



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS**

**DESEMPENHO DE MUDAS DE ALFACE PRODUZIDAS NOS DIFERENTES  
VOLUMES DE CÉLULAS EM BANDEJAS E CULTIVADAS EM SISTEMA  
HIDROPÔNICO**

**TIAGO JOSÉ LEME DE LIMA**

**Araras  
2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS**

**DESEMPENHO DE MUDAS DE ALFACE PRODUZIDAS NOS DIFERENTES  
VOLUMES DE CÉLULAS EM BANDEJAS E CULTIVADAS EM SISTEMA  
HIDROPÔNICO**

**TIAGO JOSÉ LEME DE LIMA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO CESAR SALA**

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Produção  
Vegetal e Bioprocessos Associados  
como requisito parcial à obtenção do  
título de MESTRE EM PRODUÇÃO  
VEGETAL E BIOPROCESSOS  
ASSOCIADOS

Araras

2017

Lima, Tiago José Leme de

DESEMPENHO DE MUDAS DE ALFACE PRODUZIDAS NOS  
DIFERENTES VOLUMES DE CÉLULAS EM BANDEJAS E  
CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO / Tiago José Leme de Lima.

-- 2017.

59 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus  
Araras, Araras

Orientador: Fernando Cesar Sala

Banca examinadora: Rodrigo Gazaffi, Pedro Roberto Furlani

Bibliografia

undefined I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III.  
Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Tiago José Leme de Lima, realizada em 05/04/2017:

---

Prof. Dr. Fernando César Sala  
UFSCar

---

Prof. Dr. Rodrigo Gazaffi  
UFSCar

---

Prof. Dr. Pedro Roberto Furtani  
IAC

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me guiar pelos melhores caminhos para atingir mais este objetivo;

A minha família, pelo grande apoio;

Ao Professor e doutor Fernando Cesar Sala, por auxiliar e me incentivar na caminhada deste curso partilhando seus conhecimentos que foram muito além dos suficientes para a realização deste projeto;

Ao professor e doutor Rodrigo Gazaffi, pela valiosa ajuda na parte estatística desse projeto;

Ao funcionário da UFSCar, Sr. Eduardo, por compartilhar sua experiência e me ajudar na parte prática desse trabalho;

Aos alunos pertencentes ao grupo de estudos em horticultura da Universidade Federal de São Carlos, por me ajudarem nas avaliações;

Aos docentes das disciplinas, aos quais tive o prazer em participar e adquirir muito aprendizado;

Aos avaliadores deste trabalho, que foram de extrema importância por atribuírem sugestões holísticas, muitas vezes não sendo possíveis de observação no dia-a-dia de trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ii
<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	4
<b>2.1 Geral</b> .....	4
<b>2.2 Específicos</b> .....	4
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	5
<b>3.1 Sistema de cultivo hidropônico</b> .....	5
<b>3.2 Aspectos gerais da cultura da alface</b> .....	8
<b>3.3 Pendoamento de alface e ponto de colheita</b> .....	9
<b>3.4 Bandejas para a produção de mudas de hortaliças</b> .....	10
<b>3.5 Volume de substrato por célula nas bandejas</b> .....	12
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	14
<b>4.1 Primeiro experimento - Produção das mudas de alface nas bandejas com diferentes volumes de células</b> .....	14
<b>4.2 Segundo experimento - Cultivo das alfaces pós transplante no sistema hidropônico NFT</b> .....	16
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>5.1 Primeiro experimento - Avaliação da produção das mudas de alface nas bandejas com diferentes volumes de células</b> .....	20
<b>5.2 Segundo experimento - Avaliação das alfaces pós transplante no sistema hidropônico NFT</b> .....	24
<b>5.2.1 Número de folhas senescentes (NFS) e Total de folhas (TF)</b> .....	24
<b>5.2.2 Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa fresca da raiz (MFR) e Massa seca da parte aérea (MSPA)</b> .....	26
<b>5.2.3 Comprimento do caule (CC) e Produtividade (Kg</b>	

	<b>m<sup>-2</sup>).....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>36</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>46</b>

**ÍNDICE DE TABELAS**

	Página
Tabela 1. Características das bandejas utilizadas para a semeadura das alfaces no experimento. UFSCar, Araras, SP, 2016.....	16
Tabela 2. Valores médios da altura da planta (APm cm planta <sup>-1</sup> ); comprimento da raiz (CRm cm planta <sup>-1</sup> ), total de folhas (TFm folhas planta <sup>-1</sup> ), massa fresca da parte aérea (MFPAm g planta <sup>-1</sup> ), massa seca da parte aérea (MSPAm g planta <sup>-1</sup> ), massa fresca da raiz (MFRm g planta <sup>-1</sup> ) e massa seca da raiz (MSRm g planta <sup>-1</sup> ) das mudas produzidas nas bandejas com diferentes volumes de células. UFSCar, Araras, SP, 2016.....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<p>Figura 1: Bandejas utilizadas para a produção das mudas no experimento: A (Tratamento): 72 células (Número de células), 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> (Volume por célula); B: 64 células, 40 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>; C: 84 células, 35 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>; D: 162 células, 31 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>; E: 98 células, 30 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>; F: 64 células, 29 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>; G: 128 células, 27 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>; H: 128 células, 20 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> e; I: 200 células, 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>. UFSCar, Araras, SP, 2016. UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	16
<p>Figura 2. Mudanças de alface produzidas no menor (esquerda, 1, 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) e maior volume de célula (direita, 2, 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>). UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	23
<p>Figura 3A. Número de folhas em senescência (NFS planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT e 29 DAT cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	24
<p>Figura 3B. Total de folhas (TF planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT e 29 DAT cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	24
<p>Figura 4A. Massa fresca da parte aérea (MFPA g planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT e 29 DAT cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	28
<p>Figura 4B. Massa fresca da raiz (MFR g planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT e 29 DAT cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	28
<p>Figura 4C. Massa seca da parte aérea (MSPA g planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT e 29 DAT cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	28
<p>Figura 5. Plantas de alface colhidas aos 22 DAT no sistema hidropônico NFT tendo como origem mudas produzidas no maior (esquerda, 1, 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) e menor volume de célula (direita, 2, 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) de bandejas de plástico. UFSCar, Araras, SP, 2016.....</p>	30

- Figura 6A. Comprimento do caule (CC cm planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT e 29 DAT cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016..... 31
- Figura 6B. Produtividade (Kg m<sup>-2</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT e 29 DAT cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes de célula. UFSCar, Araras, SP, 2016..... 31

# DESEMPENHO DE MUDAS DE ALFACE PRODUZIDAS NOS DIFERENTES VOLUMES DE CÉLULAS EM BANDEJAS E CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO

**Autor: TIAGO JOSÉ LEME DE LIMA**

**Orientador: Prof. Dr. FERNANDO CESAR SALA**

## RESUMO

O cultivo hidropônico de alface em sistema NFT (Nutrient Film Technique) tem utilizado mudas obtidas em bandejas com volumes menores, exigindo dois transplantes (da bandeja para a fase intermediária e posteriormente para o definitivo). O uso de mudas produzidas em maiores volumes de célula poderia proporcionar o transplante diretamente aos perfis definitivos, além de, possivelmente assegurar o menor ciclo de cultivo de plantas de alface nesse sistema. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o desempenho de mudas de alface produzidas em diferentes volumes de células de bandejas e seu posterior transplante visando a precocidade na colheita e dispensa da utilização da fase intermediária em sistema hidropônico NFT. Foram realizados dois experimentos subsequentes. No primeiro experimento, efetuou-se a produção e avaliação das mudas em diferentes volumes de células de bandejas (50, 40, 35, 31, 30, 29, 27 e 20 e 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) e, após 40 dias, no segundo experimento, estas foram transplantadas diretamente aos perfis definitivos do NFT, com exceção das mudas produzidas no volume 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> que primeiramente permaneceram 10 dias na fase intermediária antes do seu transplante no definitivo. Nos dois experimentos adotou-se o delineamento em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. Nas mudas, avaliaram-se as características: Altura da planta (APm cm planta<sup>-1</sup>); Comprimento da raiz das mudas (CRm cm planta<sup>-1</sup>); Total de folhas das mudas (TFm folhas planta<sup>-1</sup>); Massa fresca da parte aérea das mudas (MFPAm g planta<sup>-1</sup>); Massa seca da parte aérea das mudas (MSPAm g planta<sup>-1</sup>); Massa fresca da raiz das mudas (MFRm g planta<sup>-1</sup>) e; Massa seca da raiz das mudas (MSRm g planta<sup>-1</sup>). Após o transplante das alfaces no sistema NFT, avaliaram-se aos 22 dias após transplante (DAT) e 29 (DAT), as características: Número de folhas em senescência (NFS planta<sup>-1</sup>); Total de folhas (TF planta<sup>-1</sup>); Massa fresca da parte aérea (MFPA g planta<sup>-1</sup>); Massa fresca da raiz (MFR g planta<sup>-1</sup>); Massa seca da parte aérea (MSPA g planta<sup>-1</sup>); Comprimento do caule (CC cm) e Produtividade (Kg m<sup>-2</sup>). O melhor desempenho das mudas esteve aliado ao aumento do volume por célula das bandejas. Após o transplante, o melhor desempenho das alfaces foi gerado da utilização de mudas produzidas em maiores volumes de célula. Nos volumes de 20 a 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, não houve a necessidade da fase intermediária para as mudas e o número de transplantes reduziu de dois para um, contraio ao volume de 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>. Mudas produzidas nas bandejas com 40 e 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> proporcionaram colheita aos 22 DAT de cultivo no sistema NFT.

# PERFORMANCE OF LETTUCE SEEDLINGS PRODUCED IN DIFFERENT VOLUMES OF CELLS IN TRAYS AND GROWN IN HYDROPONIC SYSTEM

**Author: TIAGO JOSÉ LEME DE LIMA**

**Advisor: Prof. Dr. FERNANDO CESAR SALA**

## ABSTRACT

The hydroponic cultivation of lettuce in the NFT (Nutrient Film Technique) system has used seedlings obtained in trays with smaller volumes, requiring two transplants (from the tray to the nursery and then to the definitive). The use of seedlings produced in larger volumes of cells could provide the transplant directly to the definitive profiles, besides possibly ensuring the smallest cycle of lettuce plant growth in this system. Thus, the objective of this work was to verify the performance of lettuce seedlings produced in different volumes of trays cells and their subsequent transplant aiming at precocity at harvest and exemption from the use of nursery phase in hydroponic NFT system. Two subsequent experiments were performed. In the first experiment, seedlings were grown and evaluated in different volumes cells of trays (50, 40, 35, 31, 30, 29, 27, 20 and 10 cm<sup>3</sup> cell<sup>-1</sup>) and, after 40 days, in the second experiment, were transplanted directly to the definitive profiles of the NFT, with exception of the seedlings produced in volume 10 cm<sup>3</sup> cell<sup>-1</sup> that first remained 10 days in the nursery before its definitive transplant. In both experiments, it was adopted a completely randomized block design with four replications. In the seedlings, the following characteristics were evaluated: Plant height (PH cm plant<sup>-1</sup>); Root length of seedlings (RLs cm plant<sup>-1</sup>); Total leaves of seedlings (TLs leaves plant<sup>-1</sup>); Fresh seedling aerial mass (FSAM g plant<sup>-1</sup>); Dry mass of the aerial part of the seedlings (DMAPS g plant<sup>-1</sup>); Fresh seedlings and root pasta (FSRP g plant<sup>-1</sup>); Dry mass of seedlings root (DMSR g plant<sup>-1</sup>). After the transplanting of lettuces in the NFT system, were evaluated at 22 days after transplant (DAT) and 29 (DAT) the characteristics: Number of leaves in senescence (NLS plant<sup>-1</sup>); Total leaves (TL plant<sup>-1</sup>); Fresh mass of the aerial part (FMAP g plant<sup>-1</sup>); Fresh root pasta (FRP g plant<sup>-1</sup>); Aerial shoot dry mass (ASDM g plant<sup>-1</sup>); Stem length (ST cm) and Productivity (Kg m<sup>-2</sup>). The best performance of the seedlings was ally with the increase in volume per cell of trays. After transplant, the best performance of lettuces was generated from the use of seedlings produced in larger cell volumes. In the volumes of 20 to 50 cm<sup>3</sup> cell<sup>-1</sup>, there was no need for the nursery for the seedlings and the number of transplants reduced from two to one, contrary to the volume of 10 cm<sup>3</sup> cell<sup>-1</sup>. Seedlings produced in trays with 40 and 50 cm<sup>3</sup> cell<sup>-1</sup> provided harvest at 22 DAT of cultivation in the NFT system.

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema hidropônico NFT (Nutrient Film Technique) é uma técnica de cultivo muito difundida em todo o mundo, sendo que seu uso pelos produtores está crescendo em muitos países. O cultivo nesse tipo de sistema está rapidamente desenvolvendo-se como meio de produção vegetal, especificamente em hortaliças. Esta é uma técnica alternativa de cultivo onde há uma solução aquosa contendo somente os elementos minerais necessários aos vegetais, substituindo o solo (FURLANI, 1998). A hortaliça alface é a folhosa mais utilizada no sistema hidropônico no Brasil.

Esse agronegócio tem alavancado diversos setores envolvidos com esse sistema, dentre eles, a produção de mudas. Mudanças de boa qualidade, podem corresponder à 60% do sucesso final da cultura, melhorando, o aspecto sanitário, a eficiência operacional, precocidade, custos e, a qualidade dos produtos colhidos (CARMELLO, 1995). As mudas devem possuir características fisiológicas adequadas aos diferentes processos de produção a que estas serão submetidas pós-transplante (MINAMI, 1995).

Uma das características da produção de mudas hortícolas são os inúmeros modelos de bandejas existentes, contendo, quantidade, volume, profundidade e formato de células diferentes (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo de alface em sistema NFT no Brasil, comumente utiliza-se de mudas oriundas de bandejas de 200 células ( $10 \text{ a } 12 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ), contendo pequeno volume de substrato em sua célula e, conseqüente, menor desenvolvimento das mudas em função do sistema radicular tornar-se restrito nesses volumes (MENEZES JUNIOR et al. 2000). Em função do uso desse tipo de bandeja, as mudas devem passar por dois transplantes no sistema NFT: primeiramente, da bandeja para a fase de adaptação (fase intermediária), no qual permanecerão em torno de 7 a 12 dias em bancadas constituídas por perfis menores e; posteriormente, da fase intermediária à fase definitiva, a qual é constituída por perfis maiores (canos com maior diâmetro), onde irão desenvolver-se até atingirem seu ponto de colheita. O pequeno tamanho das mudas produzidas em bandejas de  $10 \text{ a } 12 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  impossibilita o transplante diretamente para a fase definitiva, pois as mudas com sistema radicular restrito (pequeno), tendem a não permanecerem no local do transplante devido o escoamento da lâmina de solução nutritiva corrente sobre as tubulações. Devido o maior número de transplantes, pressupõe que danos nas raízes e na parte aérea das plantas possam ocorrer em função dessa técnica, ocasionando estresse nas plantas e conseqüente agravamento dos custos de produção através da utilização de mais mão de obra e espaço ocupado pelas bancadas da fase intermediária dentro do sistema de produção, diminuindo a capacidade produtiva do sistema.

O uso de mudas produzidas em bandejas com maior volume de substrato por célula poderia proporcionar mudas mais desenvolvidas inibindo o uso da fase intermediária, pois quando a raiz tem desenvolvimento livre, esta duplica seu comprimento, sendo que seu espaço explorado poderá ser até oito vezes maior (PRIMAVESI, 2002). Essas mudas poderiam ser transplantadas diretamente para a fase definitiva do sistema NFT, tendo em vista que mudas oriundas dessas bandejas podem apresentar boa capacidade de adaptação ao novo ambiente pós transplante, maior resistência contra danos mecânicos no momento do transplante e conseqüente redução de custos. Isto já foi demonstrado por diversos autores em várias espécies de hortaliças, porém no transplante para o cultivo com o uso do solo (REGHIN et al. 2007b; LIMA et al. 2009; RODRIGUES et al. 2010; COSTA et al. 2011; MAGGIONI, 2014). Postula-se também que, em função do maior desenvolvimento dessas mudas, o ciclo de colheita da alface poderia ser reduzido no NFT, tendo em vista que com a utilização de mudas produzidas em volumes de

10 a 12 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, observa-se a colheita das alfaces de forma mais tardia. Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar a influência de diferentes volumes de células de bandejas na produção de mudas de alface e posterior cultivo em sistema hidropônico NFT, visando a precocidade na colheita e o transplante diretamente ao perfil definitivo, sem a necessidade da fase de adaptação (fase intermediária).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar o desempenho de mudas de alface produzidas nos diferentes volumes de células em bandejas e sua produção após o transplante em sistema hidropônico NFT.

### **2.2 Específicos**

- Avaliar as características agronômicas de mudas de alface produzidas em diferentes volumes de célula em bandejas de plástico;
- Avaliar a possibilidade do uso de mudas produzidas em diferentes volumes de células para a dispensa do uso da fase intermediária após o transplante em sistema hidropônico NFT;
- Avaliar a possibilidade de colheita precoce no cultivo da alface no sistema NFT utilizando mudas produzidas em maiores volumes por célula de bandeja.

## REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 Sistema de cultivo hidropônico

O termo hidroponia é originário da língua grega: *hidro* = água e *ponos* = trabalho. Esta ciência estuda o cultivo de plantas sem o uso do solo, podendo receber o auxílio de substratos inertes, tais como, cascalho, areia, vermiculita, perlita, lâ de rocha, serragem, casca de árvores, entre outros.

Hidroponia é uma técnica de cultivo bastante antiga. Relatos de cultivos para fins de pesquisa começaram entre as civilizações dos antigos astecas, chineses e egípcios no ano de 1600 (MARTINEZ, 2006; MARTINEZ e SILVA, 1997). Avanços expressivos para seu uso comercial ocorreram somente na década de 30, através dos estudos do professor de nutrição de plantas William Frederick Gericke da Universidade da Califórnia dos E.U.A. (RESH, 1985).

Segundo Castellane e Araujo (1995), a primeira produção em escala considerável e a popularização dos sistemas hidropônicos só ocorreu na segunda guerra mundial, onde os Estados Unidos alimentavam seus soldados com vegetais produzidos em sistemas hidropônicos por inundação e drenagem, localizados nas ilhas áridas dos Oceanos Pacífico e Atlântico (DOUGLAS, 1987). Após o domínio de

parte do Japão, os americanos mantiveram plantios hidropônicos na cidade de Chofu e nesta mesma época a hidroponia foi requisitada para alimentação também no Brasil, onde as circunstâncias daquele momento eram a defesa do extenso litoral brasileiro pelos soldados americanos e brasileiros (MOREIRA, 1985). Entretanto, de acordo com Donnan, citado por Silva e Melo (2016), após o término da segunda guerra, o uso da hidroponia ainda não era economicamente viável para os produtores, sendo que seu cultivo no mundo não ultrapassava mais de 10 ha.

O cenário da produção de hortaliças em hidroponia começou a mudar na década de 60 no Canadá, considerado um dos grandes produtores de tomate em cultivo protegido, em função da incidência de doenças oriundas do solo. A solução dos produtores prejudicados com esta situação foi evitar o uso do solo, aderindo o cultivo em sacos de plásticos preenchidos com serragem e irrigados. Após este acontecimento, investimentos e estudos científicos intensificaram-se no segmento da plasticultura voltadas à hidroponia (SILVA e MELO, 2016). Após o Canadá, a hidroponia migrou para o continente Europeu e posteriormente para a América do Sul.

No Brasil a produção de vegetais em sistema hidropônico NFT, chegou no início da década de 90, cerca de 60 anos após o início dos seus estudos nos Estado Unidos. Atualmente, o Brasil é um dos grandes destaques mundiais nos estudos e na expansão das áreas com cultivos nesse sistema. A produção de hortaliças em hidroponia está localiza próxima a grandes centros urbanos e 90% dos produtores optam pelo cultivo de hortaliças na técnica NFT (MELLO, 2016).

O sistema NFT proporciona aos produtores uma série de benefícios: utilização de baixo volume de água e do controle de qualidade da mesma; uso de pequenas quantidades de fertilizantes; redução do uso de defensivos; redução dos tratos culturais durante o ciclo da cultura; antecipação da colheita; melhor qualidade e preços dos produtos obtidos; produção fora de época (sazonalidade); redução dos riscos provenientes de adversidades climáticas e; rápido retorno econômico (SILVA e SCHWONKA, 2011).

Atualmente para o cultivo da alface em NFT, devido ao uso predominante de mudas oriundas de bandejas com pequenos volumes de substratos aliada ao tamanho dos perfis hidropônicos encontrados nas hidroponias, exige-se o uso de uma fase de adaptação destas mudas para que as mesmas possam ser transplantadas na fase definitiva. Este processo funciona da seguinte forma: as

mudas em bandejas são produzidas em viveiro, posteriormente, são transplantadas (1º transplante) na fase intermediária (fase de adaptação) onde se desenvolvem por cerca de 8 a 15 dias e, finalmente há um segundo transplante destas para os perfis na fase definitiva (desenvolvimento final até a colheita).

De maneira geral, a realização de dois transplantes pode acarretar problemas inerentes ao aspecto fisiológico das plantas, afetando assim, sua qualidade e, também o aumento dos custos de produção, pois ocorrerá maior exigência de mão de obra, insumos (fertilizantes e defensivos) e período de cultivo, além de que, a fase de adaptação ocupa em torno de 10% da área útil de um sistema hidropônico e exige normalmente um tanque de solução nutritiva a parte para estas mudas. Portanto, o produtor hidropônico que adquire mudas de viveiristas está demandando plantas produzidas em tamanho de recipientes que proporcionem excelente crescimento após o transplante e menor tempo até a colheita, ou seja, mudas produzidas em bandejas com maior volume de célula e que evitem o uso da fase intermediária.

Em visitas técnicas realizadas em várias localidades de produção de alface hidropônica, tem-se observado o grande potencial desta técnica de uso de mudas maiores, popularmente conhecida como “MUDÃO”, obtidas a partir de bandejas com maior capacidade volumétrica por célula para o transplante diretamente no perfil definitivo excluindo da fase intermediária. Além do mais, observa-se que os ganhos com o uso desta técnica podem ser obtidos também em relação a colheitas mais precoces, tendo em vista os períodos praticados atualmente com o uso de mudas produzidas em bandejas com menores volumes. No entanto, ainda é desconhecido qual o volume ideal de célula para a produção das mudas visando atingir essas hipóteses no cultivo de alface no sistema NFT. Dentro desse contexto, comparar os diferentes tipos volumes de bandejas poderá contribuir para melhor indicação/uso deste tipo de técnica usando transplante definitivo sem o uso da etapa intermediária e pressupondo uma colheita mais precoce.

### 3.2 Aspectos gerais da cultura da alface

A *Lactuca sativa* L., popularmente conhecida como alface, é pertencente à família Asteraceae, tribo Cichoraceae e gênero *Lactuca*. Esta planta é considerada anual e de clima ameno (HENZ e SUINAGA, 2009). Sua origem é atribuída ao Egito, 4500 a.C., onde pressupõe-se que sua usabilidade se dava como forrageira e para a extração de óleo das suas sementes (LINDQUIVIST, 1960). Do Egito, seu cultivo foi difundido para a Grécia, Roma e por toda a Europa. No Brasil e demais países da América do Sul, a chegada da alface ocorreu simultaneamente com a descoberta do continente.

A alface é a hortaliça folhosa mais importante do mundo e possui diversos segmentos varietais, sendo os mais conhecidos, a americana, crespa, lisa, roxa, mimosa e romana (SALA e COSTA, 2012). No Brasil, em função da existência de diversas condições climáticas encontradas nas diferentes regiões do país, há o cultivo de diversos segmentos varietais, no entanto, o segmento predominante é o das alfaces crespas que respondem a 65% do mercado, seguido pelas americanas com 25% e o restante contemplado pelas lisas, roxas, mimosas e romanas (ABCSEM, 2016). O segmento das alfaces crespas é caracterizado por plantas que não formam cabeça, possibilitando sua tolerância contra doenças advindas de alta umidade, ocasionadas por períodos de grande precipitação (SALA e COSTA, 2012).

No Brasil, em 2011, houve uma estimativa da produção de alface em 1,276 milhão de toneladas em área plantada em torno de 50 mil hectares. Em 2012, de acordo com a Embrapa (2012), o Brasil produziu cerca de 1.624 milhões de toneladas. Nesse mesmo ano a cultura da alface gerou 1.738 milhões de reais para produtores, 2.908,3 no atacado, 8.002,2 para o varejo, 405 em mão de obra, 192 em fertilizantes, 57,4 em agroquímicos, 151,2 para embalagens e, 34,7 milhões de reais para sementes (ABCSEM, 2014).

O estado de São Paulo abrange uma área de aproximadamente 7.500 ha de alface, com uma produção de 5.763.296 engradados com nove dúzias cada, gerando valores na ordem de R\$ 36.817.139,20. O cultivo desta hortaliça é feito geralmente em propriedades próximas a cidades com grande poder de consumo, como é o caso do município de Mogi das Cruzes, um dos maiores produtores de alface no estado de São Paulo com uma área de cultivo de 1.405 ha (IEA, 2016).

### 3.3 Pendoamento de alface e ponto de colheita

A alface é originária e tem seu desenvolvimento normal em regiões de clima ameno com temperatura em torno de 20°C, sendo que ambientes com temperaturas superiores tendem a influenciar o estímulo ao seu pendoamento precoce, ou seja, a ocorrência de alongamento do caule que é responsável pelo florescimento na planta, sendo que este acentua-se conforme o aumento gradativo da temperatura (FILGUEIRA, 2000). Isso significa dizer que, conforme o aumento da temperatura acima de 20°C, mais rápido será o período de passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo. A fase vegetativa das alfaces é encerrada através da total formação da cabeça sendo que os caules podem chegar até o tamanho de 15 cm, após esse período, caracteriza-se a fase reprodutiva (DANTAS, 2012). No entanto, alfaces com a presença de caules com 15 cm não são ideais à comercialização em função do aspecto visual indesejado e também pela dificuldade no embalamento dessas plantas com elevado tamanho. No entanto, além da temperatura, o pendoamento prematuro pode ser influenciado pelo genótipo das plantas, onde algumas cultivares tendem a antecipar seu estágio de florescimento e outras não (NESPOLI et al. 2009).

Outro fator conjunto ao aumento de temperatura que pode influenciar o alongamento dos caules das plantas de alface é o espaçamento. A maior ou menor densidade de plantas por área gera comportamento produtivo diferenciado nas plantas. O menor espaçamento entre plantas pode causar competição por luz, nutrientes e água entre o grupo de plantas, fazendo com que estas sejam estimuladas a entrar o mais rápido possível em sua fase e atividades de reprodução para que logo possam produzir suas sementes visando a manutenção de seus genes para futuras gerações (ZANINE e SANTOS, 2004). Silva et al. (2016), verificaram que alta densidade (187.000 planta ha<sup>-1</sup>), devido um espaçamento menor (0,20 m entre plantas x 0,20 m entre linhas), proporcionou o aumento em altura do caule das plantas de alface crespa cv. Regina colhida aos 30 dias após o transplante oriundo de mudas produzidas em bandejas de 200 células. O aumento de espaço entre as plantas tende a ser benéfico em função do menor estiolamento do caule da planta e melhorando as características, como massa e número de folhas (REGHIN et al. 2002).

Sem dúvida, o espaço reduzido entre plantas pode causar mudanças na arquitetura das plantas como demonstrado por Santos et al. (2007), desta forma e considerando o ponto de vista comercial, a mudança na estrutura das plantas gera imperfeições e muitas vezes ocasiona baixa qualidade em alfaces. As principais características não desejáveis do ponto de vista comercial em função da ocorrência do pendoamento prematuro, são a má formação da cabeça e o rápido acúmulo de látex nas folhas, tornando-as indesejáveis ao paladar humano devido ao seu gosto amargo (CÁSSERES, 1980). Em função do pendoamento prematuro, significa dizer que as plantas assinalaram o fim do seu estágio comercial, forçando muitas vezes os alfacicultores a antecipar o período de colheita (MALUF, 1994).

### **3.4 Bandejas para a produção de mudas de hortaliças**

O uso de bandejas para a produção de mudas hortícolas começou em meados da década de setenta nos Estados Unidos, chegando cerca de 20 anos após ao Brasil (MINAMI, 1995). No início, as bandejas eram fabricadas com material de poliestireno expandido, comumente conhecidas como bandejas de isopor e este material foi utilizado por muitos anos por viveiristas e produtores. Estas bandejas na época eram de grande importância para o setor, pois segundo Marques et al. (2003), possibilitavam diversos benefícios às mudas, tais como: mudas com torrão, substituindo mudas com raízes nuas; homogeneidade das mudas; melhores condições térmicas para as raízes em função do material que confecciona o isopor e; a produção maior em quantidade de plantas por espaço (FILGUEIRA, 2000).

Os benefícios do uso de bandejas de poliestireno expandido prevaleceram-se por vários anos, no entanto, o processo de transporte das mudas dos viveiristas aos produtores aliado ao manuseio junto ao solo no momento do transplante e reutilização contínua da bandeja, começou a influenciar de modo negativo a sanidade e a produção final das plantas. Muitos patógenos se alojavam e eram carregados pelos pequenos espaços gerados na estrutura do material que confecciona esse tipo de bandeja, onde essa característica dificultava a desinfecção desse material para posterior semeadura. Em função dos problemas ocasionados pelo uso de bandejas de poliestireno expandido, posteriormente, procedeu-se o uso de bandejas a partir de polietileno (plástico), cujo material apresentava melhores características para a sua desinfecção, favorecendo a redução da proliferação de

doenças. Pode-se considerar que, um dos grandes avanços da horticultura moderna foi o surgimento da produção de mudas em bandejas, principalmente em bandejas de plástico (MINAMI, 1995).

Atualmente há um grande movimento econômico no aprimoramento de bandejas de polietileno, sendo estas desenvolvidas de maneira específica para cada cultura, havendo mudanças no seu volume de substrato por células, coloração, profundidade das células, número de células e, formato de suas células, podendo ser cônicas, piramidais, cúbicas ou cilíndricas (MINAMI, 2010).

O número de células e seu volume em bandejas comerciais é variável, sendo encontradas de 20 até 460 células, com volumes de 8 até 70 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> ou mais.

A produção de mudas de alface atualmente caracteriza-se pelo uso de bandejas de 200 e 288 células, com volumes entre 8 a 12 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>. No entanto, alguns trabalhos, mesmo não especificando o volume por célula nas bandejas, mencionam o melhor desenvolvimento das mudas de alface quando cultivadas em bandejas com menores quantidades de células, originalmente, com maior volume por célula, como encontrado por Lima et al. (2007) em bandeja com 72, comparadas com 128 e 200 e células; Trani et al. (2004), em bandeja com 200 comparado com 288 células; Marques et al. (2003), em mudas oriundas de bandejas de 128 células (25,09 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) na comparação com 200 (12,39 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) e 288 (7,93 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>); Machado et al. (2008), em bandeja de 128 frente aos recipientes de 200, 242, 288 e 450 células e; Resende et al. (2003), no comparativo de 128 com 200 e 288 células.

O volume por célula de bandejas atrelado ao desenvolvimento da muda está relacionado ao ganho econômico dos produtores envolvidos em todo o processo de produção da cultura da alface, onde, os viveiristas são atraídos pela utilização de bandejas produtoras de maior quantidade de mudas por espaço, tendo menor quantidade de substrato e, produtores do pós-transplante, preferem mudas produzidas em bandejas com menores quantidade de células e maior volume de substrato por célula, pois a produção nestes recipientes proporcionam mudas melhores desenvolvidas (GODOY e CARDOSO, 2005). Contudo, os trabalhos encontrados na literatura, mencionam apenas a produção de mudas voltadas para sua utilização em solo, sendo escassos os relatos científicos sobre a produção de mudas visando o cultivo em sistema hidropônico NFT. Convém ressaltar que, mudas com volumes de célula muito altos, podem dificultar o transplante destas em campo

devido ao maior torrão, pois torna-se necessário a abertura de um maior orifício ao solo para o seu transplante, no entanto, em hidroponia NFT essa dificuldade poderia ser contornada em função das mudas maiores não necessitarem da fase intermediária, dessa forma, reduzindo o número de transplantes.

### **3.5 Volume de substrato por célula nas bandejas**

O espaço limitado ao desenvolvimento do sistema radicular, torna mais difícil o suprimento de fatores de produção que atribuem o crescimento otimizado e desenvolvimento normal da muda (MENEZES JÚNIOR et al. 2000). Assim, quando não há o impedimento ao crescimento normal do sistema radicular das mudas nas células das bandejas, ocorrerá menor competição entre o grupo de plântulas que compõe as bandejas, pois ocorrerá a melhor absorção por cada indivíduo da água e nutrientes fornecidos, dessa forma, as raízes das mudas podem dobrar de tamanho quando produzidas em células de menor volume (PRIMAVESI, 2002).

Para as hortaliças, o fator volume de substrato por célula das bandejas pode influenciar a qualidade das mudas. O espaço disponível para o crescimento das raízes pode influenciar positivamente a produção de mudas em diversas culturas: Bar-tal et al. (1990), pimentão; Reghin et al. (2007a), cebola; Reghin et al. (2007b), chicória; Lima et al. (2009), tomate cereja; Costa et al. (2011), berinjela e; Maggioni (2014), manjeriço. Portanto, mudas oriundas de bandejas com células de maior volume são mais vigorosas, apontando uma melhor relação entre a raiz e parte aérea, assegurando desta forma o melhor desenvolvimento das plantas e, posteriormente, maior resistência contra danos mecânicos no momento do transplante, boa capacidade de adaptação ao novo ambiente pós transplante, maior resistência ao ataque de patógenos e redução de custos envolvidos com a produção.

Os diferentes volumes de células podem afetar diretamente no ciclo final das culturas. Resultados da produção final em lavouras de couve-flor são influenciados pelo maior volume de substrato, onde bandejas com volume de  $34,6 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  obtiveram maior rendimento equiparadas as bandejas com  $9,7 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  (GODOY, 2005). Para o melhor desenvolvimento de berinjela a campo é indicado bandejas com  $121,2 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  (COSTA, 2011). Para o melhor rendimento da cultura do pack choi (*Brassica chinensis* L.) em campo, também é indicado o uso de

bandejas de 72 células (120 mm de profundidade x 50 mm de largura da célula) (REGHIN; OTTO e VINNE, 2003). Porém, resultados distintos são encontrados na produção a campo da flor calêndula (*Calendula officinalis* L.), em que bandejas de 40 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> e 12 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> que não influenciaram significativamente na produção final (BARBOSA et al. 2010).

O cultivo hidropônico de alface em sistema NFT requer altos investimentos, pressupondo que, mudas produzidas em bandejas com maiores volumes de célula para esse sistema, poderiam proporcionar a dispensa do uso da fase intermediária e também a colheita precoce, onde as mudas seriam transplantadas diretamente aos perfis definitivos, desta forma, podendo assegurar o menor ciclo de produção, rápido retorno de capital e menores injúrias às plantas. No entanto, as pesquisas até o momento estão voltadas para produção de mudas para posterior transplante à campo, com o uso do solo, sendo que, para a hidroponia ainda há uma grande lacuna a ser preenchida com informações voltadas para a utilização de mudas produzidas em maiores volumes visando o cultivo hidropônico NFT.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Primeiro experimento - Produção das mudas de alface nas bandejas com diferentes volumes de células**

A produção das mudas foi realizada na empresa produtora de mudas de hortaliças, IBS Mudas, localizada no município de Piracicaba-SP, entre os meses de fevereiro a março de 2016. As coordenadas geográficas do local são de 547 m de altitude, 22°37'46" de latitude Sul e 47°36'07" de longitude Oeste. A região se enquadra no clima tipo Cwa segundo Köeppen, caracterizada pelo clima com verões quentes e úmidos e invernos secos, existindo pluviosidade ao longo do ano. A temperatura média e a precipitação pluvial média anual são de 20,8°C e 1.255 mm, respectivamente.

As bandejas utilizadas foram todas confeccionadas de polietileno (plástico), apresentando dimensões diferentes (Figura 1 e Tabela 1).

Para a semeadura foram utilizadas sementes peletizadas de alface crespa cv. Vanda (Sakata®), adaptada as condições tropicais, onde cada célula das referentes bandejas receberam uma única semente. O substrato utilizado foi a fibra de coco (Amafibra®). Depois de semeadas, as bandejas foram mantidas em sala de germinação em ambiente controlado sob temperatura de 25°C e umidade relativa de 80% por um período de dois dias. Logo após, as bandejas foram alocadas em estufa

agrícola para o desenvolvimento das mudas, com estrutura tipo arco, tendo 100 m de comprimento, 10 m de largura e 4 m de pé direito. A altura da bancada para a colocação das bandejas foi de 0,50 m. As paredes laterais e frontais foram de tela antiáfideo, com cobertura de plástico de polietileno com 150  $\mu\text{m}$  e piso de concreto. A irrigação e fertirrigação foi por aspersão em sistema de barras móveis. As mudas foram mantidas em ambiente protegido por um período de 40 dias.

O delineamento experimental foi em inteiramente casualizado com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram formados por plantas produzidas nos nove tipos de bandejas (Figura 1 e Tabela 1). Cada repetição constou de uma bandeja. Para cada repetição, subdividiu-se a bandeja em duas partes, onde a primeira parte foi reservada para avaliação do experimento com as mudas e, a segunda parte para o transplante no experimento no sistema NFT. Avaliaram-se seis plântulas por repetição que foram coletadas ao acaso na primeira parte da bandeja, excluindo-se as plantas das margens das bandejas (bordadura).

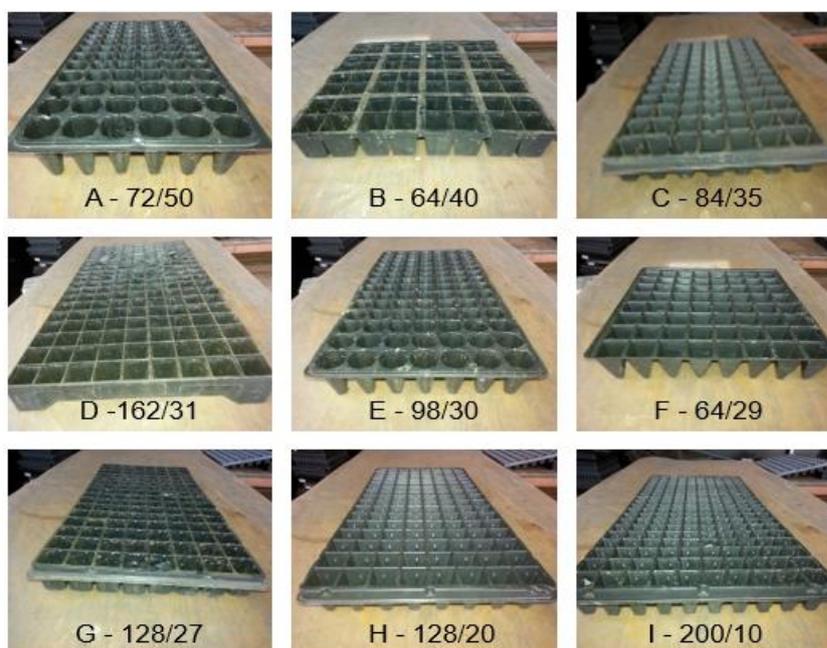
Para análise das características das mudas, as mesmas foram retiradas das bandejas e posteriormente separadas a parte aérea das raízes. As raízes foram lavadas em água corrente para a retirada do substrato. Para a mensuração da massa das mudas utilizou-se uma balança de precisão (Modelo - Milsimal Bel Engineering). Na averiguação da massa seca, as plantas ficaram dois dias sob temperatura de 65°C em estufa de secagem (modelo M 035/Marconi). Foram analisadas as seguintes características: Altura da planta ( $\text{APm cm planta}^{-1}$ ), medição com régua, do cólo até a extremidade da muda; Comprimento da raiz das mudas ( $\text{CRm cm planta}^{-1}$ ), medido de uma extremidade a outra da raiz; Total de folhas das mudas ( $\text{TFm folhas planta}^{-1}$ ), contagem das folhas a partir de um centímetro de comprimento; Massa fresca da parte aérea das mudas ( $\text{MFPAm g planta}^{-1}$ ), medição conjunta da massa das folhas e caule; Massa seca da parte aérea das mudas ( $\text{MSPAm g planta}^{-1}$ ), mensuração conjunta da massa seca das folhas e caules; Massa fresca da raiz das mudas ( $\text{MFRm g planta}^{-1}$ ), medição do peso fresco da raiz e; Massa seca da raiz das mudas ( $\text{MSRm g planta}^{-1}$ ), medição da massa seca da raízes.

Para análise dos dados utilizou-se o software estatístico Assisat, realizando análise de variância e comparação de médias pelo teste Scott-Knott a 1% de probabilidade.

**Tabela 1.** Características das bandejas utilizadas para a semeadura das alfaces no experimento. UFSCar, Araras, SP, 2016.

Bandejas	NC	VPC	P	AB	F
A	72	50	6	13,78	Cônico
B	64	40	5	22,78	Cubo
C	84	35	4	15,6	Cubo
D	162	31	5,5	22,78	Piramidal
E	98	30	5,5	13,52	Cônico
F	64	29	6	11,56	Piramidal
G	128	27	4	13,52	Cubo
H	128	20	4,5	13,52	Piramidal
I	200	10	4	13,52	Piramidal

**NC:** número de células; **VPC:** volume por célula em  $\text{cm}^3$ ; **P:** profundidade em centímetros; **AB:** área da bandeja em centímetros quadrados e; **F:** formato.



**Figura 1:** Bandejas utilizadas para a produção das mudas no experimento: **A** (Tratamento): 72 células (Número de células),  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  (Volume por célula); **B:** 64 células,  $40 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ; **C:** 84 células,  $35 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ; **D:** 162 células,  $31 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ; **E:** 98 células,  $30 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ; **F:** 64 células,  $29 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ; **G:** 128 células,  $27 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ; **H:** 128 células,  $20 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  e; **I:** 200 células,  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ . UFSCar, Araras, SP, 2016.

#### 4.2 Segundo experimento - Cultivo das alfaces pós transplante no sistema hidropônico NFT

O transplante das mudas e o cultivo das alfaces no NFT ocorreu em 14/03/2016 sendo conduzido na área experimental pertencente ao Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal da Universidade Federal de São Carlos, no Centro de Ciências Agrárias, localizado no município de Araras-SP. O

delineamento experimental no sistema hidropônico foi em blocos inteiramente casualizado com nove tratamentos correspondentes às mudas produzidas nos diferentes volumes de célula, com quatro repetições constituídas de 45 plantas cada. As mudas produzidas nas bandejas com volumes de 50, 40, 35, 31, 30, 29, 27 e 20  $\text{cm}^3$  célula<sup>-1</sup> foram transplantadas diretamente na fase definitiva. Já para as mudas produzidas na bandeja com volume de 10  $\text{cm}^3$  célula<sup>-1</sup>, ocorreu, primeiramente, o transplante na fase intermediária, sendo que essas mudas permaneceram por 10 dias até atingirem tamanho adequado para efetuar-se o segundo transplante na fase definitiva. A estrutura para a fase definitiva contou com uma moto bomba d'água auto-aspirante (motor de 1 cv, vazão máxima de 3600 L hora<sup>-1</sup>), reservatório com capacidade de 5000 L, cobertura de tela vermelha 30%, paredes laterais compostas também por telados vermelhos com comprimento de 40 m, largura de 48 m e 1,95 m de pé direito. Para a fase definitiva, foram utilizadas 4 bancadas contendo 7 perfis de 75 mm (7,5 cm de altura e 10 cm de diâmetro, cada perfil) com 15 m de comprimento e espaçamento de 0,30 m entre perfis e 0,25 m entre plantas. A declividade das bancadas foi de 6%. O arranjo estrutural para a fase intermediária correspondeu a uma moto bomba e reservatório com capacidade para 500 L, perfis de 35 mm (5 cm de altura e 7 cm de largura, cada perfil), com espaçamento de 0,10 m entre plantas e 0,15 m entre perfis, que foram alocados em bancadas com largura total de 15 m, declividade de 6%, cobertura de tela vermelha 30% e paredes laterais também compostas por telados vermelhos.

A solução nutritiva utilizada para a realização da fertirrigação foi a proposta por Furlani (1999): 100 g de MAP (Fosfato monoamônico, N: 11% + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 60%, solúveis em água, marca Hoyal®) / 1000 L de água; 500 g de Nitrato de Cálcio (N: 15,5% + Ca: 19%, marca YaraLiva®) / 1000 L de água; 500 g de Nitrato de Potássio (N: 12% + K<sub>2</sub>O: 45%, marca Heringer®) / 1000 L de água; 350 g de Sulfato de Magnésio (Mg: 9% + S: 11,9%, marca Heringer®) / 1000 L de água e; 20 g de Micronutrientes (Micro Conplant®) (B: 1,82% - Cu EDTA: 1,82% - Fe EDTA: 7,26% - Mn EDTA: 1,82% - Mo:0,3%, Ni: 0,335% - Zn EDTA: 0,73%) / 1000 L de água. Essa solução foi utilizada tanto para as plantas da fase intermediária quanto para as plantas da fase definitiva. O esquema de circulação da solução nutritiva na tubulação, foi de 15 em 15 minutos durante o dia (6:00 às 18:00) e 15 minutos a cada 4 horas durante o período noturno. A vazão da solução nutritiva no sistema hidropônico foi ajustada para 1,8 L por minuto por perfil no sistema definitivo e, na

fase intermediária para 0,5 L por minuto por perfil. O controle dos valores de pH e condutividade elétrica foram realizados e mantidos diariamente entre 5,5 a 6,5 e 1,6 a 1,7, respectivamente, desde o momento do transplante até a colheita das alfaces, tanto para a fase intermediária quanto na definitiva, conforme recomendado por Furlani (1999).

Para o controle preventivo de pragas e doenças aplicou-se aos 13 dias, o produto Benevia® - Dupont® (Cyantraniliprole) na dose de 1 g L<sup>-1</sup>, para o controle de insetos e, Serenade® – Basf® (*Bacillus subtilis* linhagem QST 713) 2,8 mL L<sup>-1</sup>, para o controle de fungos e bactérias.

A colheita das alfaces foi procedida quando essas atingiram o ponto horticultural para consumo. Para avaliação, a parcela foi subdividida de forma que a colheita fosse realizada em duas épocas, a primeira aos 22 dias após transplante (DAT) em 04/04/16, onde foram retiradas oito plantas e, a segunda aos 29 DAT em 11/04/16 amostrando mais oito plantas. Posteriormente, separou-se a parte aérea das raízes, sendo avaliadas as seguintes características: número de folhas em senescência (NFS planta<sup>-1</sup>) folhas não aptas à comercialização e de coloração amarelada, sendo que, houve a medição somente na colheita aos 29 DAT, não ocorrendo folhas neste estágio aos 22 DAT; Total de folhas (TF planta<sup>-1</sup>), folhas aptas ao consumo com comprimento superior a um centímetro, somadas as folhas em senescência; Massa fresca da parte aérea (MFPA g planta<sup>-1</sup>), massa do caule e folhas conjuntamente; Massa fresca da raiz (MFR g planta<sup>-1</sup>), medição do seu peso; Massa seca da parte aérea (MSPA g planta<sup>-1</sup>), massa seca das folhas e caules conjuntamente; Comprimento do caule (CC cm), medição com uso de régua, da base até a extremidade superior do caule e; Produtividade (kg m<sup>-2</sup>), realizada, extrapolando-se os resultados da MFPA g planta<sup>-1</sup> para uma população de 413 plantas por bancada (total de plantas na bancada) e posteriormente dividido pelo tamanho da bancada em metros quadrados (30 m<sup>2</sup>).

Para a análise dos resultados foram combinadas as duas épocas de colheita. Visando estudar prioritariamente a relação existente entre o volume e as demais variáveis estudadas para cada uma das épocas, adotou-se o modelo hierárquico definido a seguir:

$$y_{ijk} = \mu + c_k + cv_{ik} + e_{ijk}$$

em que,  $y_{ijk}$  corresponde a variável observada para o volume  $i$ , na repetição  $j$  e na época  $k$ ;  $\mu$  é a média geral;  $c_k$  o efeito da  $k$ -ésima colheita;  $cv_{ik}$  é o efeito aninhado do volume  $i$  dentro do volume  $k$ , sendo considerado como quantitativo;  $e_{ijk}$  erro experimental. Quando o efeito de volume dentro das épocas de colheita foi significativo buscou-se modelar uma regressão polinomial de primeiro até terceiro grau, ordens superiores não foram consideradas devido à dificuldade de interpretação. Para definir o grau do polinômio foi realizado o teste F para falta de ajuste dos desvios da regressão, isto é, ao ajustar um modelo de regressão linear testou se os desvios de regressão eram significativos, se isto ocorresse, testava-se um polinômio de ordem superior (quadrático), caso contrário o modelo linear era utilizado. O mesmo processo era repetido visando testar se o modelo quadrático era explicativo ou se era necessário o ajuste de uma regressão cúbica (GOMES, 2009). A análise foi realizada através do software estatístico R (R Core Team, 2015), em especial o pacote ExpDes (FERREIRA et al. 2013).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Primeiro experimento - Avaliação da produção das mudas de alface nas bandejas com diferentes volumes de células**

Observou-se diferença estatística entre todos os volumes em todas as características estudadas (Tabela 2). O volume por células das bandejas foi importante na produção das mudas, sendo este impactante em todas as características avaliadas, pois o aumento do volume de célula influenciou nos maiores resultados e qualidade das características das mudas. O maior volume de célula evita a restrição do sistema radicular causada pelo pequeno tamanho da célula, tornando dessa forma mais disponíveis ao sistema radicular os fatores que atribuem a melhor formação das raízes, como a quantidade de substrato, ar, água e nutrientes (REGHIN et al. 2007a). Visualmente é possível observar a diferença entre os resultados encontrados para as mudas do menor volume ( $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) quando comparadas ao maior volume ( $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) (Figura 2).

Para a característica altura da planta (APm), houve menor valor de  $5,7 \text{ cm planta}^{-1}$  em mudas produzidas na bandeja de  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , seguido pelo grupo das bandejas com  $20$  a  $35 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  que apresentaram médias entre  $6$  a  $8 \text{ cm}$

planta<sup>-1</sup>. As maiores médias foram para os volumes 50 e 40 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> que produziram mudas com 9,9 e 9 cm planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Trani et al. (2004), no uso de bandejas de poliestireno com 200 células em mudas de alface crespa cv. Vera, encontraram APm de 8 cm planta<sup>-1</sup>, maior do que o revelado por esta pesquisa para a mesma bandeja, contida de 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>. No entanto, utilizando bandejas de isopor com 128 células, a APm de 5,41 cm planta<sup>-1</sup> foi observada em mudas de alface lisa cv. Regina, valor este que praticamente assemelhou-se a bandeja de 200 células com 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> dessa pesquisa (SILVA e QUEIROZ, 2014). Todos os autores não mencionam volume de célula.

No comprimento da raiz das mudas (CRm), obteve-se de 9 a 11 cm planta<sup>-1</sup> nos volumes de 20 a 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, respectivamente, e 7 cm planta<sup>-1</sup> no menor volume de 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, sendo a diferença de CRm do menor para o maior volume (10 e 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) de 4 cm planta<sup>-1</sup>. A menor muda (média de 7 cm planta<sup>-1</sup>) dessa pesquisa assemelhou-se a encontrada (média de 7,27 cm planta<sup>-1</sup>) em alface lisa cv. maravilha de verão, por Medeiros et al. (2007), porém, com o uso de bandeja de 128 células. Monteiro Filho et al. (2013), encontrou CRm médio de 9 cm planta<sup>-1</sup> em mudas de alface manteiga cv. Vitória de Santo Antão produzidas em bandejas de isopor de 200 e 242 células, sendo este resultado superior ao 7,37 cm planta<sup>-1</sup> encontrado nessa pesquisa na bandeja de 200 células com 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>. Os autores não mencionam volume de célula.

O maior número de folhas das mudas (TFm) foi encontrado em bandejas com 35 a 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> (6 folhas planta<sup>-1</sup>). As bandejas com volumes de 20 a 31 e 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> apresentaram mudas com 5 e 4 folhas planta<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo que estes resultados mantiveram-se abaixo dos encontrados por Marques et al. (2003) em mudas de alface crespa cv. Vera produzidas em bandejas de isopor contendo 25, 12,39 e 7,93 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, com TFm de 5,45, 5 e 4,55 folhas planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

Na massa fresca da parte aérea das mudas (MFPAm), observou-se que as bandejas de 10, 20, 27 e 31 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> demonstraram mudas com 1, 1,7, 1,5 e 1,6 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, tornando-se inferiores em relação aos demais volumes. Os volumes 29, 30 e 35 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> apresentaram mudas com 2,5, 2,3, 2,4 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Os melhores resultados foram observados em 40 e 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> com mudas de 2,7 e 3,1 g planta<sup>-1</sup>. Lima et al. (2007), em mudas de alface manteiga cv. Babá de Verão, não notaram diferença estatística entre bandejas de

200, 128 e 72 células (não mencionam volume) que apresentaram média de MFPAm de 7 g planta<sup>-1</sup>, diferindo dessa pesquisa para as bandejas com as mesmas quantidades de células. O efeito do volume da célula de bandejas também foi observado por Lemos Neto et al. (2014) em outra espécie de hortaliça folhosa, a Couve-chinesa (*Brassica pekinensis* L), utilizando bandejas de polipropileno com volumes de 31, 18 e 11 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> onde a MFPAm foi maior conforme aumentava-se o volume.

Para a massa seca da parte aérea das mudas (MSPAm), obteve-se o melhor índice em mudas produzidas na bandeja com 40 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> que demonstrou 0,22 g planta<sup>-1</sup>, seguido das bandejas com 50, 35 e 30 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> com média de 18 a 20 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, e o volume 29 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, média de 0,14 g planta<sup>-1</sup>. Os volumes 31, 27 e 20 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, obtiveram mudas com média 11 g planta<sup>-1</sup>, sendo que a menor média de 0,07 g planta<sup>-1</sup> correspondeu às mudas produzidas no menor volume de 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>. Os resultados para as mudas das bandejas com 128 e 200 células (27, 20 e 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) foram inferiores aos 0,25 e 0,14 g planta<sup>-1</sup> encontrados em mudas de alface americana por Resende et al. (2003) para essas mesmas quantidades de células, porém com o uso de bandejas de isopor (poliestireno expandido). No entanto, os autores não mencionam o volume de célula.

A menor massa fresca da raiz das mudas (MFRm) foi encontrada em 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> (0,45 g planta<sup>-1</sup>) e os volumes 20 e 27 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> obtiveram 0,7 g planta<sup>-1</sup>. Já os volumes de 29 a 35 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> demonstraram médias de 0,9 g planta<sup>-1</sup> e, resultados superiores foram encontrados em volumes com 40 e 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> (1,1 g planta<sup>-1</sup>), praticamente assemelhando-se a 0,1607 g planta<sup>-1</sup> encontrado por Queiroz et al. (2015), no entanto, para mudas de alface crespa cv. Grand Rapids produzidas em bandejas de plástico com 200 células, cujo volume não é mencionado.

Para a massa seca da raiz das mudas (MSRm) os menores resultados foram observados em 10 a 27 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, com médias entre 0,03 a 0,05 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Os volumes de 29 a 35 obtiveram mudas com médias entre 0,06 a 0,08 g planta<sup>-1</sup> e os maiores volumes de 40 e 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, apresentaram a maior massa, 1 g planta<sup>-1</sup>. Estes resultados estão acima dos encontrados por Lima et al. (2007), em mudas de alface manteiga cv. Babá de Verão nas bandejas 72, 128 e 200 células, com massas de 0,036, 0,023 e 0,013 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (não mencionam volume).

O efeito do volume de células de bandejas sobre as características agrônômicas de mudas, também é encontrado em outras espécies de hortaliças, Horta et al. (2001) em beterraba; Cerqueira et al. (2015), pepino; Modolo, Neto e Ortigozza (2001) em quiabo e; Reghin, Otto e Vinne (2003) em pack choi.

**Tabela 2.** Valores médios da altura da planta (APm cm planta<sup>-1</sup>); comprimento da raiz (CRm cm planta<sup>-1</sup>), total de folhas (TFm folhas planta<sup>-1</sup>), massa fresca da parte aérea (MFPAm g planta<sup>-1</sup>), massa seca da parte aérea (MSPAm g planta<sup>-1</sup>), massa fresca da raiz (MFRm g planta<sup>-1</sup>) e massa seca da raiz (MSRm g planta<sup>-1</sup>) das mudas produzidas nas bandejas com diferentes volumes de células. UFSCar, Araras, SP, 2016.

Bandeja	NC	V	APm	CRm	TFm	MFPAm	MSPAm	MFRm	MSRm
A	72	50	9.97 a	10.56 b	6.00 a	3.12 a	0.20 b	1.17 a	0.10 a
B	64	40	9.03 b	10.05 b	6.24 a	2.68 b	0.22 a	1.16 a	0.10 a
C	84	35	7.80 d	11.41 a	6.05 a	2.40 b	0.18 b	1.00 b	0.08 b
D	162	31	6.53 f	10.23 b	5.08 b	1.62 c	0.11 d	0.98 b	0.06 b
E	98	30	8.58 c	9.28 c	5.24 b	2.28 b	0.19 b	0.95 b	0.07 b
F	64	29	7.79 d	10.27 b	5.40 b	2.49 b	0.14 c	0.95 b	0.06 b
G	128	27	7.25 e	11.38 a	5.50 b	1.48 c	0.11 d	0.77 c	0.05 c
H	128	20	8.33 c	9.21 c	5.24 b	1.67 c	0.11 d	0.70 c	0.04 c
I	200	10	5.71 g	7.33 d	3.75 c	0.95 d	0.07 e	0.45 d	0.03 c
<b>CV%</b>			4.01	7.04	4.73	18.08	11.56	9.27	33.22

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade. **NC:** Número de células da bandeja; **V:** Volume (cm<sup>3</sup>) por célula da bandeja.

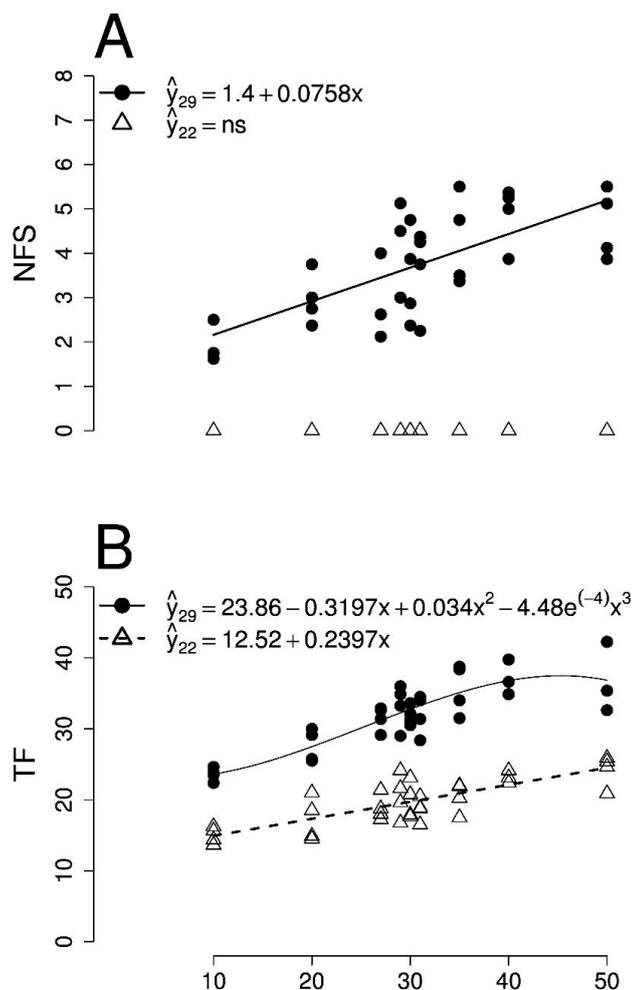


**Figura 2.** Mudanças de alface produzidas no menor (esquerda, 1, 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) e maior volume de célula (direita, 2, 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) de bandejas de plástico. UFSCar, Araras, SP, 2016.

## 5.2 Segundo experimento – Avaliação das alfaces pós transplante no sistema hidropônico NFT

### 5.2.1 Número de folhas senescentes (NFS) e Total de folhas (TF)

Aos 22 dias após o transplante (DAT) não foram encontradas folhas em senescência (NFS). No entanto, aos 29 DAT observou-se a presença de folhas nesse estágio (Figura 3A). Ao realizar o estudo de regressão é possível perceber que o melhor modelo para estes dados é uma equação de primeiro grau, cujo coeficiente angular 0,0757, ou seja, há um aumento de 0,75 folhas senescentes por planta, com aumento de  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , sendo que o modelo explicou 83,14% de toda a variação existente.



**Figura 3A** - Número de folhas em senescência (NFS planta<sup>-1</sup>) e **3B** – Total de folhas (TF planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT (△) e 29 DAT (●) cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.

Os valores superiores de NFS nas plantas desses tratamentos serviram para demonstrar o estágio avançado das plantas quando comparadas aos demais tratamentos. O valor do NFS de  $1,9 \text{ planta}^{-1}$  para o menor volume de célula na colheita aos 29 DAT acarreta no menor “toalete” (remoção das folhas inferiores que se encontram em senescência), contrapondo aos resultados encontrados nas alfaces produzidas em bandejas de  $29 \text{ a } 50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ .

A toalete é um dos manejos adotados pelos hidroponicultores no momento da colheita antes do embalamento das plantas em sacolas plásticas, sendo que quanto maior o NFS, maior será o tempo gasto pelos trabalhadores com a realização desta atividade. Aos 29 DAT ocorreram maior NFS nas plantas oriundas de bandejas de maior volume, necessitando de mais toalete das plantas, quando comparadas com as alfaces obtidas das bandejas de volume de  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ . Na segunda colheita, as folhas situadas na base das plantas oriundas dos maiores volumes por célula, passaram a sofrer sombreamento pelas folhas superiores que interromperam a maior parte da energia solar incidente, favorecendo o acúmulo de etileno responsável pela indução do amarelecimento e posterior morte das folhas inferiores das plantas, provavelmente, devido ao espaçamento que tornou-se adensado perante o desenvolvimento dessas alfaces aos 29 DAT. Este efeito foi encontrado em plantas de manjerição (BARREIRO et al. 2006). Situação similar foi encontrada, porém, em mudas de alface produzidas em bandejas com 128 células e transplantadas em diferentes idades em solo, no qual plântulas com idades mais avançadas tenderam ao aumento de NFS em função do seu maior desenvolvimento, no entanto, esses autores não mencionam volume de célula desta bandeja (ANDRIOLO et al. 2003).

Ao considerar a variável total de folhas (TF), observou-se que há associação com o volume das células, para ambos os períodos de colheita (Figura 3B).

Para a colheita aos 22 DAT o crescimento foi linear ( $R^2$  de 93,14%), ou seja, o TF cresce de maneira constante para o intervalo da variação do volume das células. Ao considerar a colheita aos 29 DAT observou-se uma regressão de terceiro grau explicando 75,23% da variação total. Neste caso, o total de folhas tem crescimento considerável em bandejas com células de até  $30 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , sendo o TF máximo das bandejas entre  $40 \text{ e } 50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ .

Nas duas colheitas, as menores quantidades de folhas por planta foram atribuídas aos volumes de  $20 \text{ e } 10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ . Vale ressaltar que para as mudas de

alfaces produzidas em volume de  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , houve a necessidade de dois transplantes, primeiramente, da bandeja para a fase intermediária e, após 10 dias, da fase intermediária para a fase definitiva. Aos 22 DAT, houve diferença de 61,9% em TF entre as alfaces oriundas do maior ( $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) para o menor volume ( $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) e de 62,8% na colheita aos 29 DAT para estes mesmos tratamentos, demonstrando semelhanças para desenvolvimento das plantas entre as duas colheitas. Cultivando diversas variedades de alface em sistema hidropônico NFT e utilizando mudas produzidas em espuma fenólica de  $8 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , foi encontrado aos 30 DAT, TF de  $27 \text{ planta}^{-1}$  para todas as variedades estudadas (MAGALHÃES et al. 2010). Utilizando o mesmo volume ( $8 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) e período de colheita 39 DAT no cultivo de alface crespa Casaroli et al. (2003) observaram-se TF de  $26,4 \text{ planta}^{-1}$ .

O efeito do volume sobre TF também foi encontrado em outras espécies olerícolas além da alface. Kano et al. (2008), em couve-brócolo em campo utilizando de mudas provenientes de bandejas com  $34,6$  e  $22,3 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , não verificaram para TF diferença estatística entre médias de  $23,9$  e  $23,6 \text{ planta}^{-1}$ , respectivamente. No entanto, para a cultura da cebola, bandejas com  $40 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  foram superiores estatisticamente em TF em relação aos volumes  $16 \text{ cm}^3$  e  $12 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  (REGHIN et al. 2007a).

### **5.2.2 Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa fresca da raiz (MFR) e Massa seca da parte aérea (MSPA)**

A variável massa fresca da parte aérea (MFPA) foi influenciada significativamente pelo volume de células (Figura 4A). Contudo, aos 22 DAT ajustou-se uma regressão linear, em que MFPA aumentou constantemente ao longo dos diferentes volumes ( $R^2 = 89\%$ ) e por outro lado aos 29 DAT a resposta foi quadrática ( $R^2 = 96,85\%$ ), ou seja, o aumento em MFPA é maior considerando o período da segunda colheita justificando assim a escolha de bandejas de células maiores. Vale ressaltar que as plantas produzidas em bandejas com  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , que necessitam de dois transplantes, apresentaram MFPA de  $96 \text{ g planta}^{-1}$  e, as bandejas com  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  apresentaram plantas com  $237 \text{ g planta}^{-1}$ , uma diferença entre os dois volumes de  $141 \text{ g planta}^{-1}$  ( $59,5\%$ ) na primeira colheita (22 DAT). Já para a segunda colheita aos 29 DAT, o menor volume de célula originou

plantas com 246 g planta<sup>-1</sup> e o maior volume 439,5 g planta<sup>-1</sup>, diferenciando-se o peso em 194 g planta<sup>-1</sup> (56%).

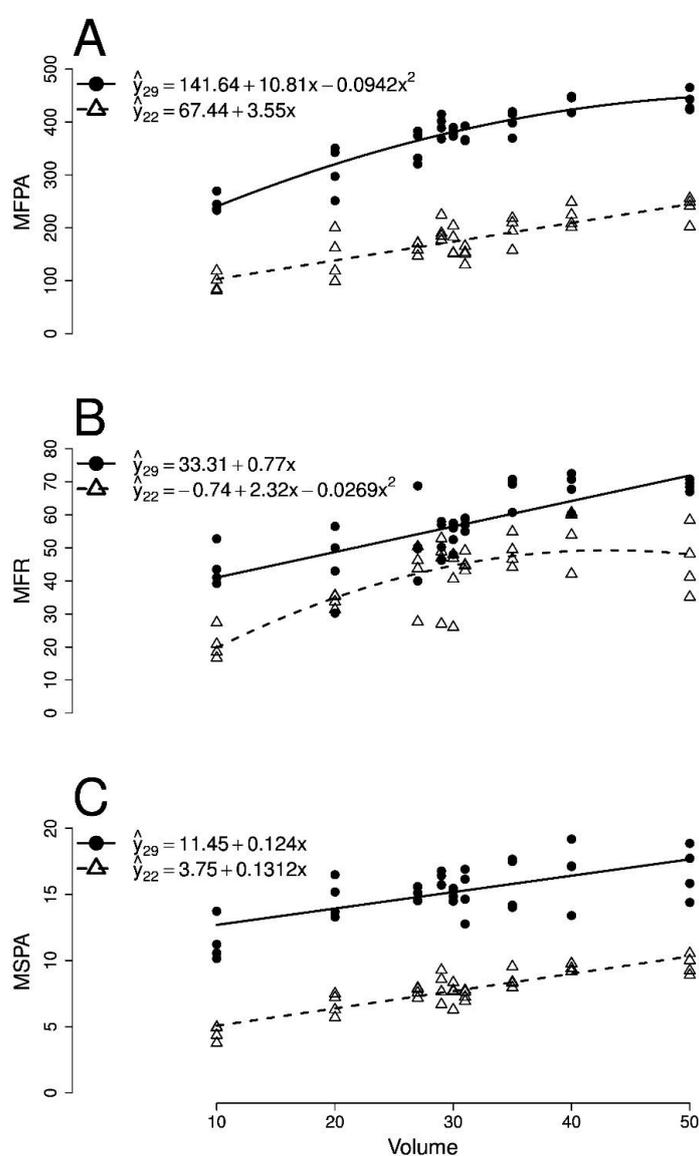
Ortiz et al. (2015), pesquisando o cultivo da alface mimosa cv. Lavínia em solo e com o uso de bandejas de 10, 12 e 14 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, verificaram o aumento da MFPA conforme aumento do volume das células. O peso ideal de MFPA da alface para comercialização pode variar conforme a cultivar e tipo de manejo utilizado (espaçamento, adubação, tempo de cultivo, etc). Santi et al. (2013) estudando três cultivares de alface americana mencionaram médias de MFPA de 156,5 g a 307,2 g planta<sup>-1</sup> aos 80 DAT, dessa forma, demonstrando a variação de peso encontrada.

No presente estudo, as plantas oriundas das bandejas com volumes de 40 a 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, já apresentavam aos 22 DAT alfaces com bom aspecto horticultural para o consumo e comercialização, atingindo MFPA acima de 200 g planta<sup>-1</sup>. Mesmo com MFPA inferiores aos 22 DAT perante os volumes de 40 e 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, as alfaces oriundas de bandejas com 35, 30 e 29 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, também já apresentavam desenvolvimento adequado para comercialização, com pesos de 195, 184 e 194 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, demonstrando a necessidade de antecipação da colheita frente às alfaces produzidas em bandejas de 10 e 20 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, que apresentaram ponto ideal de colheita somente aos 29 DAT.

Nos volumes 35, 30 e 29 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, observou-se aos 29 DAT, que a MFPA estava acima de 350 g planta<sup>-1</sup>, havendo grande número de folhas basais já em senescência e presença de plantas pendoadas, que consiste no alongamento do caule e início da formação de primórdios florais (SILVA; LEAL e MALUF. 1999). Aos 29 DAT, as únicas plantas que apresentavam aspecto adequado para o comércio foram as produzidas em bandejas de 10 e 20 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, com 287 e 246 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo que para os volumes de 40 a 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, ocorreu tendência de diminuição da MFPA, provavelmente causada pelo maior número de NFS, cujas folhas apresentavam-se desidratadas e conseqüentemente não contribuindo para o aumento da MFPA nas plantas desses volumes. Blat et al. (2011), encontraram MFPA de 130,6 g planta<sup>-1</sup> em alfaces provenientes de bandejas com 8 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> e com idade de 28 DAT em sistema hidropônico NFT.

Ao levarmos em consideração a MFPA conjuntamente com o aspecto visual (Figura 5) como alguns dos indicadores para o ponto de colheita e, compararmos o ciclo de cultivo pós transplante das plantas produzidas em bandejas com maior (50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) e menor (10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) volume de célula, para o primeiro volume que

foi colhido aos 22 DAT, há possibilidade de 16,6 ciclo ano<sup>-1</sup>, já para o segundo volume colhido aos 29 DAT, essa quantidade decresce para 12,58 ciclo ano<sup>-1</sup>, havendo uma diferença de 4,02 ciclo ano<sup>-1</sup>. Além desse incremento de safras anuais, mudas oriundas de volume de 50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup> reduzem o número de transplantes de dois para um e evitam a utilização do uso da fase intermediária, pressupondo que através desses ganhos, ocorrerá redução com custos de produção, aumento da lucratividade e aumento da qualidade das plantas colhidas em função de menores injúrias ao sistema radicular no momento do transplante no sistema NFT.



**Figura 4A** - Massa fresca da parte aérea (MFPA g planta<sup>-1</sup>), **4B** - Massa fresca da raiz (MFR g planta<sup>-1</sup>) e **4C** - Massa seca da parte aérea (MSPA g planta<sup>-1</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT (△) e 29 DAT (●) cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.

Diferentemente ao observado em MFPA, a característica massa fresca das raízes (MFR) das alfaces apresentou aos 22 DAT um crescimento quadrático ( $R^2 = 92,72\%$ ), em que o desenvolvimento das raízes é acentuado em bandeja até  $35 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  e apresentando um ponto de máximo crescimento próximo de  $40 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ . Para a colheita aos 29 DAT, observou-se crescimento linear significativo da MFR ( $R^2 = 83,37\%$ ) conforme aumentava-se o volume de substrato por célula nas bandejas (Figura 4B).

As menores MFR foram encontradas nas alfaces oriundas de bandejas de 10 e  $20 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , com 44,12 e 44,94  $\text{g planta}^{-1}$ , contrariamente aos maiores pesos de 67,81, 67,84 e 67,25  $\text{g planta}^{-1}$  observados nas raízes das plantas produzidas em bandejas de 35, 40 e  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ . Casaroli et al. (2003), utilizando bandejas com  $8 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  e cultivando diversas variedades de alface crespa em NFT que permaneceram 9 dias em fase intermediária, observaram MFR média de 50,94  $\text{g}$  aos 30 DAT, descontado o período na fase intermediária, resultado este maior que o encontrado nas raízes das mudas oriundas do menor volume dessa pesquisa.

Ao analisar a variável massa seca da parte aérea (MSPA), ajustou-se um modelo de regressão linear para as colheitas consideradas em 22 e 29 DAT, sendo os coeficientes de determinação igual a 91,27% e 77,67%, respectivamente (Figura 4C). Trata-se de situação em que a taxa de incremento é semelhante às duas épocas. Neste caso a diferença é de aproximadamente 7,7  $\text{g planta}^{-1}$  ao longo dos volumes testados, ou seja, em um mesmo volume estudado a colheita entre 29 DAT é em média 7,7  $\text{g planta}^{-1}$  maior que aos 22 DAT, sendo que a cada dia que a planta fica em cultivo hidropônico há um ganho de 1,1  $\text{g planta}^{-1}$ .

Na comparação entre MFPA e MSPA aos 22 DAT, as plantas de alfaces produzidas nas bandejas com 50, 40, 35, 31, 30, 29, 27, 20 e  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  foram compostas de massa seca em 4,08, 4,31, 4,37, 4,93, 4,34, 4,14, 4,71, 4,60 e 4,64%, respectivamente, e na segunda colheita (29 DAT), foi de 3,79, 3,80, 4,01, 3,98, 3,94, 3,95, 4,38, 4,72, 4,67%, respectivamente. Comparando os dados de transformação de MFPA em MSPA da primeira com a segunda colheita, houve diminuição do acúmulo de MSPA dos 22 aos 29 DAT. Através destes dados, deduz-se que o período de 29 DAT aliado ao espaçamento de 0,25 m entre plantas por 0,30 m entre perfis, não foi suficiente para o incremento de MSPA, pois nestas condições, as plantas encontravam-se pendoadas, não ocorrendo a transformação de MFPA em MSPA.

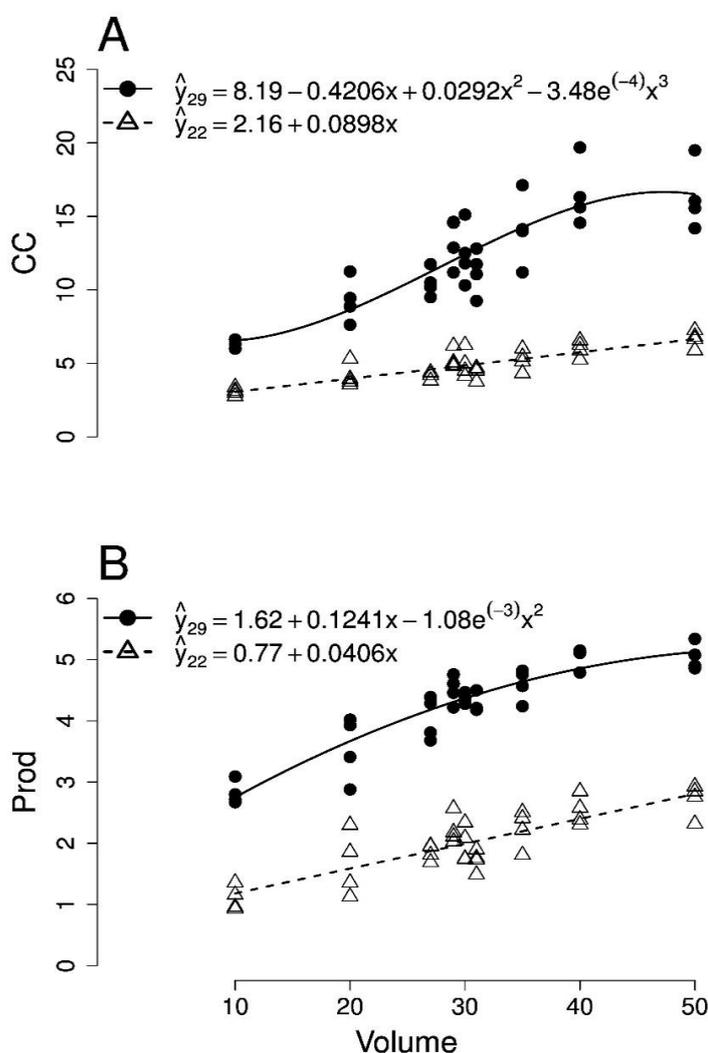
Ao avaliar dois períodos de colheita (35 e 42 DAT) em outra hortaliça folhosa, a chicória, observaram-se a diminuição na transformação da MFPA em MSPA na segunda colheita (42 DAT), independentemente da bandeja utilizada (40, 16 e 12  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) (REGHIN et al. 2007b). Ortiz et al. (2015), mencionam que no cultivo da alface houve aumento da MSPA conforme o aumento do volume por célula, utilizando bandejas de 14, 12 e 10  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ . Santos et al. (2011), utilizando volume de célula de 8  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  em espuma fenólica, encontraram MSPA de 7,87  $\text{g planta}^{-1}$  aos 16 dias de cultivo de alface, resultado superior ao dessa pesquisa para as plantas oriundas de bandeja com 10  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  colhidas aos 22 DAT (4,49  $\text{g planta}^{-1}$ ). Usando células de 18,75  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  em espuma fenólica, Luz et al. (2006), observaram para cultivares de alface, MSPA de 11,95  $\text{g planta}^{-1}$  (data de colheita não mencionada), praticamente assemelhando-se a MSPA dos tratamentos com bandejas de 10  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  (11,42  $\text{g planta}^{-1}$ ) e 20  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  (12,42  $\text{g planta}^{-1}$ ), encontrados nessa pesquisa aos 29 DAT.



**Figura 5.** Plantas de alface colhidas aos 22 DAT no sistema hidropônico NFT tendo como origem mudas produzidas no maior (esquerda, 1, 50  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) e menor volume de célula (direita, 2, 10  $\text{cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) de bandejas de plástico. UFSCar, Araras, SP, 2016.

### 5.2.3 Comprimento do caule (CC) e Produtividade (Kg m<sup>-2</sup>)

Ao observar a variável comprimento do caule (CC) é possível verificar que os padrões das regressões foram muito semelhantes ao observado na variável TF, ou seja, na colheita realizada aos 22 DAT modelou-se o fenômeno através de uma regressão linear de primeiro grau (R<sup>2</sup> = 91,36%) e para a colheita com 29 DAT obteve-se uma regressão de terceiro grau (R<sup>2</sup> = 93,23%) mostrando que o número total de folhas tem padrão análogo ao comprimento do caule quando variado o volume da célula de desenvolvimento da plântula.



**Figura 6A** - Comprimento do caule (CC cm planta<sup>-1</sup>) e **6B** - Produtividade (Kg m<sup>-2</sup>) de plantas de alface colhidas aos 22 DAT ( $\Delta$ ) e 29 DAT ( $\bullet$ ) cultivadas em sistema hidropônico NFT utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes por célula. UFSCar, Araras, SP, 2016.

Na primeira avaliação aos 22 DAT, observou-se para todos os tratamentos que as alfaces não demonstraram sinais de pendoamento, sendo que o menor valor de CC ( $3,06 \text{ cm planta}^{-1}$ ) foi encontrado nas plantas produzidas em volume com  $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  e o maior em  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  ( $6,64 \text{ cm planta}^{-1}$ ). Aos 29 DAT, as plantas das bandejas de 10 a  $20 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  apresentaram CC de 6,39 e  $8,12 \text{ cm planta}^{-1}$ , respectivamente (Figura 6A), não demonstrando sinais de má formação na estrutura das plantas, demonstrando que poderiam ser colhidas. Já para os demais volumes, os caules apresentavam alongamento acima de  $10 \text{ cm planta}^{-1}$  e as plantas demonstravam má formação, dessa forma, influenciando na aparência da planta para possível comercialização aos 29 DAT. As alfaces oriundas das mudas produzidas em bandejas com 40 e  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , as quais já apresentavam aos 22 DAT, bom aspecto horticultural e CC ainda adequado para comercialização, demonstraram aos 29 DAT alongamento do caule entre 16 e  $16,5 \text{ cm planta}^{-1}$ , sendo encontradas nessas plantas a presença de primórdios florais e folhas amargas, indicando o final do seu período vegetativo (CÁSSERES, 1980). Diante do ocorrido nessa pesquisa para alfaces dos volumes de 40 a  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , postula-se que o uso de mudas produzidas em bandejas de maiores volumes poderá proporcionar o ponto de colheita antecipado em cultivares de alfaces topicalizadas, que em função da sua tolerância ao pendoamento originam ciclo de cultivo tardio.

Estudando três cultivares de alface, Babá de verão, Grandes lagos e Regina e, utilizando mudas produzidas em copos preenchidos com  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  de vermiculita que foram transplantadas para sistema hidropônico, Fernandes et al. (2002), observaram entre as três cultivares o CC médio de  $11,61 \text{ cm planta}^{-1}$  aos 34 DAT, porém, a cv. Babá de verão e Grandes lagos demonstraram individualmente, alongamento do caule de 12 a  $14,4 \text{ cm planta}^{-1}$ , praticamente assemelhando-se ao resultado encontrado nessa pesquisa aos 29 DAT para as plantas oriundas de bandejas com o mesmo volume ( $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ). Ressalta-se que, Fernandes et al. (2002), utilizou o espaçamento de 0,22 m entre plantas, sendo que este fato aliado ao volume do copo utilizado ( $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) e ao período de colheita (34 DAT), podem ter favorecido o maior alongamento do caule, haja visto que as demais pesquisas com alface hidropônica, na maioria das vezes sempre apresentam CC menores.

Gualberto et al. (1999) utilizando mudas de diversas cultivares de alface lisa e produzidas em bandejas poliestireno expandido com 288 células que permaneceram

15 dias na fase intermediária e posteriormente foram transplantadas ao definitivo em NFT no espaçamento de 0,25 m x 0,30 m, encontraram aos 39 DAT, CC médio entre todas as variedades de 9,82 cm planta<sup>-1</sup>, praticamente igualando-se aos CC de 9,9 e 10,68 encontrados nessa pesquisa para as bandejas com 128 células de 20 e 27 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, aos 29 DAT, porém, com 10 dias de diferença na colheita entre as duas pesquisas. Já (Sediyama et al. 2009), no cultivo de diversas variedades de alface crespa em sistema NFT e utilizando mudas produzidas em espuma fenólica que transplantadas diretamente aos perfis definitivos em espaçamento de 0,25 m x 0,25 m, encontraram média de CC de 8,35 cm planta<sup>-1</sup> aos 27 DAT entre todas as variedades, praticamente assemelhando-se ao resultado de 8,12 cm planta<sup>-1</sup> encontrado aos 29 DAT nessa pesquisa. No entanto, na pesquisa de (Sediyama et al. 2009), houve o manuseio das mudas, onde essas foram espaçadas gradativamente para facilitar o seu desenvolvimento até o momento do transplante aos perfis definitivos, isso, provavelmente influenciou ao não uso da fase intermediária no sistema NFT.

Comumente, na produção de alface em sistema hidropônico NFT no Brasil, observa-se o predomínio do uso de bandejas com volume por célula em torno de 10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, provavelmente, em função de essas proporcionarem maior quantidade de mudas por espaço nos viveiros e serem direcionadas ao cultivo em solo. No entanto no NFT, mudas produzidas nesta quantidade de substrato necessitam de transplante e permanência na fase intermediária por um período de 7 a 15 dias antes do seu transplante para a fase definitiva dos perfis hidropônicos ao qual completarão seu ciclo até a colheita geralmente efetuada acima dos 30 dias de transplante ou mais. A bandeja contida com esse volume (10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) obteve plantas que proporcionaram produtividades de 1,49 Kg m<sup>2</sup> e 3,82 Kg m<sup>2</sup> para as colheitas de 22 e 29 DAT (Figura 6B), respectivamente, diferindo da bandeja de maior volume (50 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) em 42,8%, na primeira colheita e 55,85% na segunda.

A bandeja com 27 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>, atualmente, é a segunda mais utilizada por viveiristas de folhosas e sua aceitação pelos hidroponicultores é por possuir maior quantidade de substrato, formato da célula em cubo (Tabela 1), desta forma, possibilitando mudas mais desenvolvidas e dispensando o uso da fase intermediária quando comparada com a bandeja de menor volume (10 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>). Nesta pesquisa, a produtividade dessa bandeja (27 cm<sup>3</sup> célula<sup>-1</sup>) obteve superioridade sob

sua antecessora ( $10 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ ) de 59,36% e 64,7% para as colheitas com 22 e 29 DAT, respectivamente.

É possível afirmar que outras bandejas são possíveis de uso para a produção de mudas de alface visando o cultivo em sistema hidropônico NFT, possibilitando a dispensa do uso da fase intermediária, maiores produtividades já aos 22 DAT comparado aos 29 DAT e, precocidade na colheita entre esses dois períodos estudados. A produtividade das plantas produzidas em bandejas com  $27 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  ( $2,51 \text{ Kg m}^{-2}$ ) foi superada por aqueles recipientes contidos de volumes superiores (29, 30, 31, 35, 40 e  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  com 3,01, 2,86, 2,33, 3,03, 3,43 e  $3,68 \text{ Kg m}^{-2}$ ). Diferentemente dessa pesquisa que obteve aumento gradativo da produtividade ao longo das duas colheitas estudadas em função dos diferentes volumes, o aumento do volume de substrato não influenciou a produtividade por metro quadrado de bandejas de alface *baby leaf* durante 5 períodos de colheita (18, 21, 28, 35 e 42 dias) (OLIVEIRA et al. 2009).

A produtividade aos 22 DAT das plantas produzidas nos volumes de 29 a  $50 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$  desse experimento, superaram a encontrada em cultivo de alface crespa cv. Vera em solo, que atingiu  $2,58 \text{ Kg m}^{-2}$  aos 42 DAT, (Menezes et al. 2016), no entanto esses autores não mencionam o tipo de bandeja utilizada. O aumento do volume de célula em bandejas para a produção de mudas ocasionou a maior produtividade em outras espécies de hortaliças de frutos, como, em melancia com o uso de bandejas de 18,8, 30,7, e  $60.5 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , (Vavrina et al. 1993), melão com volumes de 7 e  $100 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , (Maynard et al. 1996) e, pepino com mudas produzidas em 34,6 e  $121,2 \text{ cm}^3 \text{ célula}^{-1}$ , (SEABRA JÚNIOR et al. 2004).

## 6 CONCLUSÕES

As mudas apresentaram melhor desempenho quando produzidas em bandejas com maiores volumes por célula, estando esse melhor desempenho aliado ao aumento gradativo do volume por célula das bandejas.

Observou-se para a maioria das características o melhor desempenho agrônômico das alfaces em sistema hidropônico quando as mudas são oriundas de bandejas com maior capacidade volumétrica por célula.

Possibilitou-se dispensar a fase intermediária e a redução do número de transplantes de dois para um, nos tratamentos compostos pelas bandejas de 20 a 50  $\text{cm}^3/\text{célula}^{-1}$ .

Mudas produzidas nas bandejas com 40 e 50  $\text{cm}^3/\text{célula}^{-1}$  proporcionaram colheita das alfaces aos 22 DAT de cultivo no NFT.

Ressalta-se de que outras pesquisas devem ser feitas no que tange aos custos de produção em relação ao uso das bandejas, mudas e cultivo no NFT sem uso da fase intermediária utilizados nessa pesquisa.

## 7 LITERATURA CITADA

ABCSEM - **Associação brasileira do comércio de sementes e mudas. 2º levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil.** 2014. Disponível em: <[http://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/ApresentaCAo\\_completa\\_dos\\_dados\\_da\\_cadeia\\_produtiva\\_de\\_hortaliCas.pdf](http://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/ApresentaCAo_completa_dos_dados_da_cadeia_produtiva_de_hortaliCas.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2016.

ABCSEM - **Associação brasileira do comércio de sementes e mudas.** Disponível em: <<http://www.abcsem.com.br/index.php>>. Acesso em: 09 ago. 2016.

ANDRIOLO, J. L.; ESPINDOLA, M. C. G; STEFANELLO, M. O. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. **Ciência Rural., Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 35-40, jan./fev. 2003.**

BAR-TAL, A; BAR-YOSEF, B; KAFKAFI, U. Pepper Transplant Response to Root Volume and Nutrition in the Nursery. **Agronomy Journal., Madison, v. 82, n. 5, p. 989-995. 1990.**

BARBOSA, C. K. R; VALADARES, BONFIM, F. P. G; HONORIO I. C. G; MARTINS, E.R. Influência do substrato e do tamanho da célula de bandejas de poliestireno expandido no desenvolvimento de mudas e produção de calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.**, Botucatu, v. 12, n. 1, p.18-22, nov. 2010.

BARREIRO, A. P; ZUCARELI, Z; ONO, E. O; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia.**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 563-567, dez. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052006000400005>.

BLAT, S. F; SANCHEZ, S. V; ARAÚJO, J. A. C; BOLONHEZI, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 29, n. 1, p.135-138, mar. 2011.

CASAROLI, D; FAGAN, E. B; SANTOS, O. S; BONNECARRÈRE, R. A. G; FILHO, H. N. Desempenho de onze cultivares de alface em duas formas diferentes de canais de cultivo, no sistema hidropônico. **Revista da Fzva.**, Uruguaiana, v. 10, n. 1, p.25-33, fev. 2003.

CÁSSERES, E. **Producción de hortalizas.** São José: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1980. 387 p.

CASTELLANE, P. D; ARAUJO, J. A. C. **Cultivo sem solo:** hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 40 p.

CARMELLO, Q. A. C. Nutrição e adubação de plantas hortícolas. In: MINAMI, K. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. p. 27-37.

CERQUEIRA, F. B; FREITAS, G. A; SANDI, F; CARNEIRO, J. S. S; GIACOMINI, I; NERES, J. C. I. Substratos e recipientes no desenvolvimento de mudas de pepino em alta temperatura. **Gl. Sci Technol.**, Rio Verde, v. 8, n. 2, p. 61-73, ago. 2015.

COSTA, E; DURANTE, L. G. Y; NAGEL, P. L; FERREIRA, C. R; SANTOS, A. S. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. **Ciência Agrônômica.**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 1017-1025, dez. 2011.

DANTAS, Renilson Targino. **DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALFACE EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS.** 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola - Área de Concentração: Construções Rurais e Ambiência., Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012. Cap. 3.

DOUGLAS, James Sholto. Hortas sem terra: como crescem as plantas. In: \_\_\_\_\_. **Hidroponia: cultura sem terra.** 1. ed. São Paulo: Nobel, 1987. p. 9-15.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortalças em números:** Distribuição Geográfica da Produção. 2012. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas\\_em\\_numeros/hortalicas\\_em\\_numeros.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm)>. Acesso em: 25 jul. 2015.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, junho 2.002.

FERREIRA EB; CAVALCANTI PP; NOGUEIRA DA. 2013. **Experimental Design package.** Disponível em <http://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: jan. 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura.** 3. ed. Viçosa: Ufv, 2008. 421 p.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT**. Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 30 p.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae.**, Wageningen, v. 481, n. 2, p. 777-778, 1999.

GUALBERTO, R; RESENDE, F. V; BRAZ, L. T. Competição de cultivares de alface sob cultivo hidropônico 'NFT' em três diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v.17, n. 2, p. 155-158, jul. 1999.

GODOY, M. C; CARDOSO, A. I. I. Produtividade da couve-flor em função da idade de transplântio das mudas e tamanhos de células na bandeja. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 837-840, set. 2005.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental. 15. Ed.** Piracicaba: Fealq, 2009. 451 p.

HENZ, G. P; SUINAGA, F. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2009. 7 p.

HORTA, A. C. S; SANTOS, H. S; SCAPIM, C. A; CALLEGARI, O. Relação entre produção de beterraba, *Beta vulgaris* var. conditiva, e diferentes métodos de plantio. **Acta Scientiarum.**, Maringá, v. 23, n. 5, p.1123-1129, nov. 2001.

IEA - **Instituto de economia agrícola**. 2016. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

KANO, C; GODOY, A. R; HIGUTI, A. R. O; CASTRO, M. M; CARDOSO, A. I. I. Produção de couve-brócolo em função do tipo de bandeja e idade das mudas. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 1, p.110-114, fev. 2008.

LEMOS NETO, H. S; TORRES, R. A; DANTAS, L. L. G. R; XAVIER, C. V. V; TAKANES, R. J; GUIMARÃES, M. A. Avaliação do desenvolvimento de mudas de

*Brassica pekinensis* L. em recipientes de diferentes tamanhos. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 31, n. 2, p.1001-1008, jul. 2014.

LIMA, G. K. L.; FILHO, J. L.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; ANDRADE, W. G. Produção de mudas de alface com composto orgânico misto de três texturas em três tipos de bandejas. **Caatinga.**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 160-166, set. 2007.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; GALVÃO, D. C. Avaliação de diferentes bandejas e substratos orgânicos na produção de mudas de tomate cereja. **Ciência Agrônômica.**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p.123-128, mar. 2009.

LINDQVIST, K. inheritance studies in lettuce. **Hereditas.**, Lund, v. 46, n.3, p. 387-470,1960.

LUZ, J. M. Q.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; KORNDÖRFER, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 295-300, set. 2006.

MACHADO, A. Q.; NETO, R. H. B.; MACHADO, A. Q.; COELHO, L. C. Produção de mudas de alface crespa em diferentes tipos de bandejas, em Várzea Grande-MT. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 1036-1041, ago. 2008.

MAGALHÃES, A. G.; MENEZES, D.; RESENDE, L. V.; NETO, E. B. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 316-320, set. 2010.

MAGGIONI, M. S. Desenvolvimento de mudas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do recipiente e do tipo e densidade de substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 10-17, mai. 2014.

MALUF, W. R. **Melhoramento genético de alface (*Lactuca sativa* L.):** melhoramento genético de hortaliças. Lavras: UFLA, 1994. 189 p.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA, J. B. S. **Introdução ao cultivo de plantas.** Viçosa: Ufv, 1997. 52 p.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. 1. ed. Brasil: Aprenda Facil, 2006. 271 p.

MARQUES, P. A. A; BALDOTTO, P. V; SANTOS, A. C. P.; OLIVEIRA, L. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 649-651, dez. 2003.

MAYNARD, E. T; VAVRINA, C. S; SCOTT, W. D. Containerized muskmelon transplants: cell volume effects on pretransplant development and subsequent yield. **HortScience.**, v.31, p. 58-61, feb. 1996.

MEDEIROS, D. C; LIMA, B. A. B; BARBOSA, M. R; ANJOS, R. S. B, BORGES, R. D, NETO, J. G. C; MARQUES, L. F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 25, n. 3, p.433-436, Jul./set. 2007.

MELLO, S. C. **Cultivo hidropônico de hortaliças**. Piracicaba: Departamento de Produção Vegetal, Esalq/usp, 2016. 90 slides, color. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/carpen2/cultivo-hidroponico-de-hortalicas>. Acesso em: ago. 2016.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G; FERNANDES, H. S; MAUCH, C. R; SILVA, J. B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 164-170, nov. 2000.

MENESES, N. B; MOREIRA, M. A; SOUZA, I. M; BIANCHIN, F. G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@ambiente On-line.**, Roraima, v. 2, n. 10, p.123-129, abr./jun. 2016.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. 1. ed. São Paulo: T.A. Queiros, 1995. 128 p.

MINAMI, Keigo. Sistema de produção de mudas recipientizadas. In: \_\_\_\_\_. **Produção de mudas de alta qualidade**. 2. ed. Piracicaba: Degaspari, 2010, p. 243.

MODOLO, V. A; TESSARIOLI NETO, J; ORTIGOZZA, L. E. R. Produção de frutos de quiabeiro a partir de mudas produzidas em diferentes tipos de bandejas e substratos. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 39-42, mar. 2001.

MONTEIRO, G. C; CARON, B. O; SOUZA, V. Q; ELOY, E; ELLI, E. F. Avaliação de diferentes tipos de bandejas e substratos alternativos na produção de mudas de *Lacuta sativa* L. **Enciclopédia Biosfera: centro científico conhecer.**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 377-390, abr. 2013.

MOREIRA, S. H. **A cultura sem a terra: vade mecum da nutricultura pelas hidropônicas**. 1. ed. Arte e Produção, 1985. 53 p.

NESPOLI, A; THEODORO, V. C. A; SANTOS, C. L; JUNIOR, S. S; LALLA, J. G. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 27, n. 2, p.3157-3162, ago. 2009.

OLIVEIRA, F; BAQUEIRO, L. H. R; ROCHA, M. A. V; TIVELLI, S.W; PURQUERIO, L.F.V. Produção de baby leaf de alface em bandejas com diferentes volumes de células. **Horticultura Brasileira.**, v. 27, n. 2, p. 3111-31155, ago. 2009.

ORTIZ, T. A; TAKAHASHI, L. S; HORA, R. C. Agronomic perforace of lettuce produced in trays with different cell number field spacings. **African Journal Of Agricultural Research.**, Africa, v. 10, n. 12, p.1407-1411, mar. 2015.

PRIMAVESI, Ana. raiz: as propriedades físicas do solo e o enraizamento. In: \_\_\_\_\_. **A agricultura em regiões tropicais: manejo ecológico do solo**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 2002. p. 46-51.

QUEIROZ, R. L; ROSA, E. S. M. D; MARQUES, M; GOULART, V. A, MARQUES, G. F. Formação de mudas de alface provenientes de sementes peletizadas com

altas diluições. **Revista Fitos.**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 161-252, jul./set. 2015. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2446-4775.20150014>.

R CORE TEAM. 2015. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Disponível em <http://www.R-project.org/>. Acesso em: jan. 2017.

REGHIN, M. Y; DALLA PRIA, M; OTTO, R. F; FELTRIM, A. L; VINNE, J. V. Sistemas de cultivo com diferentes espaçamentos entre plantas em alface mini. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 20, n. 2, p.180-184, jul. 2002.

REGHIN, M. Y; OTTO, R. F; VINNE, J. V. D. Tamanho da célula de diferentes bandejas na produção de mudas de pack choi na presença e na ausência do agrotêxtil. **Scientia Agrária.**, Ponta Grossa, v. 4, n. 1, p. 61-67, jan. 2003.

REGHIN, M. Y; OTTO, R. F; OLINIK, J. R; JACOBY, C. F. S. Viabilidade do sistema de produção de mudas em bandejas de três cultivares de cebola. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1075-1084, ago. 2007a.

REGHIN, M. Y; OTTO, R. F; OLINIK, J. R; JACOBY, C. F. S. Produtividade da chicória (*Cichorium endivia* L.) em função de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas. **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, v. 31, n. 3, p.739-747, jun. 2007b.

RESENDE, G. M; YURI, J. E; MOTA, J. H; SOUZA, R. J; FREITAS, S. A. C; JUNIOR, R. Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade da alface americana. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 558-563, set. 2003.

RESH, H. M. **Hydroponic food production**. 3. ed. Santa Barbara: Woodbridge Press, 1985. 384 p.

RODRIGUES, E. T; LEAL, P. A. M; COSTA, E; PAULA, T. S; GOMES, V. A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em

ambiente protegido. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 483-488, dez. 2010.

SALA, F. C; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 30, n. 2, p.187-194, jun. 2012.

SANTOS, H. S.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; HORA, R. C.; DUQUE, J. R. E. 2007. Produção, em função de densidade de plantio, e viabilidade econômica da comercialização de alface em embalagem plástica. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**, 25. Resumos... (CDROM).

SANTOS, A. N; SILVA, E. F. F; SOARES, T. M; DANTAS, R. M. L; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 319-326, jun. 2011.

SANTI, A; SCARAMUZZA, W. L. M. P; NEUHAUS, A; DALLACORT, R; KRAUSE, W; TIEPPO, R. C. Desempenho agrônômico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 338-343, jul. 2013.

SEABRA JÚNIOR, S; GADUN, J; CARDOSO, A. I. I. Produção de pepino em função da idade das mudas produzidas em recipientes com diferentes volumes de substrato. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v.22, n.3, p. 610-613, set. 2004.

SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SALGADO, L. T.; PEREIRA, P. C. Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. **Científica.**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 98-106, jan. 2009.

SILVA, E. C.; LEAL, N. R.; MALUF, W. R. Avaliação de cultivares de alface sob altas temperaturas em cultivo protegido em três épocas de plantio na região Norte Fluminense. **Ciência e Agrotecnologia.**, v. 23, n. 3, p. 491-499, jul./set. 1999.

SILVA, E. T; SCHWONKA, F. Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em Colombo, região metropolitana de Curitiba, PR. **Scientia Agrária.**, Paraná, v. 2, n. 1-2, p. 111-116, jan. 2011.

SILVA, E. C; QUEIROZ, R. L. Formação de mudas de alface em bandejas preenchidas com diferentes substratos. **Bioscience Journal.**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 725-729, jun. 2014.

SILVA, A. P. P; MELO, B. **HIDROPONIA.** 2016. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

SILVA, I. C. M; DANTAS, M. V; COSTA, C. C; SARMENTO, J. J. A; LOPES, K. P. Influência da população de plantas sob o crescimento e produção orgânica de alface no Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.**, Pombal, v. 11, n. 2, p.55-59, abr./jul. 2016.

TRANI, P. E; NOVO, M. C. S. S; JUNIOR, M. L. C.; TELLES, L. M. G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira.**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 290-294, jun. 2004.

VAVRINA, C. S; OLSON, S; CORNELL, J. A. Watermelon transplant age: influence on fruit yield. **Horticultural Science.**, Alexandria, v.28, n. 8, p. 789-790, aug.1993.

ZANINE, A. M; SANTOS, E. M. COMPETIÇÃO ENTRE ESPÉCIES DE PLANTAS – UMA REVISÃO. **Revista da FZVA.**, Uruguaiana, v.11, n.1, p.10-30. 2004.

**APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DAS BANDEJAS UTILIZADAS NO EXPERIMENTO**  
 ΔCONTENDO O NOME DAS EMPRESAS FABRICANTES

Características das bandejas utilizadas para a semeadura das alfaces no experimento. UFSCar, Araras, SP, 2016.

Bandejas	NC	VPC	P	AB	F	EF
A	72	50	6	13,78	Cônico	Ponte alta – mudas de hortaliças
B	64	40	5	22,78	Cubo	JKS
C	84	35	4	15,6	Cubo	Nutriplan
D	162	31	5,5	22,78	Piramidal	JKS
E	98	30	5,5	13,52	Cônico	Nova Form
F	64	29	6	11,56	Piramidal	Nova Form
G	128	27	4	13,52	Cubo	Viveiro Mingoti
H	128	20	4,5	13,52	Piramidal	Ponte alta – mudas de hortaliças
I	200	10	4	13,52	Piramidal	Ponte alta – mudas de hortaliças

**NC:** número de células; **VPC:** volume por célula em cm<sup>3</sup>; **P:** profundidade em centímetros; **AB:** área da bandeja em centímetros quadrados; **F:** formato; **EF:** empresa fabricante

Colheita	Característica	Regressão	R2
----------	----------------	-----------	----

**APÊNDICE B – TABELA COM REGRESSÃO LINEAR UTILIZADA PARA CADA CARACTERÍSTICA ESTUDADA**

22DAT	NFS	--	--
29DAT	NFS	$y = 1,40 + 0,075x$	83,14
22DAT	TF	$y = 12,51 + 0,23x$	93,14
29DAT	TF	$y = 23,85 - 0,31x + 0,033x^2 - 0,0004x^3$	75,23
22DAT	MFPA	$Y = 67,43 + 3,54x$	89,00
29DAT	MFPA	$Y = 141,3 + 10,81x - 0,09x^2$	96,85
22DAT	MFR	$Y = -0,73 + 2,31x - 0,02x^2$	92,72
29DAT	MFR	$Y = 33,30 + 0,77x$	83,37
22DAT	MSPA	$Y = 3,75 + 0,13x$	91,27
29DAT	MSPA	$Y = 11,45 + 0,12x$	77,67
22DAT	CC	$Y = 2,15 + 0,08x$	91,36
29DAT	CC	$Y = 8,18 - 0,42x + 0,02x^2 - 0,0003x^3$	93,23
22DAT	Produtividade	$y = 0,77 + 0,040x$	88,98
29DAT	Produtividade	$y = 1,61 + 0,12x - 0,0011x^2$	96,87

**APÊNDICE C - QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NAS MUDAS, REALIZADO ATRAVÉS DO SOFTWARE ESTATÍSTICO "ASSISTAT"**

**ALTURA DA PLANTA (APm)**

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamentos	8	53.46842	6.68355	66.0944 **	<.0001
Resíduo	27	2.73027	0.10112		
Total	35	56.19870			

**COMPRIMENTO DA RAIZ DAS MUDAS (CRm)**

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamentos	8	50.24620	6.28078	12.7592 **	<.0001
Resíduo	27	13.29087	0.49225		
Total	35	63.53707			

**TOTAL DE FOLHAS DAS MUDAS (TFm)**

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamentos	8	17.49869	2.18734	33.6844 **	<.0001
Resíduo	27	1.75328	0.06494		
Total	35	19.25196			

**MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA DAS MUDAS (MFPAm)**

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamentos	8	15.12511	1.89064	13.3812 **	<.0001
Resíduo	27	3.81485	0.14129		
Total	35	18.93996			

MASSA SECA DA PARTE AÉREA DAS MUDAS (MSPAm)

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamentos	8	0.08285	0.01036	34.8435 **	<.0001
Resíduo	27	0.00802	0.00030		
Total	35	0.09087			

MASSA FRESCA DA RAÍZ DAS MUDAS (MFRm)

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamentos	8	1.69890	0.21236	30.0868 **	<.0001
Resíduo	27	0.19057	0.00706		
Total	35	1.88948			

MASSA SECA DA RAÍZ DAS MUDAS (MSRm)

FV	GL	SQ	QM	F	p
Tratamentos	8	0.01874	0.00234	4.3137 **	<.0001
Resíduo	27	0.01466	0.00054		
Total	35	0.03340			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )