



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE AGRONOMIA

CELLY DE LIMA MAIA

FISIOLOGIA DO RABANETEIRO EM DIFERENTES ARRANJOS
ESPACIAIS

FORTALEZA
2017

CELLY DE LIMA MAIA

FISIOLOGIA DO RABANETEIRO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.

Coorientador: MSc. Hozano de Souza Lemos Neto.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M185f Maia, Celly de Lima.
Fisiologia do rabaneteiro em diferentes arranjos espaciais. / Celly de Lima Maia. – 2017.
27 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.
Coorientação: Prof. Me. Hozano de Souza Lemos Neto.
1. Raphanus sativus L.. 2. Trocas Gasosas. 3. Fotossíntese Líquida. 4. Clorofila. I. Título.
CDD 630
-

CELLY DE LIMA MAIA

FISIOLOGIA DO RABANETEIRO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 05/12/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Hozano de Souza Lemos Neto (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Ana Régia Alves de Araújo Hendges
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Janiquelle da Silva Rabelo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À Deus por me proporcionar saúde e sabedoria em todas as etapas da minha vida, por sempre me guiar e proteger.

Aos meus pais Macedo e Marlene, ao irmão Adriano e familiares por todo amor incondicional, ensinamento e apoio em todos esses anos de vida.

Ao meu namorado Júnior, por todo carinho, amor, companheirismo e incentivo ao mundo acadêmico.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) por ter me proporcionado meios necessários para me tornar uma profissional.

Ao prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães pela oportunidade de trabalhar ao seu lado, por todos os ensinamentos acadêmicos e de vida.

Ao “chefinho” Hozano Neto pela disposição, paciência e orientação na realização desse trabalho.

Ao Núcleo de Estudo em Olericultura do Nordeste (NEON) e todos que fazem e fizeram parte, por todos os momentos de aprendizado, trabalho em equipe e descontração.

À Agrônômica por ter me proporcionado uma grande experiência profissional e de vida, e a todos que fazem parte dessa história.

Aos amigos de curso que fizeram toda diferença nessa jornada, em especial Yully, Felipe R., Maiara P. e Gina.

Aos amigos Rafaela e Ronaldo por todos os conselhos e ensinamentos.

As minhas eternas amigas Ataylle, Camila, Mayara F., Naiane, Rebeca e Samara, pela demonstração mais pura e sincera de amizade.

A todos os funcionários da Horta Didática da UFC, por toda ajuda e ensinamento em especial ao Robson e Narciso.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram neste período de formação.

Muito obrigada!

RESUMO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma cultura de ciclo curto, que proporciona rápido retorno econômico ao produtor. Para seu cultivo qualificado, a definição de aspectos relacionados à implantação no campo, quanto à escolha do espaçamento ideal de cultivo combinado com a densidade de plantas por cova, e o entendimento de seus efeitos sobre a fisiologia da cultura, ajudam na obtenção da máxima eficiência produtiva. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho fisiológico do rabanete submetido a diferentes espaçamentos e densidades de plantas por cova. Para isso, realizou-se um experimento na Horta Didática da Universidade Federal do Ceará, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2. O primeiro fator foi composto por quatro diferentes espaçamentos entre plantas (0,05; 0,10; 0,15; 0,20 m) e o segundo por duas densidades de cultivo (uma e duas plantas por cova). Avaliaram-se os seguintes aspectos: 1) concentração interna de CO₂; 2) transpiração; 3) condutância estomática; 4) fotossíntese líquida; 5) razão entre a concentração interna de CO₂ e a ambiente; 6) eficiência instantânea de carboxilação; 7) fotossíntese bruta; 8) teor de clorofila 'a' e teor de clorofila 'b'; e, 9) área foliar. A densidade de duas plantas por cova combinada com os maiores espaçamentos foram as que proporcionaram a obtenção dos maiores valores de fotossíntese líquida e clorofila para as plantas. Os tratamentos cujas densidades de semeadura foram de apenas uma planta por cova, combinados com espaçamentos de 0,05 a 0,15 m entre plantas foram os que possibilitaram a obtenção de maiores valores para a fotossíntese bruta.

Palavras-chave: *Raphanus sativus* L.. Trocas gasosas. Clorofila. Fotossíntese líquida.

ABSTRACT

The radish (*Raphanus sativus* L.) is a short cycle crop, which provides a rapid economic return to the producer. For its cultivation, the definition of aspects related to the field implantation, the choice of the ideal crop spacing combined with the density of plants per hole, and the understanding of its effects on the physiology of the crop, help to obtain maximum productive efficiency. Thus, the present study had the objective of evaluate the physiological performance of the radish subjected to different spacings between plants and plant densities per hole. For this, an experiment was carried out in the Didactic Garden of the Federal University of Ceará, under a randomized block design, with four replications, in a 4 x 2 factorial scheme. The first factor was composed of four different plant spacings (0.05; 0.10; 0.15; 0.20 m) and the second by two cultivation densities (one and two plants per hole). The following aspects were evaluated: 1) internal CO₂ concentration; 2) transpiration; 3) stomatal conductance; 4) liquid photosynthesis; 5) ratio between the internal concentration of CO₂ and the environment; 6) instantaneous carboxylation efficiency; 7) gross photosynthesis; 8) chlorophyll content 'a' and chlorophyll content 'b'; and, 9) leaf area. The density of two plants per pit combined with the larger spacings were those that provided the highest values of liquid photosynthesis and chlorophyll for the plants. The treatments with only one plant per pit combined with spacing of 0.05 to 0.15 m between plants were the ones that allowed to obtain higher values for gross photosynthesis.

Key words: *Raphanus sativus* L.. Gas exchanges. Chlorophyll. Liquid photosynthesis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo área de realização do experimento. Fortaleza, UFC, 2017.....	17
Tabela 2. Médias de clorofila ‘a’, clorofila ‘b’ e área foliar (AF, cm ²) de plantas de rabanete ‘Zapp’, cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.....	20
Tabela 3. Resumo da análise de variância para as características de fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), razão entre a concentração interna de CO_2 e a ambiente (C_i/C_a) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) de plantas de rabanete ‘Zapp’, cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.	21
Tabela 4. Médias de fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) de plantas de rabanete ‘Zapp’, cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Rabanete: Origem e morfologia	12
2.1.1 Importância econômica	12
2.1.2 Importância nutricional	13
2.1.3 Manejo da cultura.....	13
2.2 Espaçamento entre covas nas linhas de cultivo e densidade de plantas por cova.....	14
2.3 Aspectos fisiológicos	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma planta de porte pequeno, sendo sua raiz o principal órgão de interesse econômico (FILGUEIRA, 2008). A produção, a nível mundial, é de aproximadamente sete milhões de toneladas, sendo o Japão o maior produtor (ITO; HORIE, 2008). No Brasil, a produção anual é de aproximadamente nove mil toneladas, sendo geralmente produzida em pequenas propriedades de até cinco hectares (FERREIRA; ZAMBON, 2004). O consumo se dá principalmente na forma de saladas e conservas (SILVA; SILVEIRA, 2012) e as cultivares de rabanete que tem maior aceitação no mercado são as que apresentam raízes globulares, coloração escarlate-brilhante, polpa branca e sabor levemente picante (MAIA *et al.*, 2011).

Mesmo não estando entre as principais olerícolas de importância econômica o rabanete vem ganhando a atenção e despertando o interesse de diversos produtores. Isso porque, a cultura apresenta ciclo curto o que pode possibilitar rápido retorno econômico (SILVA *et al.*, 2015). Além disso, por apresentar porte pequeno, essa cultura pode ser amplamente explorada em associação com outras culturas em sistema de consorciação, o que pode representar uma importante fonte de renda aos produtores. Este fato reforça a importância socioeconômica dessa cultura.

Por ser cultivada em pequenas propriedades, geralmente não se tem muita tecnologia aliada à produção do rabanete. Até mesmo o uso de técnicas simples, mas de grande importância para a produção, como a definição do correto espaçamento entre covas de plantio e densidade de plantas por cova, muitas vezes não são estudadas (MINAMI *et al.*, 1998). O espaçamento exerce influência na produtividade e na qualidade final da cultura, isso porque, pode desencadear uma maior ou menor competição, entre as plantas, por água, luz e nutrientes na comunidade vegetal que é estabelecida (FABRI *et al.*, 2006).

O ajuste do arranjo espacial de cultivo em covas de plantio visa colocar um maior número de plantas por área. Para tal definição deve ser cercada de cuidado, visto que o foco principal deve ser a obtenção da máxima eficiência produtiva do cultivo. O arranjo espacial mais adequado é aquele que favorece a utilização mais eficiente de água, luz e nutrientes e isso, só é possível, quando às plantas são distribuídas uniformemente na área de produção (BEZERRA *et al.*, 2014).

De acordo com Schmitt *et al.* (1986), quanto maior for a densidade de plantio, maior será a variação entre plantas na população e, quanto mais limitante for o fator luz, maior será essa variação. O elevado número de plantas por área pode ocasionar a redução na

disponibilidade de radiação fotossintética das folhas localizadas em suas partes inferiores, o que pode acarretar na redução da taxa fotossintética líquida por planta, resultando na redução da produção (SILVA *et al.*, 2003).

Apesar do exposto, o espaçamento entre plantas e o número de plantas por cova, são importantes definições técnicas de cultivo ainda pouco estudados. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho fisiológico de plantas de rabanete submetidas a diferentes espaçamentos entre plantas e número de plantas por cova.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Rabanete: Origem e morfologia

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é umas das hortaliças utilizadas para o consumo, mais antiga que se tem conhecimento. Há registros que relatam o seu cultivo há mais de três mil anos. Até o momento, não se tem um consenso quanto a sua origem, no entanto, segundo Pereira (2002) o rabanete provavelmente teve origem no oeste asiático e sul da Europa.

A cultura é pertencente à família Brassicaceae. A planta apresenta porte reduzido, com folhas em formato de roseta, geralmente possuem coloração verde, mas podem apresentar-se arroxeadas. A inflorescência possui o eixo principal maior que os ramos laterais, com uma gema no ápice. As flores são cruciformes tetrâmeras, de coloração esbranquiçada, rosada ou arroxeadas (GUIMARÃES; FEITOSA, 2014).

A túbera de formato globular é a parte da planta que desperta o maior interesse comercial. Desenvolve-se a partir do hipocótilo e da raiz primária, podendo variar quanto à forma, tamanho e cor de acordo com a cultivar (GUIMARÃES; FEITOSA, 2014). A túbera apresenta coloração escarlate-brilhante e polpa branca, nas cultivares de maior aceitação no mercado (FILGUEIRA, 2008). O tamanho irá sempre depender de alguns fatores, sendo os principais: a variedade, a época de plantio, a fertilidade do solo, a densidade de plantio, bem como da aplicação de outros tratamentos culturais recomendados para a cultura (MINAMI *et al.*, 1998).

2.1.1 Importância econômica

A produção mundial de rabanete é de aproximadamente sete milhões de toneladas, sendo o Japão um dos maiores produtores da cultura (ITO; HORIE, 2008). No Brasil, a produção anual é de aproximadamente nove mil toneladas, sendo essa produção, em sua maior parte, realizada em pequenas propriedades de até cinco hectares (FERREIRA; ZAMBON, 2004).

Apesar do rabanete não ser considerado uma cultura de grande expressão econômica, o fato de ser produzido por pequenos produtores, confere a cultura uma elevada importância social. Além disso, a cultura contribui para a diversificação da produção nas propriedades de pequeno porte, isso porque, devido ao seu curto ciclo pode ser cultivada

isoladamente ou associada com outras culturas possibilitando o aumento na gama de produtos comercializados pelo produtor (HOFFLAND *et al.*, 1996).

Uma das principais vantagens dessa espécie, é o seu ciclo curto de produção, pode ser explorado pelos produtores que desejam aplicar, em seus cultivos, técnicas de produção mais sustentáveis, como a rotação de culturas. Ou seja, durante o tempo transcorrido entre duas outras culturas de ciclo mais longo, o cultivo do rabanete pode ser feito possibilitando ao produtor a obtenção de uma renda extra. Além disso apresenta elevada rusticidade e proporciona rápido retorno econômico (CARDOSO; HIRAKI, 2001; FILGUEIRA, 2008).

2.1.2 Importância nutricional

O rabanete é uma importante fonte de cálcio, ferro, vitaminas do complexo B1, B2, C (MINAMI; TESSARIOLI NETTO, 1997), tem elevado valor de fibras e baixo teor de caloria (CAMARGO *et al.*, 2007). De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), a composição nutricional do rabanete em 100 gramas de raiz *in natura* é de: 1,4 g de proteína, 21 mg de cálcio, 0,4 mg de ferro, 11 mg de sódio, 0,2 mg de zinco e 9,6 mg de vitamina C. Além disso, também apresenta importantes propriedades medicinais, como estimulante do sistema digestivo e expectorante natural (CAMARGO *et al.*, 2007).

2.1.3 Manejo da cultura

O rabanete se desenvolve bem em solos leves, com pH entre 5,5 a 6,8, de textura média, boa aeração, drenagem e boa capacidade de retenção de água (AMARO *et al.*, 2007). O cultivo deve ser realizado, preferencialmente, em terreno com leve declividade a fim de reduzir a lixiviação de nutrientes. Segundo Filgueira (2008), a cultura não é tolerante ao transplantio, sendo necessária a realização da semeadura direta na profundidade de 1 a 1,5 cm em covas ou sulcos de plantio.

Entre os fatores climáticos que influenciam na produção da cultura, está a temperatura. A temperatura considerada boa para a germinação é de 20 a 30° C, já durante o enchimento da raiz tuberosa, o ideal é que ela não ultrapasse os 23° C, caso contrário poderá antecipar a fase reprodutiva e comprometer o crescimento da parte comercializável, sua textura e sabor (GUIMARÃES; FEITOSA, 2014).

Durante todo o ciclo, deve-se manter o teor de água útil no solo entre 90 a 100% evitando-se, assim, problemas com rachaduras. O sistema de irrigação do tipo aspersão tem sido o mais utilizado, com aplicações frequentes e abundantes (FILGUEIRA, 2008).

Já no final do ciclo é normal que a raiz tuberosa fique parcialmente exposta, acima do solo. Nesse caso indica-se a realização da amontoa, que consiste no recobrimento da do chamado “ombro” da túbera, com uma fina camada de solo ou substrato (GUIMARÃES; FEITOSA, 2014).

Um dos problemas mais comuns na produção do rabanete, quanto a sua qualidade é a chamada “isoporização” – que torna o produto esponjoso e insípido – outro problema são as rachaduras – estas comprometem o aspecto visual da raiz que perde o valor comercial. Como prevenção, para estes problemas, deve-se manter o teor de água no solo elevado e respeitar o período de colheita das túberas antes que atinjam o tamanho máximo (FILGUEIRA, 2008).

2.2 Arranjo espacial entre linhas de cultivo e número de plantas por cova

Para o melhor aproveitamento dos fatores de produção e para se alcançar maior produtividade a campo, pesquisadores tem buscado identificar o arranjo espacial ideal para o cultivo de rabanete (TORRES *et al.*, 2003; FABRI *et al.*, 2006; AMORIM *et al.*, 2014), de forma que sua distribuição permita a máxima eficiência produtiva, ou seja, a mínima competição intraespecífica e a máxima absorção de água e nutrientes por cada planta (FABRI *et al.*, 2006).

A modificação no arranjo de plantas, por meio de variações no espaçamento entre linhas ou entre plantas dentro das linhas pode ser uma alternativa para se alcançar maior produtividade (KRÜGER *et al.*, 2011).

A densidade de plantio ideal a ser utilizada é aquela que não reduz a interceptação de radiação solar para à fotossíntese e, ao mesmo tempo, maximize a produção da matéria seca de cada planta. Um espaçamento adequado contribui para o aumento da produção de plantas, pois reduz o autosombreamento e retarda a competição por recursos do solo, aumentando a eficiência na captura e uso de recursos (CARVALHO, 2006)

Em plantios mais adensados pode ocorrer redução da capacidade produtiva das plantas, incidindo em uma maior ou menor produtividade nas diferentes espécies (HEREDIA ZARATE *et al.*, 1995). Segundo Schwambach *et al.* (2002), acima da população ótima, as túberas de rabanete produzidas são reduzidas em tamanho e perdem em valor comercial.

Sendo assim, o espaçamento entre linhas de cultivo e entre plantas, bem como o número de plantas por cova, são fatores que irão definir a população de plantas a serem cultivadas. Para se determinar esses fatores, deve-se levar em consideração o clima (chuvas, insolação, temperatura, ventos), as características químicas e físicas do solo (textura, teor de nutrientes, profundidade, relevo), as características da cultura (porte, ciclo, forma de colheita) e os tratamentos culturais a serem aplicados (SEVERINO *et al.*, 2006).

2.3 Aspectos fisiológicos

A análise de crescimento em plantas tem sido bastante utilizada na tentativa de explicar diferenças no crescimento e desenvolvimento de uma determinada cultura, sendo que tais diferenças podem ser resultantes de modificações no manejo ou no ambiente que a mesma se encontra (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011). Ao realizar o plantio de plantas em uma determinada área, as mesmas poderão competir entre si pelos fatores de produção (OLIVEIRA, 2014). Essa competição poderá acontecer pela necessidade das plantas em buscarem nutrientes, água e luz, que são essenciais para seu ciclo de vida. À medida que se aumenta a densidade de plantas, há uma redução na disponibilidade desses fatores, conseqüentemente, há impacto negativo na produção das plantas (SILVA *et al.*, 2015).

Uma das formas de tentar entender o comportamento das plantas frente a alterações na sua forma de cultivo, como por exemplo, a alteração na sua densidade populacional, é através da avaliação de seu comportamento fisiológico. É através de sua fisiologia que a planta consegue expressar se uma nova condição ou técnica de cultivo contribui ou não para o seu crescimento, desenvolvimento e produção. Por exemplo, o desenvolvimento das plantas depende da obtenção de energia, que é adquirida a partir da radiação solar, por meio da interceptação de luz e da foto-oxidação da água (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essa energia é utilizada no processo da fotossíntese, onde fotoassimilados são produzidos e acumulados nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Fisiologicamente é possível determinar a taxa fotossintética líquida de plantas em diferentes situações, o que permite inferir qual das condições é mais benéfica ou não à planta, bem como possibilita, junto ao estudo de outros fatores fisiológicos, entender a produção da planta em determinadas condições.

Alguns pesquisadores têm relacionado resultados quantitativos de produção em campo, com aspectos fisiológicos. Segundo Guimarães *et al.* (2017), em pesquisa realizada sobre sistemas de tutoramento e espaçamento de plantio na produção de feijão de metro,

houve efeito significativo em parâmetros fisiológicos como fotossíntese líquida (A) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) para o fator espaçamento. Esses pesquisadores verificaram que a fotossíntese líquida apresentou ajuste decrescente, independentemente da forma de cultivo, em função do aumento das densidades de plantio. Também Hendges *et al.* (2017), desenvolvendo pesquisa sobre o desempenho fisiológico de couve de folha em cultivo consorciado, observaram diferenças entre os cultivos solteiro e consorciado da couve de folha para a fotossíntese líquida (A) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). Em outra pesquisa, sobre o desempenho produtivo e fisiológico de cultivares de alface em diferentes espaçamentos de plantio, Lemos Neto *et al.* (2017) observaram que os maiores espaçamentos entre plantas e linhas de cultivo (0,25 x 0,25 m e 0,25 x 0,30 m) contribuíram para os maiores incrementos de massa fresca comercial. Segundo os pesquisadores, isso pode ser explicado pela menor sobreposição entre as folhas, o que promoveu menor sombreamento, permitindo a maior interceptação de luz, proporcionando maior realização de fotossíntese pelas folhas. Tal colocação foi comprovada com base nos maiores valores observados para a fotossíntese líquida nas diferentes pesquisas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, na Horta Didática da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza-CE, entre os meses de agosto e setembro de 2017. As coordenadas geográficas locais são 3° 44' 24'' S, 38° 34' 35'' O e altitude de aproximadamente 21 m. O clima do local é do tipo 'As', ou seja, tropical com verão seco (ALVARES; STAPE; SENTELHOS, 2014). Durante a realização do experimento, a temperatura máxima e mínima foi de 31 e 21,3° C, respectivamente, e umidade relativa média de 65%.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com oito tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro espaçamentos entre plantas (0,05; 0,10; 0,15 e 0,20 m) e duas densidades de plantas por cova de cultivo (uma e duas plantas). O espaçamento entre linhas de cultivo foi mantido fixo em 0,20 m para todos os tratamentos. A parcela experimental utilizada foi de 1,20 m² (1,20 m de largura x 1,0 m de comprimento).

Inicialmente, para a instalação do experimento foi realizada a limpeza da área, seguindo o preparo do solo de forma manual. Para isso foi realizado o revolvimento e a incorporação de oito litros de composto orgânico por metro quadrado no plantio. Após a incorporação do composto foi realizada coleta do solo para realização das análises químicas e físicas (TABELA 1).

Tabela 1- Características químicas e físicas do solo da área experimental. Fortaleza, UFC, 2017.

Características químicas					
pH		P	Fe	Cu	Zn
		mg kg ⁻¹			
5,9		6,0	18,8	0,8	0,40
C/N	CTC (T)	K ⁺	Na ⁺	H+Al	SB
		cmolc kg ⁻¹			
11	7,3	0,29	0,05	2,48	4,80
V		C	N	M.O.	M
		g kg ⁻¹			%
66		5,58	0,52	9,62	3,00
Características físicas					

Argila	Areia G.	Areia F.	Silte	Densidade	Textura
		g kg ⁻¹			
79	59	551	229	141	Franco Arenoso

Fonte: Laboratório de Análise de Solos, Viçosa Ltda, 2017.

A semeadura foi realizada de forma direta, utilizando-se sementes de rabanete da cultivar Zapp. Aos sete Dias Após a Semeadura (DAS) realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma ou duas plantas por cova conforme a densidade estabelecida por tratamento. Durante o ciclo da cultura foram realizados os tratos culturais necessários para o completo desenvolvimento das plantas, tais como controle de plantas daninhas (capina manual) e amontoa, utilizando-se o composto orgânico produzido no local. Também foi realizada adubação de cobertura aos 15 DAS. A irrigação foi realizada durante um tempo médio de 20 min (por turno), duas vezes ao dia (no início da manhã e ao final da tarde). Para a irrigação das plantas utilizou-se um sistema por microaspersão com vazão nominal de 126L.h⁻¹.

Aos 26 DAS realizou-se a avaliação da clorofila “a” e clorofila “b” no segundo par de folhas totalmente expandidas, com o uso de um clorofilômetro digital, modelo CFL1030 da Falker. Aos 27 DAS realizaram-se as avaliações de trocas gasosas com um analisador de gás no infravermelho (IRGA), modelo LI6400XT (LI-COR). Essa avaliação foi feita no segundo par de folhas totalmente expandidas. Foram avaliadas: 1) concentração interna de CO₂ (C_i- μmol CO₂ mol⁻¹); 2) transpiração (E- mmol H₂O m⁻² s⁻¹); 3) condutância estomática (g_s- mol H₂O m⁻² s⁻¹); 4) fotossíntese líquida (A- μmol m⁻² s⁻¹); 5) razão entre a concentração interna de CO₂ e a ambiente (C_i/C_a) e 6) eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). Aos 29 DAS determinou-se a área foliar (AF, cm²), através do integrador de área foliar LI-COR, modelo LI 3100. Após a obtenção da área foliar, calculou-se a fotossíntese bruta (FB - μmol planta⁻¹ s⁻¹) a partir da multiplicação da área foliar total da planta com sua respectiva fotossíntese líquida.

Figura 1- Avaliações com clorofilômetro (A e B) e o analisador de gás infravermelho - IRGA (C e D) de plantas de rabanete 'Zapp', cultivado em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.



Fonte: Maria Risocleuda da Costa, 2017.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis relacionadas aos pigmentos fotossintéticos e área foliar, verificou-se interação entre os espaçamentos e densidades de plantas por cova (TABELA 2).

Já para a relação entre as clorofilas 'a' e 'b' não foi verificada diferença entre os tratamentos.

Tabela 2- Médias de clorofila 'a', clorofila 'b' e área foliar (AF, cm²) de plantas de rabanete 'Zapp', cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.

Espaçamento (m)	Clorofila 'a'		Clorofila 'b'		AF (cm ²)	
	1 planta	2 plantas	1 planta	2 plantas	1 planta	2 plantas
0,05	21,11 bB	24,92 aA	4,54 Ab	4,82 bA	308,38 aA	221,55 aB
0,10	22,97 aA	23,02 bA	4,91 aA	5,24 bA	294,88 aA	241,67 aA
0,15	20,26 bB	25,37 aA	5,15 aA	6,08 aA	298,72 aA	237,55 aB
0,20	21,18 bB	26,05 aA	4,53 aB	6,04 aA	284,66 aA	260,77 aA
C.V. (%)	11,91		18,97		21,96	

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, evidenciam diferenças entre si pelo teste de Scott-knott ($p \leq 0,05$).

De forma geral, nos vegetais verdes, há maior quantidade de clorofila 'a' em relação à clorofila 'b'. Esses teores mais elevados dessa clorofila, como observado neste trabalho, podem ser explicados pelo fato dela ter um papel mais atuante no processo fotossintético e, por isso, estar em uma concentração maior nesses vegetais. A clorofila 'b', por outro lado, atua mais de forma acessória a primeira, ampliando a capacidade da planta em captar mais energia luminosa (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quanto aos teores de cada uma das clorofilas, observa-se nos resultados que ambas apresentaram concentrações superiores nos tratamentos cuja densidade de cultivo foi de duas plantas por cova (TABELA 2). Alguns fatores podem influenciar os teores de ambas as clorofilas no tecido das plantas. Um destes fatores é a redução na disponibilidade de luz. Moreira (2008), ao avaliar o efeito do sombreamento nas culturas do rabanete e da alface crespa observou, em ambas, um aumento no teor das clorofilas 'a' e 'b' conforme era reduzida a disponibilidade de luz para esses vegetais. Ou seja, quando sombreadas, as plantas podem produzir e enviar estímulos internos que passem a indicar a necessidade da produção de mais moléculas de pigmentos que serão utilizados para ampliar a captação de luz em ambientes mais sombreados.

Essa ampliação da captação de luz contribui para o aumento da taxa fotossintética e, conseqüentemente, para a produção de fotoassimilados (LUESSE; DEBLASIO; HANGARTER, 2006). Além do exposto, tanto neste experimento, como na pesquisa realizada por Martins *et al.* (2009), as plantas cultivadas em maiores densidades por cova de cultivo que, no geral, apresentaram as menores áreas foliares, foram aquelas que apresentaram uma maior concentração de clorofila ‘a’ e ‘b’ nas folhas, se comparada às plantas de mesma idade fenológica mas que apresentaram médias de áreas foliares superiores.

A menor concentração de clorofila ‘a’ e ‘b’, observada nos tratamentos com densidade de apenas uma planta por cova, está relacionado à maior área foliar apresentada pelas plantas. Nestes, possivelmente a luz não foi limitante para os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, independentemente do espaçamento entre covas nas linhas de cultivo. Tal fato pode ser comprovado ao se comparar a área foliar média das plantas submetidas à densidade de apenas uma planta por cova de cultivo, que não apresentaram diferença de área foliar entre si, independentemente do espaçamento entre plantas adotado. Tal colocação é importante, pois indica a possibilidade de se realizar pesquisas com espaçamentos, entre plantas, ainda mais reduzidos.

Pelo resumo da análise de variância, pode-se observar efeito de interação entre os diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantio por cova para a fotossíntese líquida (A) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). Para a condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO_2 (C_i) e a relação entre a concentração interna de CO_2 e a ambiente não foram observadas diferenças (TABELA 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características de fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol } H_2O \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol } CO_2 \text{ mol}^{-1}$), razão entre a concentração interna de CO_2 e a ambiente (C_i/C_a) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) de plantas de rabanete ‘Zapp’, cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.

F.V.	G.L.	Teste F					
		A	g_s	E	C_i	C_i/C_a	A/C_i
Espaçamento (E)	3	0,20	0,82	1,80	2,18	2,21	0,58
Densidade (D)	1	0,26	0,25	0,01	0,011	0,04	0,08
(E x D)	3	4,31**	1,15	0,63	0,77	0,40	3,95*
Bloco	2	4,72*	1,28	32,9**	8,11**	6,74**	7,06**
Erro	17						

Média	25,42	0,61	0,008	300,70	0,78	0,085
C.V. (%)	14,06	21,01	11,35	4,58	4,47	15,65

*** Significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste F.

Para a fotossíntese líquida (A), as maiores médias foram observadas para as plantas submetidas aos tratamentos com duas plantas por cova (TABELA 4). Tais resultados estão diretamente relacionados à concentração de clorofilas 'a' e 'b' observada para os diferentes tratamentos avaliados.

Tabela 4 - Médias de fotossíntese líquida ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) de plantas de rabanete 'Zapp', cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.

Espaçamento (m)	A		A/Ci	
	1	2	1	2
0,05	27,12 aA	22,91 aB	0,090 aA	0,070 Bb
0,10	24,55 aA	26,39 aA	0,080 aA	0,080 Aa
0,15	25,88 aB	25,94 aA	0,080 aA	0,080 aA
0,20	23,27 aB	27,31 aA	0,070 aA	0,090 Aa

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, evidenciam diferenças entre si pelo teste de Scott-knott ($p \leq 0,05$).

Quanto à eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), verificou-se que apenas o tratamento com duas plantas por cova no menor espaçamento, 0,05 m entre plantas, apresentou um rendimento inferior aos demais (TABELA 4). Tal resultado provavelmente está relacionado à menor taxa de fotossíntese líquida realizada pelas plantas submetidas a este tratamento, já que a concentração interna (Ci) de CO_2 não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos avaliados.

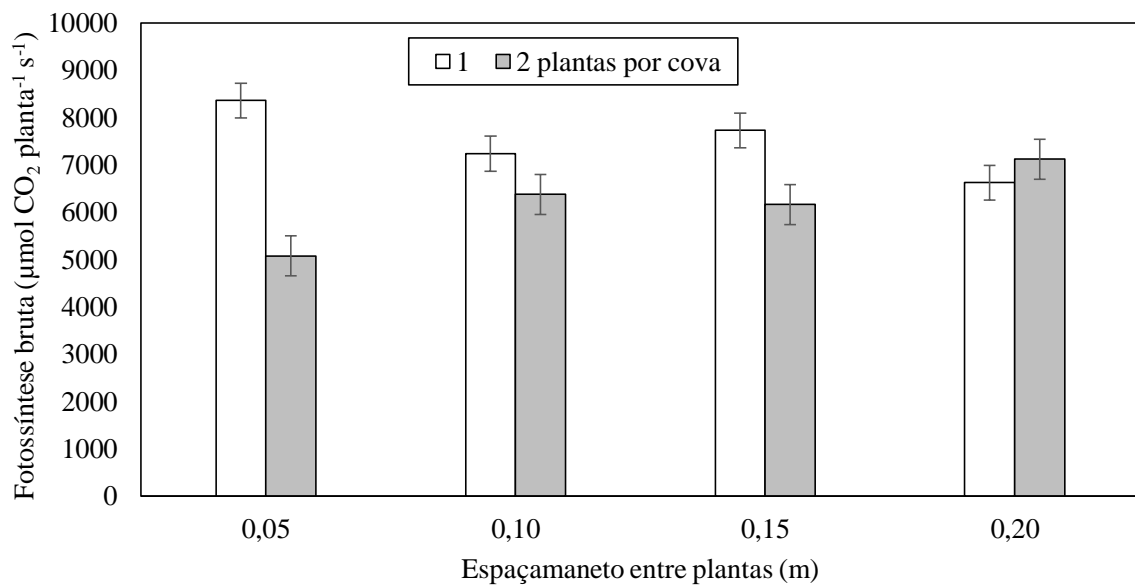
A avaliação da fotossíntese líquida, durante o processo de mensuração das trocas gasosas, é realizada de forma pontual, em uma determinada área e com suprimento de luz artificial. Sendo assim, quando a fotossíntese líquida foi determinada nas plantas submetidas aos tratamentos com densidade de duas plantas por cova, o fato delas apresentarem maiores concentrações de clorofila 'a' e 'b', por área foliar, naturalmente ocasionaram a obtenção de maiores taxas de fotossíntese líquida.

Apesar do exposto, esse importante caractere avaliado na troca gasosa não pode ser considerado o principal fator para a determinação da real capacidade fotossintética de uma planta, mas sim, seu estudo combinado com a área foliar do vegetal. Neste caso, a fotossíntese líquida obtida para uma determinada área de um vegetal, quando multiplicada pela área foliar

total obtida para o mesmo, possibilita a obtenção da chamada fotossíntese bruta (FB), que é o real indicador da capacidade de realização de fotossíntese de uma planta.

Sendo assim, para a FB, as plantas cultivadas no espaçamento de 0,20 m entre plantas, tanto na densidade de uma, quanto na de duas plantas por cova, não foi observada diferença. Para os demais espaçamentos com a densidade de apenas uma planta por cova de cultivo foram observadas maiores taxas de fotossíntese bruta (FIGURA 1).

Figura 2- Médias de fotossíntese bruta - FB ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ planta}^{-1} \text{ s}^{-1}$) de plantas de rabanete 'Zapp', cultivadas em diferentes espaçamentos entre plantas e densidades de plantas por cova. Fortaleza, UFC, 2017.



5 CONCLUSÃO

O espaçamento entre plantas combinado com diferentes densidades de plantas por cova proporcionam comportamentos fisiológicos distintos nas plantas.

A densidade de uma planta por cova combinada com os espaçamentos de 0,05 e 0,15 m entre plantas possibilitaram maiores valores de fotossíntese bruta para as plantas de rabanete.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHOS, P. C. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

AMARO, G. B.; SILVA, D. M.; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2007. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/781607/recomendacoes-tecnicas-para-o-cultivo-de-hortalicas-em-agricultura-familiar>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

AMORIM, M. S.; ALMEIDA, D. J. S.; SILVA, M. A. M.; SILVA, B. S.; FREITAS, A. F. J. Qual é o espaçamento ideal para maximizar a produção de rabanete? **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 1573, 2014.

BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; BARROS, G. L. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 335-343, 2014.

CAMARGO, G. A.; CONSOLI, L.; LELLIS, I. C. S.; MIELI, J.; SASSAKI, E. K. Bebidas naturais de frutas perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, p.181-195, 2007.

CARDOSO, A. I. I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 19, n. 3, p. 328-331, 2001.

CARVALHO, J. A. **Espaçamento e densidade de sementeira para arroz de terras altas de ciclo superprecoce**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2006.

FABRI E. G.; SALA F. C.; TAVARES P. E. R.; MELO P. C. T.; COLOMBO M. C.; MIGUEL C. H. R.; VIEIRA T. C. M.; FAVORETTO P.; MINUTTI C. R.; ANTI G. R. Efeito do espaçamento e época de plantio sobre a produção de rabanete. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46. 2006, Goiânia. Anais... Associação Brasileira de Horticultura, 2006. (CD-ROM).

FERREIRA C. J.; ZAMBON F. R. A. Análise dos preços de rabanete no Estado de São Paulo. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, 2004. (Suplemento, CD-ROM).

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2º ed., 2008. 421 p.

GUIMARÃES, M. A.; FEITOSA, F. C. Rabanete: condições ideais para o cultivo. **Campo & Negócio**, v. VIII, n. 106, p. 6-8, 2014.

GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; ARAÚJO, R. B.; LIMA NETO, B. P.; SILVA, V. B.; MESQUITA, R.O. Sistema de tutoramento e espaçamento de plantio na produção de feijão de metro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 507-514, 2017.

- HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; MESQUITA, R. O. Physiological performance and competitive ability in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* 'Manteiga da Georgia') intercropped with importante aromatic species and herbs. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, p. 1181-1187, 2017.
- HOFFLAND, E.; NIEMANN, G. J.; VAN PELT, J. A.; PUREVEENR, J. B. M.; EIJKEL, G. B.; BOON, J. J.; LAMBERS, H. Relative growth rate correlates negatively with pathogen resistance in radish: the role of plant chemistry. **Blackwell Science Ltd, Plant, Celt and Environmentl**, v. 19, p. 1281-1290, 1996.
- ITO, H.; HORIE, H. A. A. Chromatographic method for separating and identifying intact 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate in japanese radish (*Raphanus sativus* L.). **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 42, n. 2, p. 109-114, 2008.
- KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G.; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes de produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1448-1453, 2011.
- LEMONS NETO, H. S.; GUIMARÃES, M. A.; TELLO, J. P. J.; MESQUITA, R. O.; DOVALLE, J. C. ; LIMA NETO, B. P. Productive and physiological performance of lettuce cultivars at different planting densities in the Brazilian Semi-arid region. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 771-779, 2017.
- LUESSE, D. R.; DEBLASIO, S. L.; HANGARTER, R. P. Plastid movement impaired 2, a new gene involved in normal blue-light-induced chloroplast movements in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 141, p. 1328-1337, 2006.
- MAIA, P. M. E.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, O. M. P.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A. Desenvolvimento e qualidade do rabanete sob diferentes fontes de potássio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 148-153, 2011.
- MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; SILVA, A. P. O.; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 82-87, 2009.
- MINAMI, K.; CARDOSO, A. I. I.; COSTA, F.; DUARTE, R. Efeito do espaçamento sobre a produção em rabanete. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p 169–173, 1998.
- MOREIRA, V. F. **Desempenho agrônômico e alterações morfofisiológicas de hortaliças submetidas a sombreamento para o cultivo orgânico com faixas intercalares**. 2008. 122f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica- RJ, 2008.
- OLIVEIRA, S. G. **Alelopatia e potencialidade do consórcio entre rúcula e capim-cidreira**. 2014. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, 2014.
- PEIXOTO, C.P.; CRUZ, T.V.; PEIXOTO, M.F.S.P.; Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e práticas. **Enciclopédia biosfera**, v. 7, n.13, p.26, 2011.

PEREIRA, E. R. **Cultivo da rúcula e do rabanete sob túneis baixos cobertos com plásticos com diferentes níveis de perfuração**. 2002. 131f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2002.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 1, p. 50-54, 2006.

SCHMITT, J.; EHRHARDT, D.W.; CHEO, M. Light dependent dominance and supression in experimental radish populations. **Ecology**, v. 67, p. 1502-1507, 1986.

SCHVAMBACH, J. L.; ANDRIOLO, J. L.; HELDWEIN, A. B. Produção e distribuição da matéria seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 35-41, 2002.

SILVA, A. F. A.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F.; SILVEIRA, L. M. Rentabilidade do rabanete adubado com flor-de-seda em duas épocas de cultivo no semiárido de Pernambuco. **Revista Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 198-207, 2015.

SILVA, C. R. M.; SILVEIRA, M. H. D. Fertirrigação da cultura do rabanete com diferentes dosagens de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 947-953, 2012.

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1394-1400, 2015.

SILVA, J. B. C.; VIEIRA, J. V.; MACHADO, C. M. M.; LIMA, G. B. Rendimento das cultivares de cenoura Alvorada e Nantes Forto cultivadas sob diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 1-5, 2003.

TORRES, C. A. S.; REBOUCAS, T. N. H.; SIQUEIRA, L. G.; SILVA, J. C. G.; AMORIM, C. H. F.; CARDOSO, N. S. Avaliação da densidade de plantio sobre a produção e diâmetro de rabanete. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 326, 2003. Suplemento 1.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Editora Artmed, 5. ed., 2013. 954 p.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA – UNICAMP. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA UNICAMP, 2011. 161 p.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C.; RECH, J.; GRACIANO, J. D.; GOMES, H. E.; PONTIM, B. C. A. Influência do espaçamento na cultura e na colheita semi-mecanizada de inhame. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 59-60, 1995.