática e o crescimento em altura de plantas de mandioca. Embora estas informações pareçam contraditórias, já que as plantas sob PSR apresentaram menor altura, o maior teor de água na superfície do solo, associado à maior resistência a penetração neste tratamento, pode ter induzido ao menor desenvolvimento das raízes fibrosas em quantidade e em profundidade, conforme demonstrado por Alameda et al. (2012) em plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*), fazendo com que, em momentos de déficit hídrico a atividade meristemática destas plantas tenha sido mais afetada que as demais, esta hipótese pode ser verdadeira devido a correlação negativa entre a altura de plantas e o teor de água do solo (Tabela 9).

Tabela 9. Coeficientes de correlação de Pearson entre os componentes agronômicos qualitativos, altura de planta (AP), número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), diâmetros do caule (DC), da cepa (DCP) e da raiz (DR) e as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS), e os

	AP	NF	AF	DC	DCP	DR
MACP	-.46	-.81**	-.57*	-.19	.05	.25
MICP	.02	.04	.15	.31	.26	-.04
PT	-.71**	-.82**	-.57*	.09	.32	.11
TAS	-.54*	-.11	.55*	.12	.14	-.15
RPS	-.69**	-.18	-.25	.01	.14	-.23
AP	1.00	.40	.37	-.28	-.41	.25
NF		1.00	.51*	-.04	-.29	-.34
AF			1.00	.13	.09	-.11
DC				1.00	.91**	-.50*
DCP					1.00	-.39

*, ** significativos a 5%, 1%, respectivamente pelo teste t.

Em todos os tratamentos o número de folhas aumentou desde a emergência da cultura até 180 DAP, no período de 180 a 270 DAP as reduções da precipitação pluvial e da temperatura do ar, determinaram o início da fase de repouso fisiológico (HUNT et al., 1977), marcado pela senescência e abscisão foliar (PERESSIN et al., 1998). A emissão de folhas iniciou novamente depois dos 270 DAP, porém em taxas menores que na fase inicial do ciclo (Figura 5).

O número de folhas foi influenciado pelos tratamentos a partir de 120 DAP. Plantas sob PSR mostraram, na maior parte das épocas avaliadas, menor número de folhas. Embora não tenha ocorrido diferença no teor de água do solo entre os tratamentos, observa-se na Figura 5 que a redução do número de folhas das plantas sob PSR aos 180 DAP foi acentuada, indicando mais uma vez, que o metabolismo das plantas sob PSR, relacionadas ao balanço hídrico, podem ter sido afetado devido ao menor desenvolvimento, em quantidade e profundidade das raízes fibrosas, conforme demonstrado por Alameda et al. (2012) em plantas de tabaco.

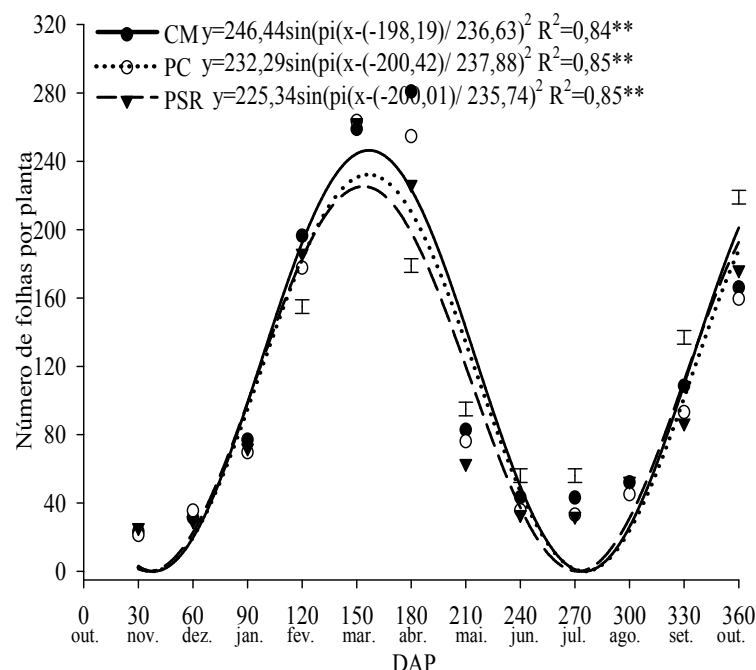


Figura 5. Número médio de folhas por planta de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

Assim como o número de folhas, a área foliar das plantas de mandioca comportou-se de forma sazonal (Figura 6), explicando a correlação positiva existente entre estes parâmetros (Tabela 9). De acordo com Schons et al. (2007) a relação entre número de folhas e área foliar resulta no crescimento e desenvolvimento da planta uma vez que, morfológicamente, as folhas são responsáveis pela interceptação da radiação solar, pela fotossíntese, e consequentemente pelo rendimento da cultura.

A área foliar diferiu entre os tratamentos aos 120, 150, 180, 330 e 360 DAP. Aos 120 DAP, observou-se maior área foliar nas plantas cultivadas sob PSR, sendo esta tendência mudada a partir de 150 DAP quando estas plantas passaram a apresentar menor área foliar. Estes resultados podem ser um indicativo do efeito compensatório citado por Yusuf et al. (1999) para plantas de soja, cujo crescimento em solo caracterizado pela maior resistência a penetração, definiu o maior crescimento vegetativo inicial, retardamento do início de enchimento de grãos e ausência de diferenças na produtividade de grãos. Segundo Irikura et al. (1979) e Ramanujam (1985) o coeficiente de correlação positivo entre a área foliar e o teor de água do solo (Tabela 9) é um

indicativo de que a água disponível favorece o número, o tamanho e a duração das folhas e consequentemente a área foliar.

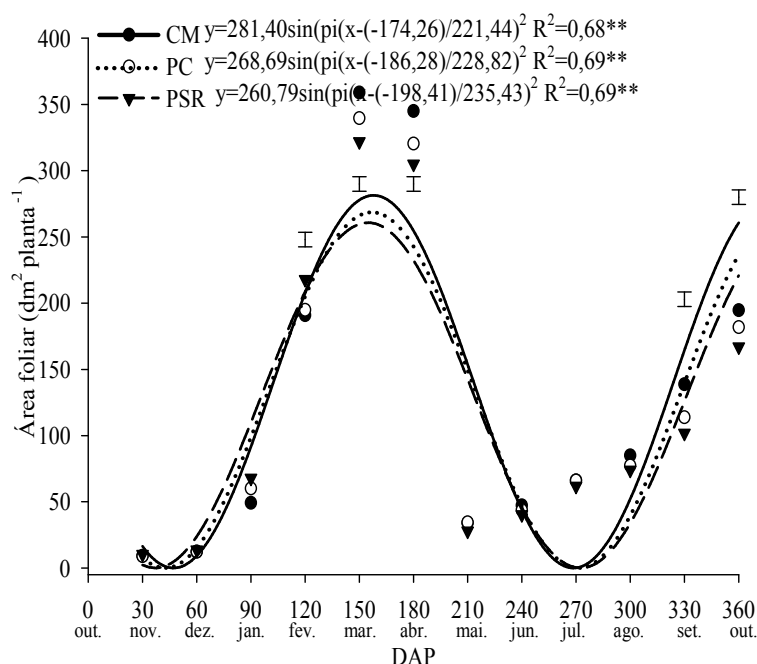


Figura 6. Área foliar de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ****** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

O crescimento em diâmetro do caule iniciou-se com maior intensidade aos 60 DAP ocorrendo até 150 DAP. Houve redução no diâmetro do caule, no período entre 300 e 330 DAP (Figura 7). A paralisação do crescimento em diâmetro aos 120 DAP ocorreu devido ao encerramento da fase de crescimento da parte aérea e início da fase de engrossamento das raízes, o que justifica a correlação negativa com o crescimento em diâmetro das raízes (Tabelas 3 e 9). A redução observada aos 300 e 330 DAP, que ocorreu no final da fase de repouso fisiológico e início do novo período vegetativo, pode indicar uma remobilização de fotoassimilados, então, armazenados neste órgão. Diferenças entre os tratamentos ocorreram aos 120, 150, 330 e 360 DAP, onde os menores diâmetros de caule foram observados nas plantas desenvolvidas sob PC e PSR.

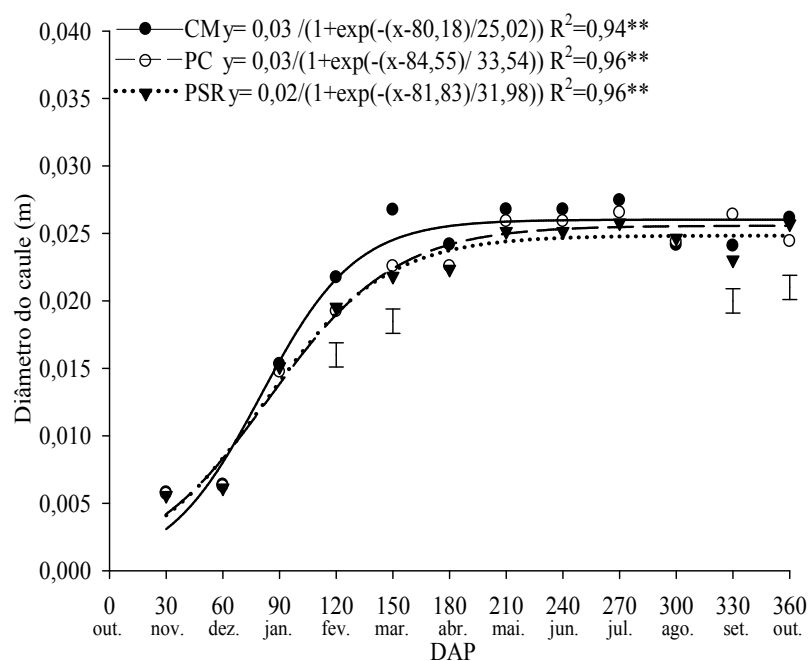


Figura 7. Diâmetro do caule de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ****** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

O diâmetro da cepa foi expressivamente crescente do plantio até 240 DAP, com um período de estabilização e redução entre 270 e 300 DAP e novo crescimento aos 330 DAP (Figura 8). Este rápido crescimento inicial ocorre devido ao fato de que, inicialmente esta parte da planta forma um novo tecido lignificado e ocorre o aumento do fluxo de fotoassimilados entre a parte aérea e a raiz (HUNT et al., 1977; ALVES, 2012). A estabilização e redução no diâmetro entre 270 e 330 DAP podem ser um indicativo da remobilização de fotoassimilados para o novo período de crescimento vegetativo, o que poderia ser confirmado pelo acúmulo de massa seca desta parte da planta.

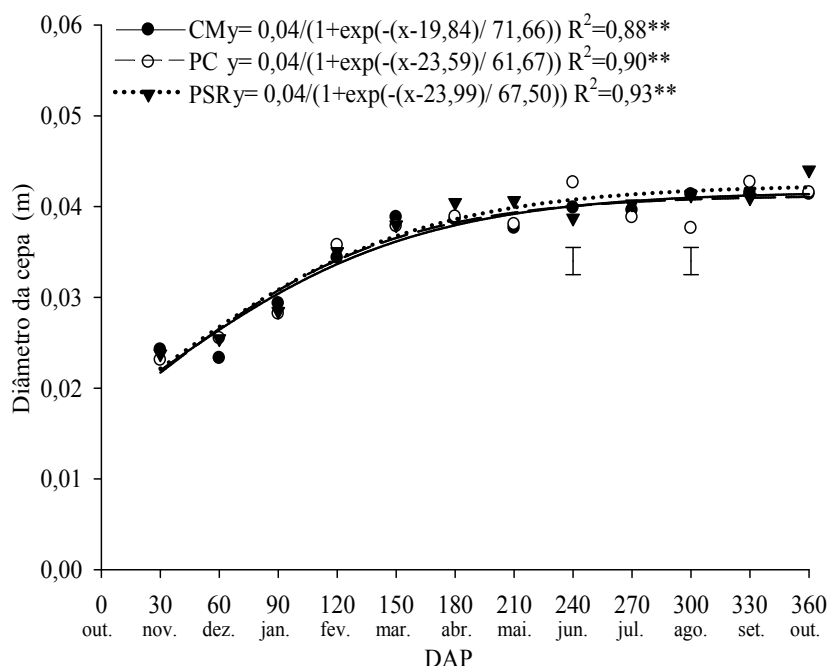


Figura 8. Diâmetro da cepa de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

Os menores diâmetros de cepa foram observados aos 240 DAP nas plantas sob PSR e aos 300 nas plantas sob PC. Este parâmetro não correlacionou-se com as características físicas do solo (Tabela 9), entretanto correlacionou-se com o diâmetro do caule, indicando que o padrão de crescimento deste órgão assemelhe-se à parte aérea, embora seja uma parte subterrânea da planta (Tabela 9 e Figura 8).

Constata-se na Tabela 9 que resistência a penetração do solo, porosidade total e macroporosidade correlacionaram-se positivamente com a área foliar, número de folhas e altura de plantas, evidenciando que o crescimento da parte aérea é melhor expresso pela altura de planta, número de folhas e a área foliar, sendo os diâmetros do caule e da cepa pouco relevantes para estimativa do crescimento da parte aérea.

Com relação às raízes tuberosas o aumento expressivo em diâmetro ocorreu desde os 60 DAP até 210 DAP, época que marca o início do repouso fisiológico das plantas (Figura 9). A redução da taxa de crescimento do diâmetro a partir de 180 DAP é explicada pela redução de fotoassimilados produzidos pela parte aérea, devido às condições ambientais relacionadas à redução de temperatura e precipitação pluvial bem

como a redução do fotoperíodo (BOLHUIS, 1966; LOWE et al., 1976), que ocorre nos dias mais frios do ano.

Observou-se diferenças entre os tratamentos aos 210 e 240 DAP, quando as raízes das plantas sob o PC apresentaram maior diâmetro, sem diferenças entre CM e PSR. Verifica-se que, embora não se correlacione com a resistência a penetração do solo, o diâmetro das raízes tuberosas é mais sensível à esta característica do solo do que os demais componentes de produção de mandioca, como número e comprimento de raízes, os quais, cronologicamente, são definidos antes do diâmetro e não são influenciados pelas condições edáficas físicas do solo (FIGUEIREDO, 2014).

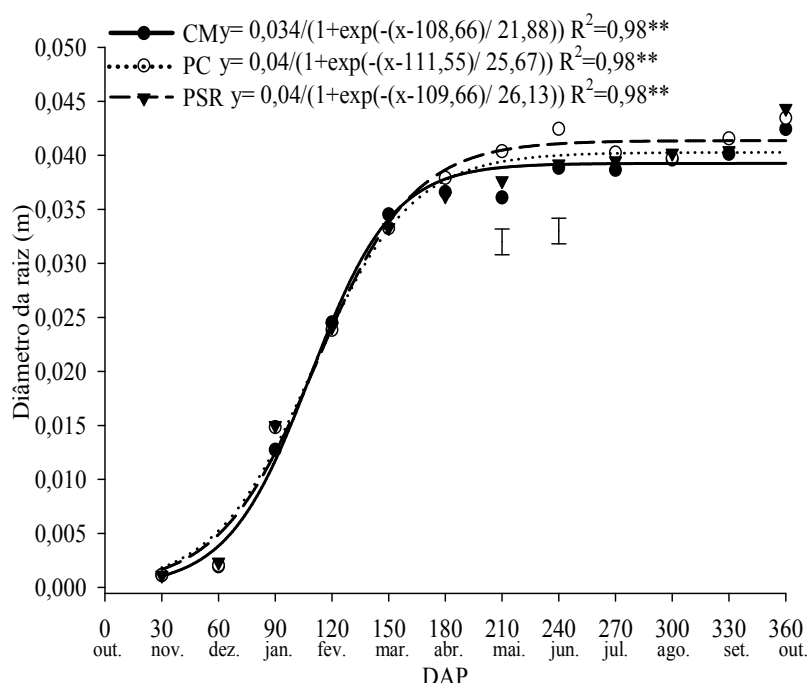


Figura 9. Diâmetro de raízes de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

O acúmulo de massa de matéria seca da folha (limbo foliar + pecíolo), caule, cepa e raiz foram influenciados pelos fatores de variação e ajustaram-se a diferentes modelos de curvas de regressão (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância dos parâmetros agrônômicos quantitativos massas de matéria seca de folha (limbo foliar+pecíolo) (MSF), de caule (MSC), de raiz (MSR), da cepa (MSCP) e total (MST) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 ao longo de doze meses (sub-parcelas) em três preparos do solo (parcela): cultivo mínimo, plantio convencional e plantio sem revolvimento.

F. variação	GL	MSF	MSC	MSR	MSCP	MST
Fc Parcela (Preparos do solo)	2	26,9**	221,7**	4,6*	132,2**	0,7 ^{ns}
Fc Sub-parcela (Épocas de avaliação)	11	8888,9**	1942,0**	255,3**	1178,9**	448,6**
Fc Parc. x Sub- Parc.	22	18,2**	23,6**	1,8*	11,6**	0,1 ^{ns}
CV(%)Parcela		4,4	7,5	23,9	4,3	9,6
CV(%)Sub-Parcela		4,7	6,3	18,7	5,2	11,8
Média		1071,2	2294,4	8670,2	105,4	13287,4
DMS		62,1	181,6	1998,2	2,9	1923,8

**, * e ^{ns} Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

Em todos os tratamentos a produtividade média da massa de matéria seca da folha aumentou desde a emergência da cultura até os 180 DAP. No período de 180 a 270 DAP como houve redução na média da precipitação pluvial e na temperatura do ar, a cultura entrou na fase de repouso fisiológico e a massa de matéria seca de folhas diminuiu, devido a senescência e abscisão foliar (PERESSIN et al., 1998) (Figuras 1 e 10). A massa de matéria seca foliar aumentou novamente a partir dos 270 DAP, quando houve aumento na temperatura mínima do ar e a cultura reiniciou a emissão de novas folhas.

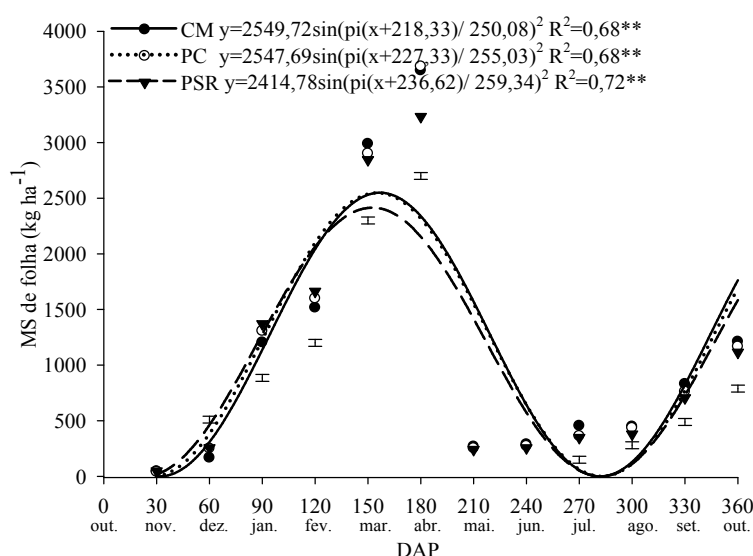


Figura 10. Massa de matéria seca (MS) de folha (limbo foliar + pecíolo) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do

solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). **significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

Na maior parte das épocas de avaliação a massa de matéria seca foliar foi maior nas plantas desenvolvidas sob CM e PC, mas especialmente aos 180 DAP, quando, nesses tratamentos foram muito superior a do PSR (Figura 10), o que indica que no PSR houve antecipação dos efeitos da fase de repouso fisiológico como redução da taxa de emissão de folhas novas e abscisão das folhas já existentes (PERESSIN et al., 1998).

A produtividade de massa de matéria seca no caule das plantas de todos os tratamentos foi pequena até os 90 DAP, aumentando a partir dessa época até os 300 DAP, para depois se estabilizar até o final do ciclo (Figura 11). A partir de 150 DAP, ou seja, da fase de engrossamento de raízes (Tabela 3), verifica-se que nas plantas cultivadas sob PSR a massa de matéria seca de caule foi maior cerca de 11% maior que nas plantas sob PC e CM (Figura 11).

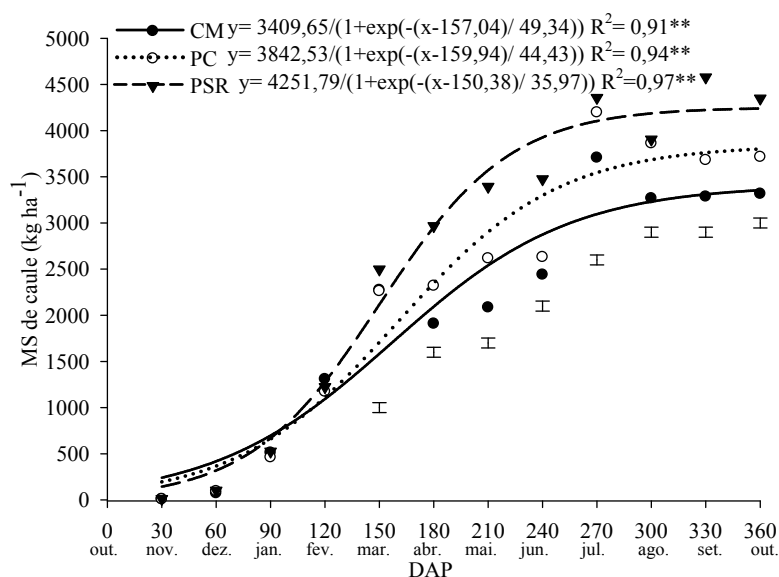


Figura 11. Massa de matéria seca (MS) de caule de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS a 5% de probabilidade pelo teste t.

A tendência de acumular maior massa de matéria seca na parte aérea de plantas de mandioca foi observada por Hunt et al. (1977), estes pesquisadores citaram que maiores teores de umidade e fertilidade do solo determinam a fixação de

massa de matéria seca em ordem decrescente nos seguintes órgãos da planta: caule, cepa e raízes. A correlação positiva entre a massa de matéria seca da parte aérea com a resistência a penetração do solo (Tabela 11) permitem acrescentar aos itens citados por Hunt, a resistência a penetração do solo como um fator edáfico que determina a maior fixação de massa de matéria seca na parte aérea, mais especificamente no caule e na cepa.

Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson entre e os componentes agrônômicos quantitativos massas de matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), de parte aérea: folha + caule (MSPA), da cepa (MSCP), da raiz (MSR) e total (MST) e as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), teor de água (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS),

	MSF	MSC	MSPA	MSCP	MSR	MST
MACP	-.11	-.11	.90**	.93**	-.71**	-.37
MICP	.27	-.27	-.29	-.38	-.30	.11
PT	-.03	-.03	.84**	.75**	-.55*	-.31
TAS	-.00	-.01	.33	.20	-.13	.00
RPS	-.10	-.10	.54*	.36	-.12	-.15
MSF	1.00	.01	-.20	-.29	.03	-.22
MSC		1.00	-.20	-.29	.03	-.22
MSPA			1.00	.94**	-.61**	-.23
MSCP				1.00	-.70**	-.35
MSR					1.00	.82**

**, * significativos a 1% e 5%, respectivamente pelo teste t.

O aumento da massa de matéria seca na cepa iniciou-se a partir de 60 DAP, indicando que, nesta fase já existia saldo positivo de fotoassimilados, já que inicialmente, no período de brotação e início da fase de formação do sistema radicular, esta parte da planta tende a perder massa seca, por constituir a principal fonte de reserva da planta (HUNT et al., 1977). Diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas a partir de 180 DAP, onde as maiores produtividades foram observadas nas plantas sob PSR (Figura 12).

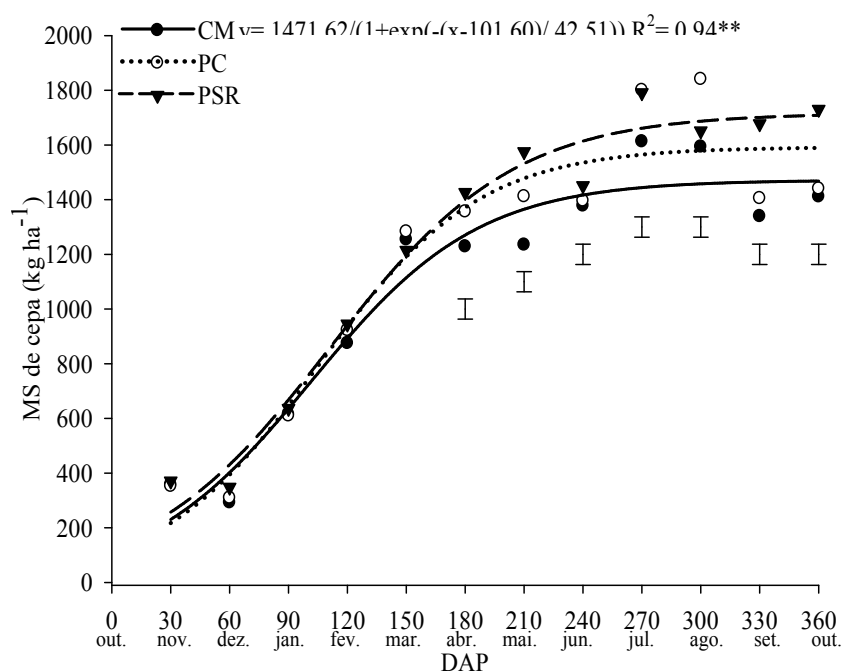


Figura 12. Massa de matéria seca (MS) da cepa da mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS de probabilidade pelo teste t.

A massa de matéria seca da cepa apresentou as mesmas correlações significativas que a massa de matéria seca da parte aérea (Tabelas 11 e 12), estes resultados, permitem, mais uma vez, concluir que esta parte da planta, embora esteja na mesma posição geográfica das raízes (subterrânea), se comporta como a parte aérea.

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson entre componentes agronômicos qualitativos altura de planta (AP), número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), diâmetros do caule (DC), da cepa (DCP), da raiz (DR) e os componentes agronômicos quantitativos massas de matéria seca de folha (MSF), de caule (MSC), de parte aérea (MSPA), de cepa (MACP), da raiz (MSR) e total (MST).

	AP	NF	AF	DC	DCP	DR
MSF	.07	.11	.19	-.01	.06	-.00
MSC	.07	.11	.19	-.01	.06	-.00
MSPA	-.64**	-.79**	-.73**	-.14	.04	.14
MSCP	-.52*	-.84**	-.63**	-.05	.14	.14
MSR	.49*	.61**	.20	.02	-.25	-.17
MST	.42	.32	-.10	-.34	-.55*	.07

**, * significativos a 1%, 5%, respectivamente pelo teste t.

Em todos os tratamentos a massa de matéria seca de raízes foi pequena até os 90 DAP, após esse período, o acúmulo de massa de matéria seca intensificou-se até os 210 DAP, quando a cultura entrou na fase de repouso fisiológico (Figura 13, Tabela 3). A produtividade de massa de matéria seca de raízes foi significativamente diferente entre os tratamentos a partir dos 210 DAP. De forma geral as plantas desenvolvidas sob PSR apresentaram menor produtividade de raízes, não diferindo do PC aos 300 DAP, nas demais épocas de avaliação as plantas sob CM e PC apresentaram maior produtividade de massa de matéria seca de raiz (Figura 13). Aos 210, 330 e 360 DAP a produtividade de massa de matéria seca nas raízes de plantas sob PSR foi cerca de 2000 kg ha⁻¹ menor do que nos demais preparos do solo.

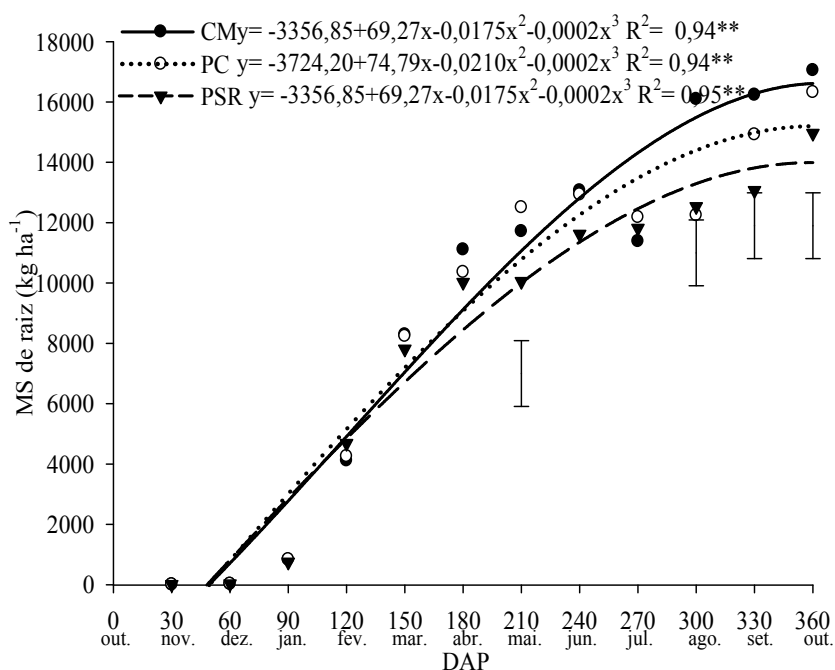


Figura 13. Massa de matéria seca (MS) de raízes tuberosas de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade.

O esquema de desenvolvimento da planta de mandioca proposto por Viégas (1976), Conceição (1987), Ternes (2002) e Alves (2002) sugere que a fase de engrossamento de raízes ocorre preponderantemente durante 90 dias. De acordo com a Figura 13 o acúmulo de amido, iniciou-se a partir de 60 DAP, mostrando que na fase de desenvolvimento da parte aérea a planta de mandioca já produz excedente de

fotoassimilados que são translocados para as raízes, induzindo o seu crescimento em diâmetro (Figura 9).

De acordo com Figueiredo (2012) o espessamento das raízes ocorre devido ao crescimento secundário, que inicia-se aos 15 DAP, entretanto entre 30 e 60 DAP é que a estrutura secundária é, de fato, estabelecida. Segundo esta mesma autora, nesta época as raízes são constituídas por periderme formada por súber, felogênio e feloderme, floema secundário, câmbio vascular e xilema secundário. Nesta fase a periderme constitui o novo tecido de revestimento das raízes e, o xilema secundário produzido é composto por maior quantidade de células parenquimáticas, poucos elementos de vaso e nenhuma célula do tipo fibra. Estas observações, juntamente com os resultados obtidos neste trabalho corroboram os obtidos por Ramanujam (1985), que citou que a raiz apresenta duas fases de crescimento: a tuberização e o engrossamento. A fase de tuberização caracteriza-se pela diferenciação de algumas raízes fibrosa em tuberosa e ocorre entre o primeiro e segundo mês de desenvolvimento e o engrossamento das raízes que ocorre do terceiro mês até a colheita.

O acúmulo de massa de matéria seca total foi influenciado apenas pela época de avaliação, sendo o índice de colheita (IC) influenciado pelos tratamentos e época de avaliação (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise de variância da massa de matéria seca total (MST) e índice de colheita (IC) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 avaliadas por doze meses (sub-parcelas) em três preparos do solo (parcela): cultivo mínimo, plantio convencional e plantio sem revolvimento.

Variação	GL	MST (kg ha⁻¹)	IC
Fc Parcela (Preparo do solo)	2	0,7 ^{ns}	31,3 ^{**}
Fc Sub-parcela (Épocas de avaliação)	11	448,5 ^{**}	741,8 ^{**}
Fc Parc. x Sub-parc.	22	0,1 ^{ns}	1,6 [*]
CV(%) _{Parcela}		9,6	6,1
CV(%) _{Sub-Parcela}		11,8	7,2
Média		13287,4	52,6
DMS		1923,8	2,1

^{**}, ^{ns} Significativo a 1% e não significativo pelo teste F.

Nos primeiros 60 DAP a massa de matéria seca total das plantas de mandioca foi pequena indicando que nos dois primeiros meses após o plantio, a mandioca apresenta crescimento lento com baixo acúmulo de massa de matéria seca, pois os

fotoassimilados são, nesta fase, oriundos da maniva (Figura 12), e são destinados prioritariamente à formação de novos tecidos e manutenção das atividades metabólicas da planta (LORENZI et al., 1981; HOWELER e CADAVID, 1983). Porém, a partir dos 90 DAP quando as quantidades de massa de matéria seca no caule e nas raízes aumentaram a produtividade total também se intensificou até o período em que cultura entrou na fase de repouso fisiológico (Figuras 11, 13 e 14).

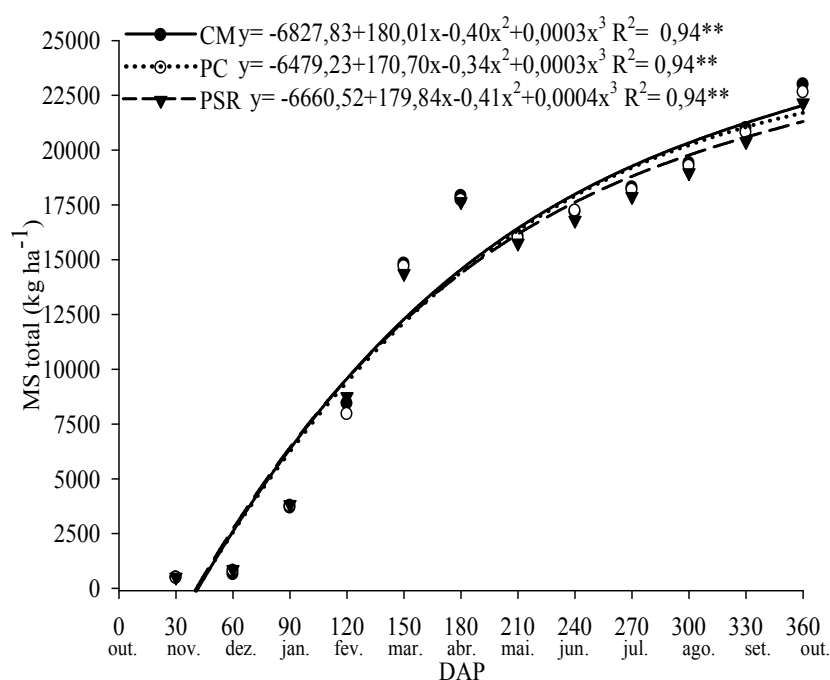


Figura 14. Massa de matéria seca (MS) total de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 em um ciclo, cultivadas em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ** significativo a 1% pelo teste F.

A partir de 210 DAP, embora em menores taxas, houve um novo aumento na produtividade da massa de matéria seca total. Este aumento de produtividade ocorreu em consequência do aumento da área foliar (Figura 6). Ao observar as Figuras 12 e 13, é possível detectar, aos 210 DAP, uma redução da massa de matéria seca da cepa de plantas sob PSR e de massa de matéria seca de raízes das plantas sob CM e PC, neste sentido é possível que a posição geográfica dos fotoassimilados seja um dos fatores que determina a fonte potencial no momento da necessidade de remobilização de fotoassimilados, neste caso utilizado para expansão das novas folhas.

A produtividade de massa de matéria seca total das plantas não diferiu entre os tratamentos estudados em todas as épocas de avaliação, indicando que os

preparos do solo não interferem no crescimento da planta de mandioca como um todo. Demonstra-se com este resultado juntamente com a correlação negativa entre massas de matéria seca de parte aérea e raízes e massas de matéria seca de cepa e raízes (Tabela 11) que as plantas sob PSR não tiveram menor produtividade total, entretanto existiu alguma restrição destas raízes em receber fotoassimilados ou ainda alguma limitação no carregamento destes fotoassimilados até a raiz, limitando a eficiência fotossintética da planta em termos econômicos (RAJCAN e TOLLENAAR, 1999; SUN et al., 2009). Fasinmirin e Reichert (2011) citaram que a menor produtividade de raízes observado no PSR, cerca de 2000 kg ha⁻¹ de massa seca poderia ser compensada, em parte, pelo melhor custo e benefício que este preparo apresenta em relação ao PC.

A partição da massa de matéria seca da planta de mandioca foi semelhante nos diferentes preparos do solo, ou seja, a distribuição de massa de matéria seca foi maior nas raízes, seguida pelo caule e folha e cepa (Figura 15). Este modelo de partição foi observado por Gray (2000), Hunt et al. (1977) e Cock et al. (1979), indicando que genotipicamente a planta de mandioca investe inicialmente no desenvolvimento da parte aérea, possibilitando que a raiz se converta no principal órgão armazenador, mais rapidamente (POORTER e REMKES, 1990; MATTHEWS e HUNT, 1994).

Os principais eventos quando da partição de massa de matéria seca em plantas sob diferentes preparos de solo foram: a mesma tendência de partição de massa de matéria seca, o maior percentual de massa de matéria seca do caule nas plantas sob PSR, maior partição dos fotoassimilados para as raízes em todos os tratamentos entre 90 e 120 DAP, e a oscilação da concentração da massa de matéria seca da parte aérea que ocorre pela sazonalidade da massa de matéria secadas folhas (Figura 15, Apêndice 3).

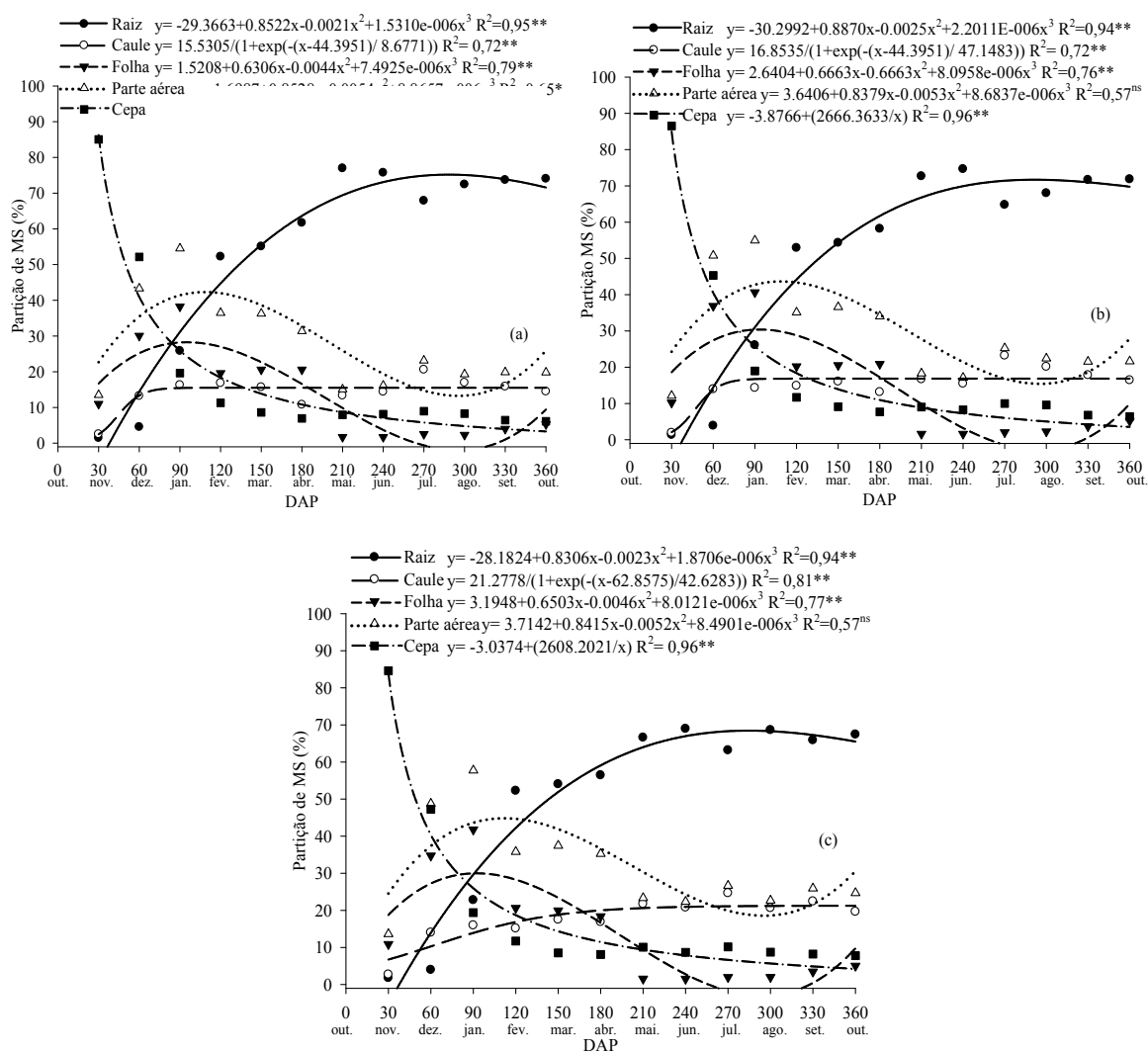


Figura 15. Partição de massa de matéria seca por parte morfológica da planta de mandioca cultivar IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em diferentes preparos do solo (A) cultivo mínimo, (B) plantio convencional e (C) plantio sem revolvimento, Botucatu, SP (2010-2011). **, * e ^{ns} significativo a 1 e 5% e não significativo pelo teste F.

As características físicas do solo que se correlacionaram com o maior rendimento de parte aérea em plantas sob PSR foram a porosidade total, macroporosidade e a resistência a penetração (Tabela 11). Sabe-se que a macroporosidade está relacionada à aeração e, a microporosidade, ao teor de água do solo (HORN et al., 1994), neste sentido, embora os resultados não tenham identificado uma relação entre o teor de água do solo e a produtividade de massa de matéria seca total, as considerações de Dodd et al. (2008) e Whitmore e Whalley (2009) de que, o teor de umidade do solo influencia o balanço hormonal da planta acarretando o fechamento estomático e um menor desenvolvimento, não podem ser desconsideradas totalmente, posto que, possivelmente o

fechamento estomático prolongado antecipou a queda de folhas nas plantas sob PSR (Figuras 5 e 10), e que, o balanço hídrico destas plantas pode ter sido afetado pelo menor desenvolvimento em profundidade das raízes fibrosas, responsáveis pela absorção de água, as quais não foram avaliadas neste estudo. Entretanto os resultados obtidos neste trabalho reforçam as conclusões de Lal e Maurya (1982) e Maduakor (1993), pois a resistência a penetração do solo aumentou a capacidade de retenção de fotoassimilados da parte aérea (caule e cepa).

O índice de colheita (IC) aumentou com maior expressividade a partir dos 60 DAP até os 210 DAP, quando as plantas de todos os tratamentos atingiram ICs acima de 60% (Figura 16), o qual é considerado ideal para a mandioca (EL-SHARKAWY, 2006). Nas épocas seguintes, o IC se manteve estável, mas sempre maior nos tratamentos PC e CM, ou seja, naqueles tratamentos em que houve menor partição e produtividade de massa de matéria seca no caule e na cepa e maior nas raízes (Figuras 11, 12 e 13). Outros autores também observaram que mandioca cultivada sob plantio direto apresenta menores ICs que aquelas cultivadas em área com preparo convencional do solo (OTSUBO et al., 2008; OTSUBO, et al., 2012). Vale destacar que os altos índices de colheita observados a partir dos 210 DAP também estão relacionados com a redução da massa de matéria seca de folhas, ocasionada pela senescência e abscisão foliar (Figuras 5 e 10). A correlação positiva entre as massas de matéria seca de raízes e total das plantas demonstra que as raízes dessa espécie constituem um forte dreno de fotoassimilados e representam a maior parte da massa de matéria seca da planta (Figura 15).

Devido à diferença na partição de massa de matéria seca entre as plantas desenvolvidas sob diferentes preparos do solo, a obtenção do IC satisfatório para a cultura da mandioca ocorreu aos 180 DAP para as plantas sob CM e aos 330 DAP para as plantas sob PC e PD.

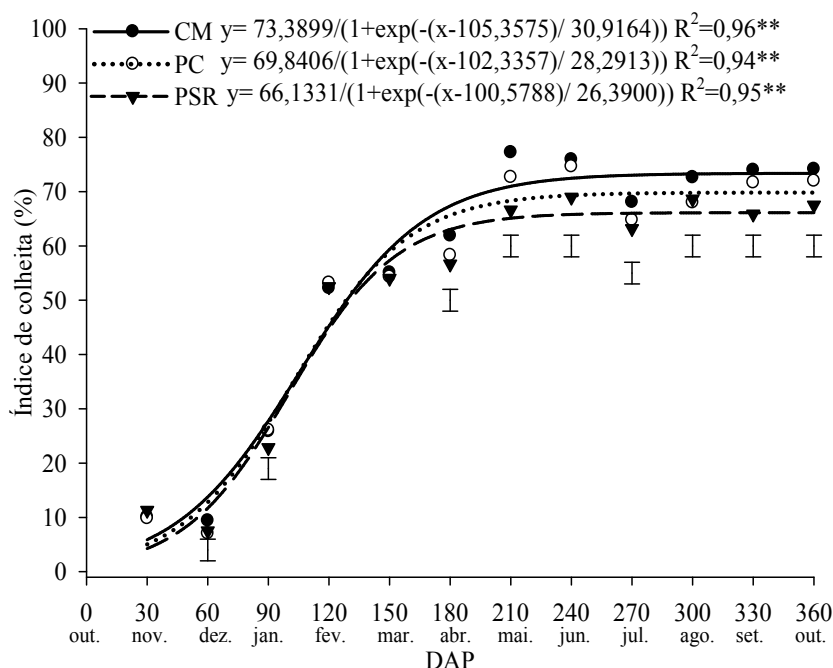


Figura 16. Índice de colheita de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011). ****** significativo a 1% pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t a 5% de probabilidade.

6.3 Índices fisiológicos

O modelo de crescimento do IAF de plantas de mandioca desenvolvidas sob diferentes preparos do solo foi similar, onde o máximo IAF foi obtido aos 120 DAP, o decréscimo deste parâmetro a partir de 180 DAP ocorreu devido ao início do período de repouso fisiológico e consequente senescência foliar (Figura 17). Maiores diferenças entre os tratamentos foram observada entre 150 e 180 e entre 330 e 360 DAP, onde o CM apresentou maiores valores seguido pelo PC e PSR.

A similaridade do padrão de crescimento do IAF observada nos diferentes tratamentos é explicada pelo fato, de que, embora desenvolvidas em condições edáficas físicas distintas, estas plantas não diferiram quanto ao genótipo e superfície de desenvolvimento. Os resultados obtidos para número de folhas e área foliar apresentaram o mesmo modelo do IAF, o que é explicado pelo alto coeficiente de correlação positivo entre estes parâmetros (Tabela 14) e pelo fato de que o IAF é calculado com base na área foliar.

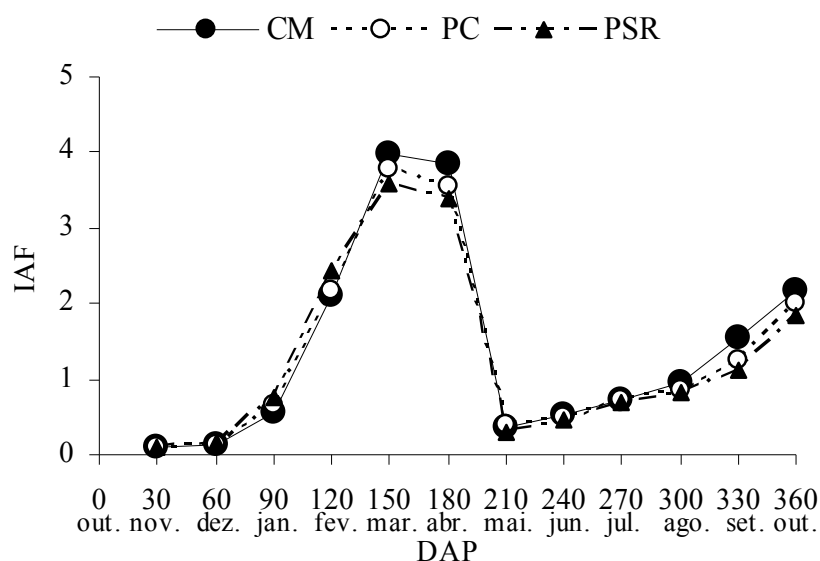


Figura 17. Índice de área foliar (IAF) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011).

Tabela 14. Coeficientes de correlação de Pearson entre os índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL) e os componentes agrônômicos qualitativos altura de planta (AP), número de folhas (NF), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), da cepa (DCP) e da raiz (DR).

	IAF	RAF	TCA	TCR	TAL
AP	.40	-.65**	-.21	-.95**	-.68**
NF	.97**	.05	.08	-.37	-.49*
AF	.99**	.04	.00	-.43	-.573*
DC	.35	-.68**	-.15	-.95**	-.65**
DCP	.38	-.64**	-.23	-.93**	-.68**
DR	.34	-.65**	-.27	-.95**	-.68**

*, ** significativos a 5%, 1%, respectivamente pelo teste t.

Begum e Paul (2005) observaram a correlação positiva entre a produção de raízes e IAF, entretanto vários pesquisadores afirmaram que esta correlação só é mantida quando IAF situa-se entre 3-4, pois a medida que o IAF aumenta o efeito do auto sombreamento reduz a interceptação da luz e pode ocorrer também desvio de fotoassimilados para a emissão e manutenção de um maior volume de tecidos foliares e caulinares (IRIKURA et al., 1979; COCK et al., 1979; HUNT et al., 1977).

O IAF obtido neste trabalho, encontra-se na faixa daquele considerado ideal para produções satisfatórias de raízes tuberosas e/ou de plantas anuais que varia entre 3 e 4 (BEADLE, 1993; BEGUM e PAUL, 2005), o qual permite uma interceptação da radiação solar maior ou igual a 95% (BROUGHAM, 1960). Embora, neste trabalho o IAF tenha sido o ideal, a manutenção do índice entre 3-4 foi de apenas 30 dias, devido principalmente à redução do número de folhas (Figura 5). Para a obtenção de maiores produtividades recomenda-se que o plantio seja feito de modo que a fase de engrossamento das raízes coincida, o maior tempo possível, com as condições ambientais favoráveis (HUNT et al., 1977; KEATING et al., 1982; RAMANUJAM, 1985).

A correlação positiva entre IAF e massa de matéria seca da parte aérea (Tabela 15) corrobora a afirmativa de que, a sazonalidade de massa de matéria seca da parte aérea é determinada pela duração das folhas, e por isso os maiores índices de colheita são obtidos durante o período de repouso vegetativo, devido a menor massa de matéria seca da parte aérea.

Tabela 15. Coeficientes de correlação de Pearson entre os índices fisiológicos, índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) e os componentes agrônômicos quantitativos massas de matéria seca de folha (MSF), de caule (MSC), de parte aérea: folha + caule (MSPA), de cepa (MSCP), de raiz (MSR) e total (MST).

	IAF	RAF	TCA	TCR	TAL
MSF	.12	-.36	.31	-.21	.25
MSC	.12	-.36	.31	-.21	.26
MSPA	.70**	-.43*	-.27	-.86**	-.75**
MSCP	.24	-.61*	-.33	-.90**	-.64*
MSR	.19	-.59**	-.42	-.86**	-.61**
MST	.33	-.58**	-.40	-.91**	-.68**

*, ** significativos a 5%, 1%, respectivamente pelo teste t.

A RAF decresceu até 90 DAP, entre 90 e 150 DAP ocorreu um novo crescimento, entre 150 e 210 DAP houve uma redução acentuada, seguida por um leve aumento que durou até 360 DAP (Figura 18). O comportamento da RAF até 90 DAP ocorreu devido ao surgimento e aumento na proporção de tecidos e estruturas não assimilatórias, ou seja, caule cepa e raiz (Figuras 11, 12,13). O aumento da RAF entre 90 e 150 DAP é explicado pelo aumento da área foliar (Figura 6), observa-se que os maiores valores da RAF aproximadamente 2,1 e 3 m²kg⁻¹ ocorreram durante as fases de

crescimento vegetativo e engrossamento das raízes, época em que as plantas apresentavam maior IAF (Figura 17).

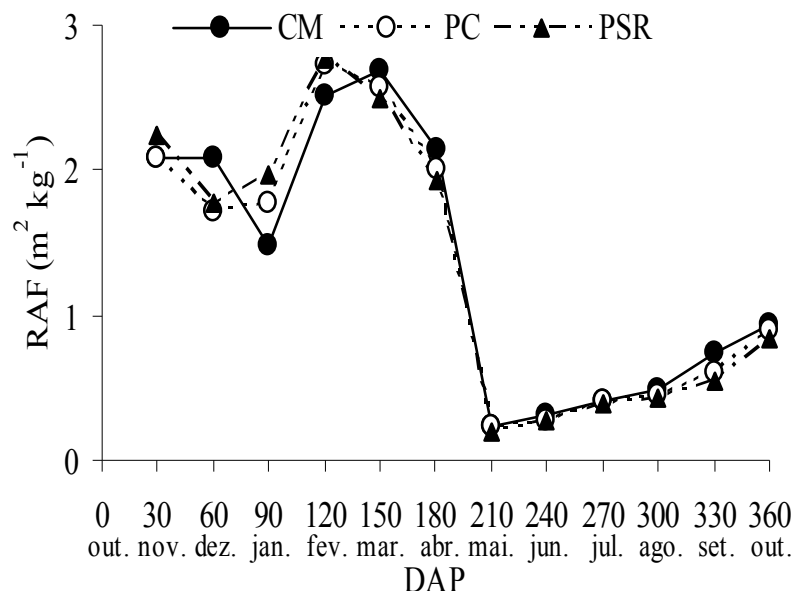


Figura 18. Razão de área foliar (RAF) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011).

Observa-se nas Tabelas 12 e 13 que a RAF correlacionou-se negativamente com os componentes agronômicos qualitativos altura de planta e diâmetros da raiz, caule e cepa, bem como com a massa de matéria seca total, estas correlações demonstram que maior área foliar não implica em maior crescimento ou ganho de massa de matéria seca e explica o porquê IAFs acima de 4 poderiam reduzir o rendimento de raízes.

A TCA, para os três tratamentos, foi maior aos 135 DAP, cerca de $0,02 \text{ kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 19). Este padrão de crescimento absoluto é explicado pela maior interceptação luminosa já que as plantas, aos 135 DAP são proporcionalmente menores, comparadas àquelas aos 165 e 195 DAP, o que favorece uma maior interceptação da radiação solar pelas folhas (HUNT, 2003). Aos 165 DAP ocorreu o único intervalo de crescimento negativo. Nesta fase da planta está ocorrendo gastos energéticos para a respiração, expansão das folhas emitidas aos 150 DAP, e o carregamento de carboidratos e minerais das folhas e caule em sentido descendente conforme mostrado por Xuanke et al.

(2009), estes resultados permitem deduzir que o período de transição entre a fase vegetativa e de repouso é de intensa atividade metabólica (Figura 19).

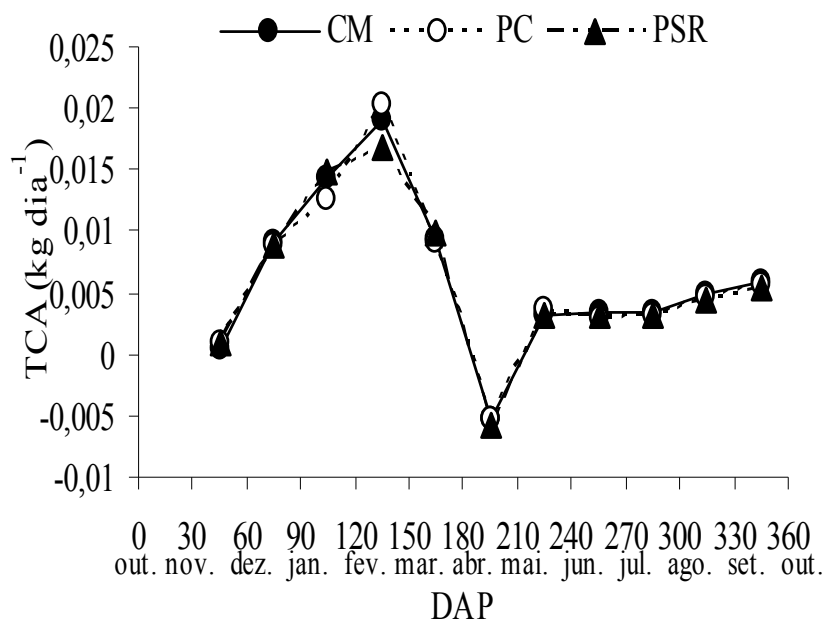


Figura 19. Taxa de crescimento absoluto (TCA) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011).

Aos 235 DAP, as plantas retomaram seu crescimento positivo, mostrando a eficiência fotossintética da área foliar remanescente, favorecida pelo menor efeito do autossombreamento e à redução das atividades metabólicas, típicos em épocas de temperaturas amenas e menor disponibilidade hídrica. Não houve diferenças, entre os tratamentos, na TCA, o que é coerente, já que, não houve diferença significativa na produção de massa de matéria seca total (Figura 14).

A TCR foi crescente de zero aos 45 DAP e decrescente a partir de desta época (Figura 20), de acordo com Benincasa (2003) essa taxa tende a decrescer com o tempo, pois a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento diminui, em consequência da crescente demanda energética para manutenção das estruturas existentes. Na Figura 15 é possível observar que até 90 DAP a parte aérea acumulou maior quantidade de massa de matéria seca, este resultado segundo Poorter e Remkes (1990) classifica a planta de mandioca como sendo uma planta de rápido crescimento inicial, por investir energia mais rapidamente em área foliar acelerando seu crescimento como um todo.

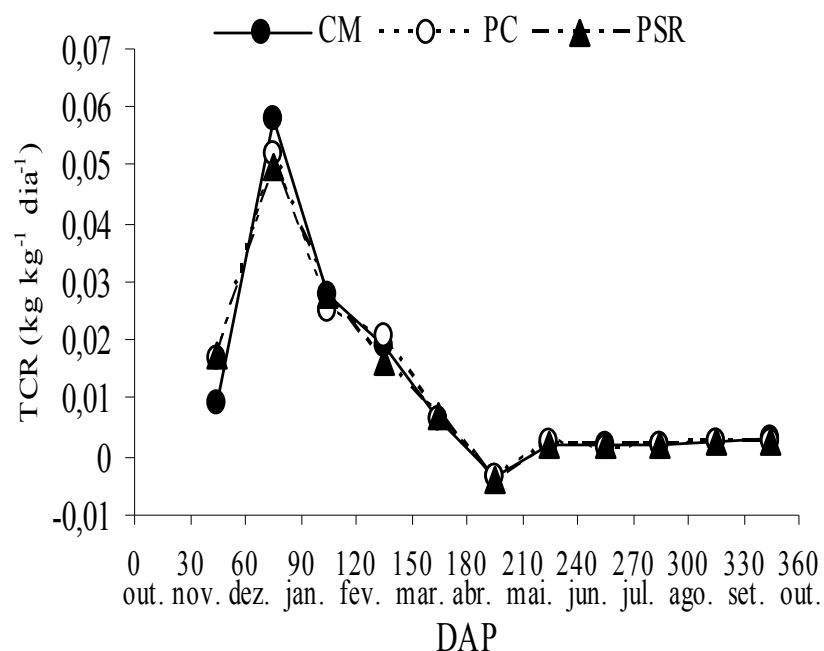


Figura 20. Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011).

Observa-se nas Tabelas 14 e 15 a alta correlação negativa entre a TCR e os parâmetros agronômicos (exceção àqueles relacionados à folha). A partir destas correlações constata-se que embora a TCR diminua ao longo do tempo, esta taxa é quase que exclusivamente direcionada às raízes, o que está de acordo com a Figura 15, que mostra que um maior percentual de massa de matéria seca, a partir de 150 DAP, foi preferencialmente acumulado na raiz, corroborando os resultados de Poorter e Remkes (1990), citado no parágrafo anterior.

Na Figura 20 observa-se que pequenas diferenças entre os tratamentos, aos 45 DAP, onde os tratamentos PC e PSR foram superiores ao CM, e inferiores ao CM aos 75 DAP (Figura 21). Este resultado sugere que as plantas sob PC e PSR tiveram um maior investimento inicial na formação de folhas, o que posteriormente compensou o menor desenvolvimento dos parâmetros agronômicos como altura de planta e número de folhas, o que foi observado principalmente das plantas sob PSR, este efeito compensatório foi observado por Yusuf et al. (1999) em plantas de soja sob plantio direto.

Comparativamente à soja, a planta de mandioca apresenta menor TCR. A soja apresenta TCR de $0,30 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ na fase juvenil, $0,07 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ na fase reprodutiva e $0,05 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, na fase de maturação (MAUNEY et al., 1978), embora a mandioca pareça menos eficiente deve-se levar em consideração a duração do ciclo destas culturas e o acúmulo de massa de matéria seca final destas planta.

A TAL foi crescente até 75 DAP, decrescendo até 195 DAP, quando atingiu valores negativos. Após 195 DAP ocorreu um novo aumento na TAL seguido por um período de estabilização (Figura 21). A redução da TAL segundo Milthorpe e Moorby (1974) ocorre devido a fatores como: sombreamento das folhas inferiores, senescência foliar e pela respiração de um volume crescente do vegetal. A TAL crescente observada aos 235 DAP pode ser um indicativo da redução do metabolismo da planta, que parece iniciar após o início das condições desfavoráveis de ambiente (Figura 1).

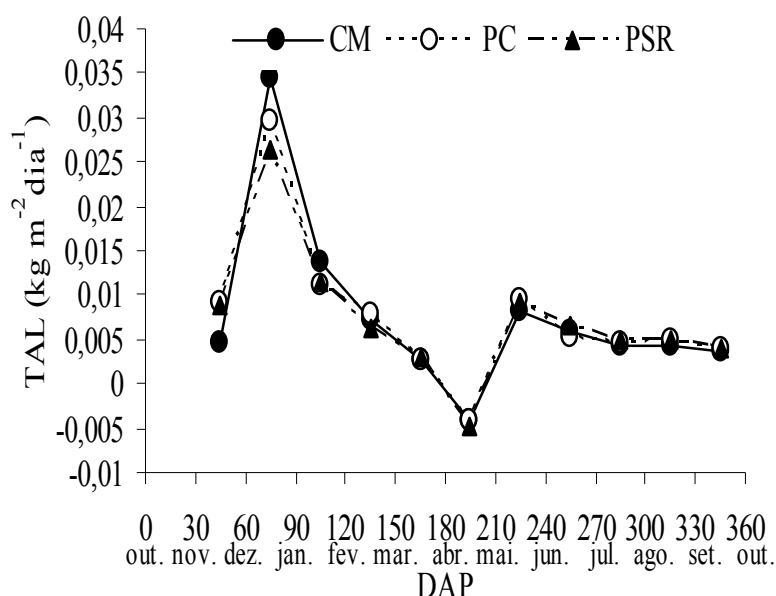


Figura 21. Taxa de assimilação líquida (TAL) de plantas de mandioca cultivar IAC 576-70, cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), Botucatu, SP (2010-2011).

A maior taxa de fotossíntese líquida observada no CM e PC, em algumas das épocas de avaliação, não resultaram em maior produção de massa de matéria seca total. Teoricamente o menor índice de área foliar das plantas sob PSR pode ter contribuído com a redução das diferenças entre os tratamentos, durante o ciclo, esta hipótese pode ser sustentada pelas correlações observadas nas Tabelas 14 e 15, onde a

redução da TAL representa aumento dos parâmetros agrônômicos relacionados à folha e de massa de matéria seca total.

A partir destes resultados é possível observar que a variedade de mesa IAC 576-70 apresenta-se perto de uma planta ideal de mandioca, ou seja, aquela capaz de expressar seu máximo potencial produtivo de raízes. De acordo com Cock et al. (1979) a planta ideal de mandioca deve apresentar ramificações tardias de modo que a parte aérea não represente um órgão de armazenamento potencial de fotoassimilados, IAF entre 3-4 a partir dos 4 meses após o plantio, e índice de colheita superior a 50%.

Os índices fisiológicos não se correlacionaram com as características físicas do solo (Tabela 16), este resultado é explicado, parcialmente, pelo fato de que a RAF, TCA, TCR e TAL são calculados com base na massa de matéria seca total, a qual também não se correlacionou com as características físicas do solo.

Tabela 16. Coeficientes de correlação de Pearson entre os índices fisiológicos, índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) e as características físicas do solo, macroporosidade (MACP), microporosidade (MICP), porosidade total (PT), teor de água (TAS) e resistência a penetração do solo (RPS).

	IAF	RAF	TCA	TCR	TAL
MACP	-.29	.13	-.50	-.14	-.23
MICP	.03	-.14	.42	-.04	.26
PT	-.35	.08	-.37	-.15	-.18
TAS	-.33	-.00	-.08	.00	.37
RPS	-.12	.00	-.17	-.12	-.30

As pequenas diferenças entre os tratamentos observados nos índices fisiológicos de plantas de mandioca demonstra que seu ciclo longo, permite expressar seu máximo potencial produtivo através de uma compensação dos eventos característicos, de cada fase de desenvolvimento.

6.4 Considerações finais

Os preparos do solo influenciaram a partição da massa de matéria seca da planta de mandioca. Demonstrou-se, com a correlação positiva entre resistência a penetração do solo e massa de matéria seca da parte aérea, que a resistência a penetração condicionou o maior acúmulo de massa de matéria seca na parte aérea, especialmente no caule e na cepa, em detrimento às raízes, nas plantas sob PSR. Neste sentido, deve-se

considerar a utilização do CM preferencialmente ao PC, uma vez que o CM obteve maior ou igual produtividade de raízes, além das suas vantagens econômicas e ambientais.

Os componentes agronômicos qualitativos da planta de mandioca foram influenciados pelos preparos do solo entre no final da fase formação da parte aérea e início da fase de engrossamento de raízes. Os componentes agronômicos qualitativos mais sensíveis às alterações nas características físicas do solo, promovidas pelos preparos, foram a altura de planta, número de folhas e a área foliar.

Os componentes agronômicos quantitativos da planta de mandioca foram influenciados pelos preparos do solo entre o final da fase de engrossamento de raízes e início da fase de repouso fisiológico. Os componentes agronômicos quantitativos mais sensíveis às alterações nas características físicas do solo, promovidas pelos preparos, foram a produtividade de massa de matéria seca da parte aérea (caule+folha), da cepa e da raiz.

Os índices fisiológicos de crescimento de plantas de mandioca, desenvolvidas sob diferentes preparos do solo, foram influenciados pelos preparos do solo, entretanto o ciclo longo destas plantas equalizou estas diferenças no decorrer das diferentes fases de um ciclo de desenvolvimento, eliminando diferenças na produtividade de massa de matéria seca total em todas as épocas de avaliação.

A partir destes resultados foi possível acrescentar algumas informações relevantes sobre a planta de mandioca e hipóteses que merecem serem pesquisadas para o melhor entendimento desta cultura.

Entre as informações pode-se destacar:

- Fisiologicamente a cepa se comporta como um órgão de parte aérea, mais especificamente como o caule.
- Os eventos característicos de cada fase de desenvolvimento da planta de mandioca iniciam e cessam, antes e após, respectivamente, do início e fim de cada fase, havendo portanto, intersecção dos eventos de cada uma das fases.
- A altura de planta, número de folhas, área foliar e a massa de matéria seca da parte aérea não correlacionam-se com os diâmetros do caule e da cepa, não sendo, por esta razão, recomendado que se faça a estimativa do crescimento da parte aérea da mandioca através dos diâmetros destes órgãos.

Entre as hipóteses, destacam-se:

- O metabolismo da planta de mandioca é intenso após os “sintomas” característicos que marcam o início do repouso fisiológico (amarelecimento e queda das folhas).
- O caule e a cepa são órgãos de armazenamento de fotoassimilados temporários e alternativos às raízes.
- A remobilização de fotoassimilados, no início da nova fase de crescimento vegetativo, não provém, necessariamente, das raízes tuberosas, posto que o caule e a cepa possam ser órgãos de armazenamento temporários e geograficamente estão mais próximos à parte aérea.

7 CONCLUSÕES

1. As características físicas do solo, promovidas por diferentes tipos de preparo, se correlacionam com os componentes agronômicos qualitativos e quantitativos e não se correlacionam com os índices fisiológicos.

2. As correlações entre as características físicas do solo e os componentes agronômicos implicam em diferenças qualitativas a partir de 120 DAP e em diferenças quantitativas a partir de 150 DAP.

3. A macroporosidade, porosidade total e a resistência à penetração, correlacionam-se diretamente com a produtividade de massa seca da parte aérea.

8 REFERÊNCIAS

AGUIAR, E. B. et al. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p. 561-569, 2011.

ALAMEDA D.; ANTEN, N. P. R.; VILLAR, R. Soil compaction effects on growth and root traits of tobacco depend on light, water regime and mechanical stress. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 120, n.1, p.121-129, 2012.

ALLEM, A. C. et al. The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*, Euphorbiaceae). **Euphytica**, Wageningen, v. 120, n. 1, p. 127-132, 2001.

ALVES, A. A. C. Cassava: botany and physiology. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (Ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. Wallingford: CABI, 2002. p. 67-89.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989, 247 p.

BAYHAN, Y.; KAYISOGLU, B.; GONULOL, E. Effect of soil compaction on sunflower growth. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 68, n. 1, p. 31-38, 2002.

BEADLE, C. L. Growth analysis. In: Hall, D.O., et al. (Eds.), **Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual**. London : Chapman & Hall, 1993. pp. 36–46.

BEGUM, S.; PAUL, N. K. Growth analysis of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties in relation to time of planting. **Bangladesh Journal of Botany**, Bangladesh, v. 34, n. 1, p. 21-26, 2005.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. 2ª Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BOLHUIS, G. C. Influence of length of the illumination period on root formation in cassava (*Manihot esculenta* Pohl.) **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.14, n.4, p. 251-254, 1966.

BROUGHAM, R. K. The Relationship between the critical Leaf Area, Total Chlorophyll Content, and Maximum Growth-rate of some Pasture and Crop Plants. **Annals of Botany**, Londres, v. 24, n. 4, p. 463-474, 1960.

CARVALHO, R.; GUERRA, M. Cytogenetics of *Manihot esculenta* Crantz (cassava) and eight related species. **Hereditas**, Kund, v. 136, n. 2, p. 159-168, 2002.

CAVALIERI, K. M. V. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.137-147, 2006.

CAVALIERI, K. M. V. et al. Long-term effects of no-tillage on dynamic soil physical properties in a Rhodic Ferrasol in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 103, n.1, p.158-164, 2009.

COCK, J. H. et al. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science**, Madison, v.19, n.2, p. 271-279, 1979.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1987. 382 p.

COURS, G. Le Manioc a Madagascar. **Memories de l'Institut Scientifique de Madagascar: serie B**, Madagascar, v. 3, n. 2, p. 203-400, 1951.

DAVIES, B.; FINNEY, B. Reduced cultivations for cereals: research, development and advisory needs under changing economic circumstances. Home Grown Cereals Authority, London, n. 48, 2002. 59 p. Disponível em: <http://www.hgca.com/publications/documents/cropresearch/RR48_complete_final_report.PSRf>. Acesso em: 12 ago. 2013.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: IAPAR/GTZ, 1991. 272 p.

DODD, I. C.; GREGORIO, E.; DAVIES, W. J. Abscissic acid signalling when soil moisture is heterogeneous: decreased photoperiod sap flow from drying roots limits abscissic acid export to the shoots. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, n. 31, v.9, p. 1263-1274, 2008.

EL-SHARKAWI, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 56, n.4, p. 481-501, 2004.

EL-SHARKAWY, M. A. International research on cassava photosynthesis, productivity, ecophysiology, and responses to environmental stresses in the tropics. **Photosynthetica**, Prague, v. 44, n. 4, p. 481-512, 2006.

EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, E. M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 143-154, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 113, n. 1, p. 1-10, 2011.

FERNÁNDEZ-UGALDE, O. et al. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 106, n. 1, p. 29-35, 2009.

FIGUEIREDO, P. G. **Morfo-anatomia de raízes tuberosas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivar IAC 576-70 em diferentes preparos do solo**. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

FIGUEIREDO, P. G. et al. Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.4, p. 1-8, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Food and agricultural commodities production. 2010. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 28 mai. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Better Farming Series 16. Roots and Tubers**. Cd'Ivoire: FAO, 1977, 58 p. Disponível em: <<http://www.nzdl.org/gsdldmod?e=d-00000-00---off-0fnl2.2--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HASH57bb07c58692d262dfd32c>=2>>. Acesso em: 29 set., 2014.

GABRIEL FILHO, A. et al. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.

GARCIA, A. G. et al. Logistic rice model for matter and nutrient uptake. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.481-488, 2003.

GRAY, V. M. A. Comparison of two approaches for modelling cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) Crop Growth. **Annals of Botany**, Londres, v. 85, n. 1, p. 77-90, 2000.

HORN, R. et al. Soil physical properties related to soil structure. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, n. 2-4, p. 187-216, 1994.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F. Accumulation and distribution of dry matter And nutrients during a 12 month growth cycle of cassava. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 7, p. 123-139, 1983.

HULUGALLE, N. R.; NDI, J. N. Effects of no-tillage and alley cropping on soil properties and crop yields in a typic Kandudult of Southern Cameroon. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 22, n. 3, p. 207-220, 1993.

HUNT, L. A.; WHOLEY, D. W.; COCK, J. H. Growth physiology of cassava. **Field Crop Abstracts**, Farnham Royal, v. 30, n. 2, p. 77-91, 1977.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

HUNT, R. Growth analysis, individual plants. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAT, D. (Eds.). **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**. London: Academic Express, 2003. p. 579-588.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v. 24, n. 10, p. 1-80, 2011. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201408.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201408.pdf). Acesso em: 28 mai. 2014.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Análises e Indicadores do Agronegócio. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/aia/AIA-36-2014-tabelas.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2014.

IRIKURA, Y.; COCK, J. H.; KAWANO, K. The physiological basis of genotype-temperature interactions in cassava, **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 2, p. 227-239, 1979.

ISABIRYE, M. et al. Soil losses due to cassava and sweet potato harvesting: a case study from low input traditional agriculture. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 96-103, 2007.

JANSSEN, W.; WHEATLEY, C. C. Urban cassava markets. The impact of fresh root storage. **Food Policy**, Oxford, v. 10, n. 3, p. 265-277, 1985.

JONCKHEERE, I. et al. Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 121, n. 1-2, p.19-35, 2004.

JONES, J. N.; MOODY, J. E.; LILLARD, J. H. Effects of tillage, no tillage, and mulch on soil water and plant growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, n.5, p. 719-721, 1969.

KEATING, B. A.; EVENSON, J. P. Effect of soil temperature on sprouting and sprout elongation of stem cuttings of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.2, p. 241-251, 1979.

KEATING, B. A.; EVENSON, J. P.; FUKAI, S. Environmental effects on growth and development of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) II. Crop growth rate and biomass yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.5, p. 283-292, 1982.

KEATING, B. A.; WILSON, G. L.; EVENSON, J. P. Effect of Photoperiod on growth and development of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Australian Journal of Plant Physiology**, n. 12, p. 621-30, 1985.

LAL, R. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. **Soil Science**, Baltimore, v. 165, n.3, p. 191-207, 2000.

LAL, R.; MAURYA, P. R. Root growth of some tropical crops in uniform columns. **Plant and Soil**, v.68, n. 2, p.193-206, 1982.

LÉOTARD, G. et al. Phylogeography and the origin of cassava: new insights from the northern rim of the Amazonian basin. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v. 53, n. 1, p. 329-334, 2009.

LORENZI, J. O.; GALLO, J. R.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 40, p. 144-156, 1981.

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. Cultura da mandioca. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 41 p. (Boletim técnico, 211).

LOWE, S. M.; MAHON, J. D.; HUNT, L. A. The effect of daylength on shoot growth and formation of tuber in Young plants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Plant Science letters**, v. 6, n. 1, p.57-62, 1976.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Eds.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987, p. 1-11.

MADUAKOR, H. O. Effect of soil compaction on leaf, stem and fibrous root growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 69-78, 1993.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. p. 331-350.

MARQUES, J. Q. A.; BERTONI, J.; BARRETO, G. B. Perdas por erosão no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 47, p. 1143-1182, 1961.

MATTHEWS, R. B.; HUNT, L. A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 69-84, 1994.

MAUNEY, J. R.; FRY, K. E.; GUIN, G. Relationship of photosynthetic rate to growth and fruiting of cotton, soybean, sorghum, and sunflower. **Crop Science**, Madison, v. 18, n.2, p. 259-263, 1978.

MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 369-374, 1991.

MILTHORPE, F. L.; I. MOORBY. **An Introduction to Crop Physiology**. Cambridge University Press 1974.

MORAES-DALLAQUA, M. A.; CORAL, D. J. Morfo-anatomia. In: CEREDA, M. P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 48-65.

MORRIS, N. L. et al. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment: a review. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 108, n. 1-2, p. 1-15, 2010.

MÜCK, O.; SCHULER, B.; BELL, A. **Les richesses du sol. Les plantes à racines et tubercules en Afrique: une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte**. Feldafing: DSE, ZEL, 2000, 330p. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/x5695f/x5695f00.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2014.

OHIRI, A. C.; EZUMAH, H. C. Tillage effects on cassava (*Manihot esculenta*) production and some soil properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 17, n. 3-4, p. 221-229, 1990.

OLIVEIRA, J. O. A. P. et al. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 443-450, 2001.

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 56, n. 4, p. 517-526, 2004.

OTSUBO, A. K.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. (Eds.). Aspectos do Cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul, Embrapa: Dourados, 2002. 221 p.

OTSUBO, A. K. et al. Formas de preparo de solo e controle de plantas daninhas nos fatores agronômicos e de produção da mandioca. **Semina**, Londrina, v. 33, p. 2241-2246, 2012.

OTSUBO, A. K. et al. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.327-332, 2008.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1998. 151 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

PERESSIN, V. A. et al. Acúmulo de matéria seca na presença e na ausência de plantas infestantes no cultivar de mandioca SrT 59 - Branca de Santa Catarina. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 135-148, 1998.

POORTER, H.; REMKES, C. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. **Oecologia**, Berlin, v. 83, n.4, p.553-559, 1990.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - Their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, n.3, p. 171-175, 1967.

RAIJ, B. van et al. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, n. 100, 1996. 2. ed. 285 p.

RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60. n. 3, p. 245 - 253, 1999.

RAMANUJAM, T. Leaf density profile and efficiency in partitioning dry matter among high and low yielding cultivars of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.10, p. 291-303, 1985.

SCHERTZ, D. L. Conservation tillage: an analysis of acreage projections in the United States. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 43, n. 3, p. 256-258, 1988.

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

SEVERINO, L. S. et al. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.

SILVA, L. M. ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.

SOUZA, L. S. et al. (Eds.) **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 817 p.

STRUDLEY, M. K.; GREEN, T. R.; ASCOUGH, J. C. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 99, n. 1, p. 4-48, 2008.

SUN, J. Face-ing the global change: Opportunities for improvement in photosynthetic radiation use efficiency and crop yield. **Plant Science**, v. 177, n.6 , p. 511-522, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M. P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.66-82.

TRIBOI, E.; TRIBOI-BLONDEL, A.M. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. **European Journal of Agronomy**, v. 16; n. 3, p. 163–186, 2002.

VALLE, T. L. et al. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 221-226, 2004.

VALLE, T. L. et al. Mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz.). In. AGUIAR, A. T. M. et al. (Eds.). **Boletim 200 : Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: IAC, 2014. p. 235-240.

VIÉGAS, A. P. **Estudos sobre a mandioca**. Campinas: IAC/BRASCAN NORDESTE, 1976. 214 p.

YUSUF, R. I.; SIEMENS, J. C.; BULLOCK, D. G. Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n. 6, p. 928-933, 1999.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Londres, v. 11, n. 1, p. 41-76, 1947.

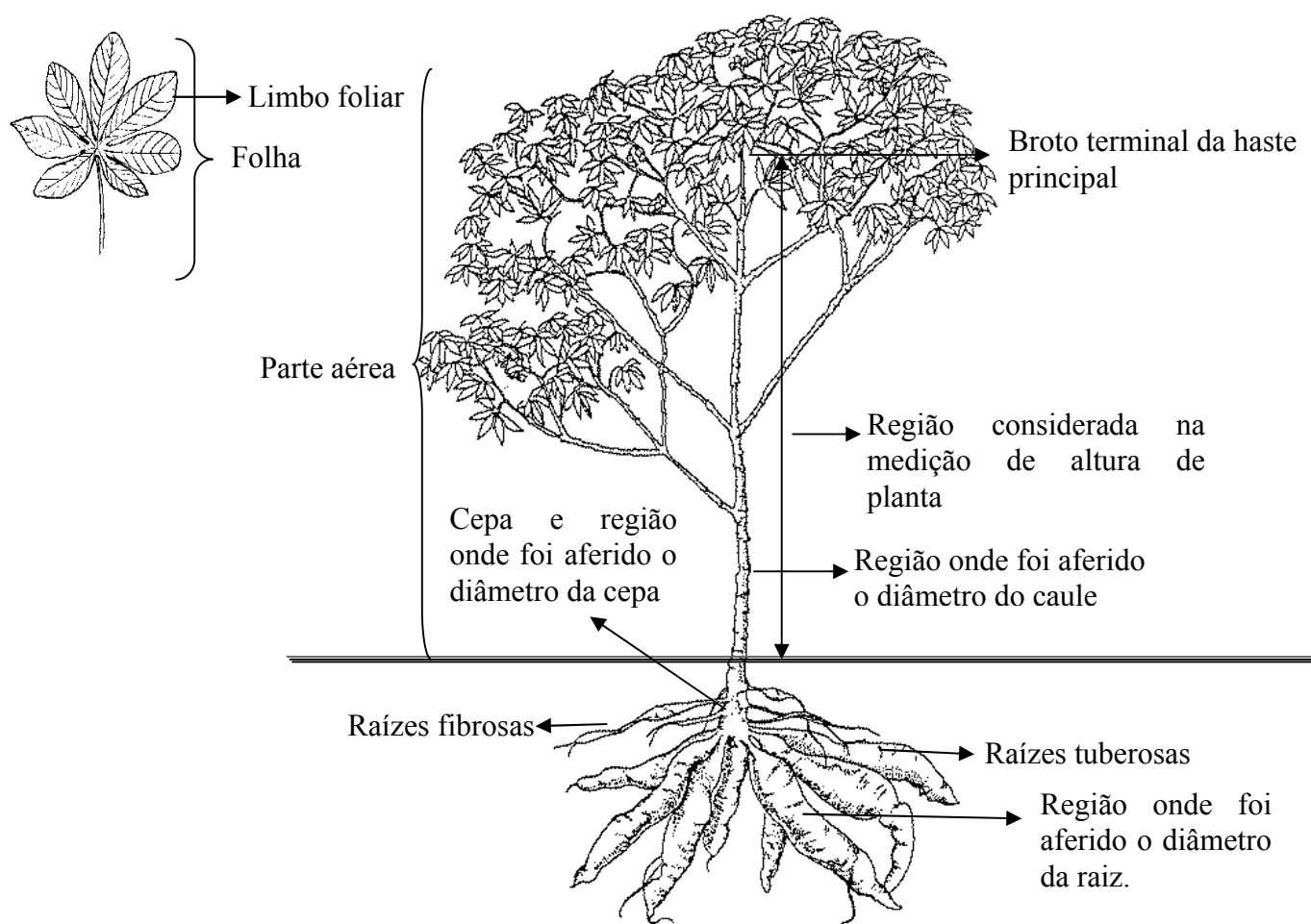
WHITMORE, A. P.; WHALLEY, W. R. Physical effects of soil drying on roots and crop growth. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 10, p. 2845-2857, 2009.

WILLIAMS, C. N. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*) IV: development and yield of tubers. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 10, p. 9-16, 1974.

WILLIAMS, C. N. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*) III: - Crop ratio, spacing and yield of tubers. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 8, p. 15-23, 1972.

XUANKE, W.; YANGRUI, L.; YONGJIAN L. Studies on distribution of assimilation product in different position of cassava varieties. **Chinese Agricultural Science Bulletin**, v. 25, n.18, p. 216-218, 2009.

9 APÊNDICE



Apêndice 1. Diagrama da planta de mandioca e regiões consideradas na medição dos parâmetros agrônômicos. Adaptado de Food and... (1977) e Mück et al. (2000).

Apêndice 2. Altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetros do caule (DC), da cepa (DC) e das raízes (DR), da cultivar de mandioca IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), em Botucatu-SP, 2010-2011.

	AP	NF	AF	DC	DCP	DR
30 DAP						
CM	0,19 A	23,33 A	9,17 A	0,006 A	0,024 A	0,001 A
APC	0,19 A	21,17 A	8,93 A	0,006 A	0,023 A	0,001 A
PSR	0,19 A	25,58 A	10,34 A	0,006 A	0,024 A	0,001 A
60 DAP						
CM	0,26 A	31,33 A	12,20 A	0,006 A	0,023 A	0,002 A
PC	0,25 A	35,50 A	12,31 A	0,006 A	0,025 A	0,002 A
PSR	0,25 A	29,67 A	13,71 A	0,006 A	0,025 A	0,002 A
90 DAP						
CM	0,73 A	77,00 A	49,10 A	0,015 A	0,029 A	0,013 A
PC	0,73 A	69,63 A	60,06 A	0,015 A	0,028 A	0,015 A
PSR	0,69 A	72,22 A	67,94 A	0,015 A	0,028 A	0,015 A
120 DAP						
CM	1,33 A	196,40 A	190,81 B	0,022 A	0,034 A	0,025 A
PC	1,34 A	177,67 B	194,92 AB	0,019 B	0,036 A	0,024 A
PSR	1,20 B	186,24 A	217,96 A	0,020 B	0,035 A	0,024 A
150 DAP						
CM	1,55 A	258,88 A	358,95 A	0,027 A	0,039 A	0,035 A
PC	1,55 A	263,50 A	339,61 AB	0,023 B	0,038 A	0,033 A
PSR	1,41 B	262,67 A	321,96 B	0,022 B	0,038 A	0,033 A
180 DAP						
CM	1,68 A	280,75 A	344,90 A	0,024 A	0,039 A	0,037 A
PC	1,76 A	254,68 B	320,40 B	0,023 A	0,039 A	0,038 A
PSR	1,50 B	226,50 C	305,09 B	0,022 A	0,040 A	0,036 A
210 DAP						
CM	1,71 A	82,71 A	33,95 A	0,027 A	0,038 A	0,036 B
PC	1,76 A	76,07 A	34,43 A	0,026 A	0,038 A	0,040 A
PSR	1,45 B	63,11 B	27,96 A	0,025 A	0,041 A	0,038 AB
240 DAP						
CM	1,73 A	43,33 A	47,14 A	0,027 A	0,040 AB	0,039 B
PC	1,78 A	35,67 AB	43,68 A	0,026 A	0,043 A	0,042 A
PSR	1,57 B	33,22 B	40,33 A	0,025 A	0,039 B	0,039 B
270 DAP						
CM	1,74 A	43,07 A	66,11 A	0,027 A	0,040 A	0,039 A
PC	1,79 A	33,15 B	66,09 A	0,027 A	0,039 A	0,040 A
PSR	1,56 B	32,23 B	61,99 A	0,026 A	0,040 A	0,039 A
300 DAP						
CM	1,66 AB	52,00 A	85,07 A	0,024 A	0,041 A	0,040 A
PC	1,78 A	45,08 A	77,39 A	0,024 A	0,038 B	0,040 A
PSR	1,55 B	52,78 A	74,07 A	0,025 A	0,041 A	0,040 A
330 DAP						
CM	1,71 AB	108,56 A	138,70 A	0,024 B	0,042 A	0,040 A

Continua... apêndice 2

PC	1,83 A	93,11 B	113,80 B	0,026 A	0,043 A	0,042 A
PSR	1,56 B	86,81 B	101,88 B	0,023 B	0,041 A	0,040 A
360 DAP						
CM	1,77 A	166,11 B	194,61 A	0,026 A	0,041 A	0,042 A
PC	1,74 A	159,56 B	181,85 AB	0,024 B	0,042 A	0,043 A
PSR	1,68 A	176,50 A	167,13 B	0,026 A	0,044 A	0,044 A

Apêndice 3. Massas de matéria seca de folhas (MSF), de caule (MSC), de cepa (MSCP), de raízes (MSR) e total (MST), da cultivar de mandioca IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), em Botucatu-SP, 2010-2011.

TRAT	MSF	MSC	MSCP	MSR	MST
30 DAP					
CM	45,79 A	10,56 A	357,87 A	6,20 A	490,50 A
PC	41,67 A	7,75 A	353,29 A	5,65 A	476,41 A
PSR	47,64 A	11,99 A	371,07 A	7,87 A	511,66 A
60 DAP					
CM	166,87 B	73,09 A	292,59 A	25,01 A	650,49 A
PC	251,27 A	94,81 A	309,44 A	26,46 A	795,63 A
PSR	255,40 A	102,96 A	348,15 A	29,27 A	858,41 A
90 DAP					
CM	1203,56 C	512,76 A	614,74 A	827,98 A	3685,51 A
PC	1307,26 B	462,02 A	610,64 A	839,17 A	3755,57 A
PSR	1369,92 A	525,77 A	636,45 A	749,25 A	3828,24 A
120 DAP					
CM	1516,36 C	1309,16 A	875,26 A	4116,98 A	8434,47 A
PC	1598,97 B	1172,98 A	922,87 A	4259,91 A	7954,64 A
PSR	1662,78 A	1223,18 A	944,87 A	4283,04 A	8752,25 A
150 DAP					
CM	2989,14 A	2274,46 B	1254,35 A	8292,94 A	14810,74 A
PC	2901,03 B	2263,15 B	1283,21 A	8241,04 A	14688,28 A
PSR	2845,30 B	2498,44 A	1214,61 A	7808,61 A	14366,83 A
180 DAP					
CM	3648,63 A	1909,00 C	1228,56 B	11110,37 A	17896,37 A
PC	3684,35 A	2320,17 B	1356,48 B	10362,92 A	17723,74 A
PSR	3233,27 B	2967,59 A	1426,29 A	10021,14 A	17648,13 A
210 DAP					
CM	267,53 A	2085,07 C	1234,71 C	12507,23 A	16094,38 A
PC	253,26 A	2616,90 B	1411,98 B	11715,30 A	15997,27 A
PSR	240,22 A	3393,61 A	1575,12 A	10550,88 B	15759,67 A
240 DAP					
CM	288,51 A	2439,83 C	1377,69 B	13064,62 A	17170,49 A
PC	273,06 A	2631,00 B	1395,89 B	12934,69 A	17234,46 A
PSR	255,09 A	3475,05 A	1451,17 A	11618,01 A	16799,16 A
270 DAP					
CM	455,08 A	3706,25 B	1613,00 B	12513,75 A	18287,89 A
PC	362,87 B	4197,49 A	1800,66 A	11818,04 A	18178,87 A
PSR	348,13 B	4355,24 A	1790,86 A	11386,37 A	17880,43 A
300 DAP					
CM	447,45 B	3266,44 B	1593,49 B	14095,59 A	19402,77 A

Continua... Apêndice 3

PC	435,10 AB	3862,50 A	1841,01 A	13131,00 AB	19269,43 A
PSR	378,89 B	3904,50 A	1651,20 B	13032,76 B	18967,16 A
330 DAP					
CM	830,30 A	3285,89 C	1339,21 B	15538,51 A	20993,70 A
PC	761,57 B	3680,73 B	1405,13 B	14952,64 A	20799,86 A
PSR	704,69 B	4577,27 A	1677,74 A	13432,38 B	20391,89 A
360 DAP					
CM	1211,05 A	3316,73 C	1411,65 B	17052,39 A	22991,58 A
PC	1166,79 AB	3714,67 B	1440,36 B	16324,51 A	22646,10 A
PSR	1114,67 B	4348,57 A	1730,00 A	14960,70 B	22153,72 A

Apêndice 4. Partição de matéria seca (MS) ao longo da cultivar de mandioca IAC 576-70 cultivadas por um ciclo em três preparos do solo, cultivo mínimo (CM), plantio convencional (PC) e plantio sem revolvimento (PSR), em Botucatu-SP, 2010-2011.

Partes da planta	Dias após o plantio (DAP)											
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
	-----%-----											
	Cultivo mínimo (CM)											
Folha	11,0	30,1	38,2	19,6	20,6	20,6	1,7	1,7	2,6	2,3	4,0	5,3
Caule	2,5	13,2	16,3	16,9	15,7	10,8	13,4	14,4	20,6	17,0	15,9	14,5
Cepa	85,0	52,1	19,6	11,3	8,6	6,9	7,9	8,1	9,0	8,3	6,5	6,1
Raiz	1,5	4,5	25,9	52,2	55,1	61,7	77,0	75,7	67,9	72,5	73,7	74,1
	Plantio Convencional (PC)											
Folha	10,2	36,9	40,6	20,2	20,5	20,9	1,6	1,6	2,0	2,3	3,7	5,2
Caule	1,9	13,9	14,3	14,9	16,0	13,1	16,7	15,5	23,2	20,1	17,8	16,4
Cepa	86,5	45,3	19,0	11,7	9,1	7,7	9,0	8,2	10,0	9,6	6,8	6,4
Raiz	1,3	3,9	26,1	52,9	54,3	58,2	72,7	74,6	64,8	68,0	71,7	71,8
	Plantio sem revolvimento (PSR)											
Folha	10,9	34,7	41,8	20,6	19,9	18,4	1,5	1,5	2,0	2,0	3,5	5,0
Caule	2,7	14,0	16,0	15,2	17,5	16,9	21,8	20,8	24,7	20,6	22,5	19,6
Cepa	84,6	47,3	19,4	11,7	8,5	8,1	10,1	8,7	10,2	8,7	8,2	7,8
Raiz	1,8	4,0	22,8	52,3	54,0	56,5	66,6	69,0	63,2	68,6	65,9	67,4