

JAIME BARROS DA SILVA FILHO

**DESENVOLVIMENTO E OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA AEROPÔNICO PARA  
A PRODUÇÃO DE MINITUBÉRCULOS DE BATATA-SEMENTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S586d  
2015  
Silva Filho, Jaime Barros da, 1969-  
Desenvolvimento e otimização de sistema aeropônico para  
a produção de minitubérculos de batata-semente / Jaime Barros  
da Silva Filho. – Viçosa, MG, 2015.  
x, 91f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

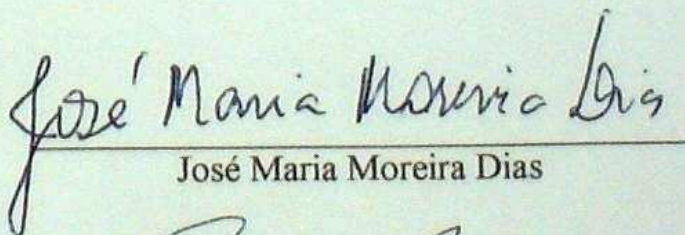
1. Batata. 2. Batata - Produção. 3. Brotos (Plantas).  
4. Espuma de poliuretano. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia. II. Título.

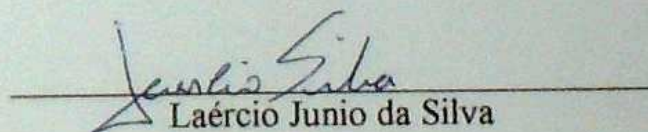
CDD 22. ed. 635.21

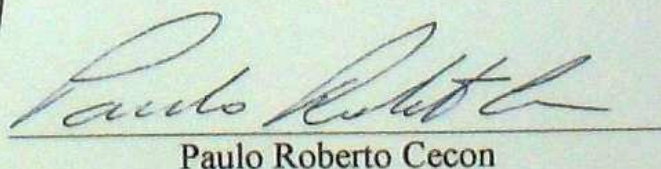
**DESENVOLVIMENTO E OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA AEROPÔNICO PARA  
A PRODUÇÃO DE MINITUBÉRCULOS DE BATATA-SEMENTE**

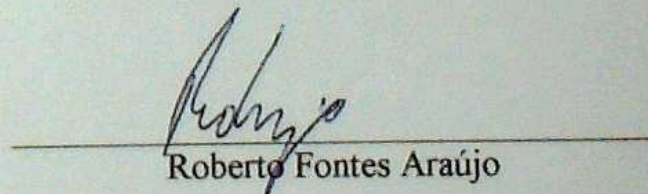
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

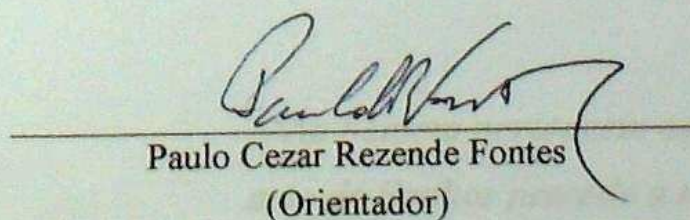
APROVADA: 20 de maio de 2015.

  
José Maria Moreira Dias

  
Laércio Junio da Silva

  
Paulo Roberto Cecon

  
Roberto Fontes Araújo

  
Paulo Cezar Rezende Fontes  
(Orientador)

*“Ao homem pertencem os planos do coração,  
mas do Senhor procede a resposta da língua.”*

*(Prov.16:1)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A minha esposa Tânia, ao Neto e Henrique.

Ao Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes, muito obrigado pela confiança, paciência e ensinamentos.

Ao Prof. Paulo Roberto Cecon, pela amizade, coorientação e ensinamentos.

A Profa. Hermínia Emília Prieto Martinez.

Ao amigo e irmão, Arnaldo Ribeiro Ferreira pelo incentivo.

Aos Profs. Sérgio Brommonshenkel, Márcio Henrique Pereira Barbosa, João Carlos Cardoso Galvão, Rubens Alves de Oliveira e José Geraldo Barbosa, pelo apoio.

Ao amigo João Nacir Colombo.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao CNPq, Capes e Fapemig, pelo apoio financeiro.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para essa etapa.

## BIOGRAFIA

Jaime Barros da Silva Filho, nascido aos 26 de outubro de 1969, na cidade de Maceió, estado de Alagoas, é filho de Jaime Barros da Silva e Orcilanda Maria Figueiredo Barros (in memoriam).

Técnico em Agropecuária pela antiga Escola Agrotécnica Federal de Satuba – AL (EAFS-AL), atualmente IFAL (1988).

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa – MG (1997). Bolsista iniciação científica pelo CNPq, biologia molecular, técnica de “DNA Fingerprinting” (1992 a 1994) e métodos de determinação de calagem no Departamento de Solos da UFV (1995 a 1996). Estagiário do Centro de Produções Técnicas (CPT), prestando consultoria a agricultores de todo o Brasil (1995 a 1996).

Professor e orientador técnico no Instituto Vocacional Adventista del Llano, em Puerto Lopez/Meta, na Colômbia (1997).

Consultor técnico para recomendação de adubação no Bioma Amazônico, cidade de Altamira/PA (1998).

Consultor de vendas Tortuga Cia Zootechnica Agrária (1998 a 2005) e CRV Lagoa (2002 a 2008).

Geomensor pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Pará – IFPA, Belém/PA (2009).

Meio ambiente, regularização ambiental e cadastro ambiental rural (CAR), junto a Secretaria de Estado de Meio Ambiente – PA (2009 até o presente).

Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Faculdade Pitágoras de Belo Horizonte – MG (2012).

Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa – MG (2011).

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa – MG (2015).

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. Introdução Geral .....	1
2. Objetivos .....	4
2.1. Objetivo Geral.....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
3. Revisão de Literatura .....	5
3.1. Aeroponia .....	5
3.2. Produção de batata-semente básica .....	7
4. Referências Bibliográficas .....	10

### Capítulo I

“Sistema Aeropônico UFV”: efeito de tipos de nebulizadores e revestimento de parede interna do balde sobre a produtividade de minitubérculos de batata-semente básica ....	18
1. Resumo .....	18
“UFV Aeroponic System”: effect types of nebulizers and inner wall coating of the bucket about minituber productivity of basic seed potatoes .....	19
2. Abstract.....	19
3. Introdução.....	20
4. Material e Métodos .....	22
5. Resultados.....	28
6. Discussão .....	34
7. Conclusão .....	38
8. Referências Bibliográficas.....	39

### Capítulo II

“Sistema aeropônico UFV”: efeito de tipos de nebulizadores e sentido de nebulização sobre a produtividade de minitubérculos de batata-semente básica .....	42
--	----

1. Resumo .....	42
“UFV Aeroponic System”: effect types of nebulizers and direction of fogging over the minitubers productivity of basic seed potatoes .....	43
2. Abstract.....	43
3. Introdução.....	44
4. Material e Métodos .....	45
5. Resultados.....	49
6. Discussão .....	54
7. Conclusão .....	56
8. Referências Bibliográficas.....	57

### **Capítulo III**

Aspectos morfofisiológicos da planta de batata no sistema aeropônico do CIP .....	60
1. Resumo .....	60
Morphophysiological aspects of potato plant in CIP aeroponic system .....	61
2. Abstract.....	61
3. Introdução.....	62
4. Material e Métodos .....	64
5. Resultados.....	70
6. Discussão .....	75
7. Conclusões.....	80
8. Referências Bibliográficas.....	81
APÊNDICE .....	85
APÊNDICE A – Resumo da análise de variância .....	85
APÊNDICE B – Figuras ilustrativas dos experimentos.....	88

## RESUMO

SILVA FILHO, Jaime Barros da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2015. **Desenvolvimento e otimização de sistema aeropônico para a produção de minitubérculos de batata-semente.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.

Recentemente, sistemas aeropônicos vêm sendo propostos para a produção de batata-semente básica. Existem trabalhos com variada combinação de técnicas na composição destes sistemas. Mas são raros os trabalhos envolvendo a combinação de aeroponia e broto como material propagativo. Da mesma forma, não foi localizado trabalho visando estabelecer a combinação entre tipo de nebulizador, revestimento interno e sentido de nebulização para a produção de batata-semente básica, propagada por broto, em sistema aeropônico. Adicionalmente, ainda não foi realizada a análise de crescimento da planta de batata no sistema aeropônico proposto pelo CIP (Centro Internacional de la Papa). Informações sobre tais dúvidas podem permitir o descortínio de novos sistemas de produção em aeroponia e avanços no sistema existente. Desse modo, os objetivos do presente trabalho foram desenvolver e aperfeiçoar um sistema aeropônico para a produção de minitubérculos de batata-semente básica e caracterizar o crescimento de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, via aspectos morfofisiológicos. Foram conduzidos três experimentos. O primeiro, em 2013, em casa de vegetação não climatizada, em sistema idealizado na Universidade Federal de Viçosa, denominado “Sistema Aeropônico UFV”. Em linhas gerais, esse sistema consiste de balde de polietileno, com orifício na tampa para acomodar as mudas, tubulação de recalque e retorno da solução nutritiva, reservatório, nebulizador, quadro de comando e bomba. Foram utilizadas mudas provindas de brotos de batata-semente, cultivar Ágata, e o experimento foi composto de seis tratamentos, em esquema fatorial 3x2, resultante de três tipos de nebulizadores e dois tipos de revestimento interno do balde, com e sem poliuretano. O desenho para implantação foi em blocos ao acaso com quatro repetições. O segundo experimento, instalado no “Sistema Aeropônico UFV” foi composto de oito tratamentos, em esquema fatorial 4x2, resultantes de quatro tipos de nebulizadores e dois sentidos de nebulização no interior do balde, ascendente e descendente. O desenho foi em blocos ao acaso com quatro repetições. O terceiro experimento foi constituído por nove tratamentos e oito repetições, no delineamento experimental de blocos ao acaso, em sistema aeropônico proposto pelo CIP. Os tratamentos foram épocas de amostragem das plantas realizadas a cada sete dias iniciando-se aos sete dias após o transplântio das mudas. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. O “Sistema Aeropônico UFV” é eficaz

para produzir minitubérculos e pode ser útil como instrumento experimental devendo ser utilizado o nebulizador Fogger sem antigotas de vazão 14 L/h e com sentido de nebulização descendente. É caracterizado o crescimento de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP. Ao longo do ciclo da planta, o comprimento da haste principal aumenta de forma linear; o número de folhas, a área foliar, o índice de área foliar e as massas das matérias secas da raiz, haste, folha e total variam positivamente; a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo decrescem. A razão de massa foliar apresenta o máximo de 0,57 g/g, aos 32,26 dias após o transplantio. A produtividade de minitubérculos, tanto para o número quanto para a massa da matéria fresca, aumenta com comportamentos sigmoidal e potencial, respectivamente. No sistema aeropônico do CIP, a colheita de minitubérculos é iniciada dezoito dias após o transplantio das mudas.

## ABSTRACT

SILVA FILHO, Jaime Barros da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2015. **Development and optimization of aeroponic system to produce seed potato minitubers.** Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes.

Recently aeroponics systems have been proposed to produce basic potato seed. There are studies with varied combination of techniques to compose these systems. But there are few studies involving the combination of aeroponic and potato sprouts as the nursery material. In the same way, no paper was found seeking to establish combination of nebulizer type, cladding and nebulization direction for the production of basic potato seed, propagated by bud, in aeroponic system. In addition, it has not yet been performed the potato plant growth analysis in the aeroponic system proposed by the International Potato Center (CIP). Information about such doubts may allow the emergence of new aeroponic production systems and advances to the existing one. In this way, the objectives of the present work was to develop and optimize an aeroponic system for the production of basic seed minitubers potato and characterize the potato plants growth in the CIP aeroponic system by morphophysiological aspects. They were conducted three experiments. The first, in 2013, at unheated greenhouse conditioned, in idealized system at the Federal University of Viçosa, called “UFV Aeroponic System”. In general, this system consists of a polyethylene bucket, with hole in the cap to accommodate the seedlings, piping of repression and return of nutrient solution, reservoir, nebulizer, control panel and pump. Seedlings coming from potato seed bud, Agata cultivar, were used and the experiment was composed of six treatments, in a 3x2 factorial, resulting from three types of nebulizers and two types of bucket wall cladding, with and without polyurethane. The experiment was setup in randomized complete block design with four replicates. The second experiment, carried out in the “UFV Aeroponic System”, was composed of eight treatments, in a 4x2 factorial, resulting from four nebulizer types and two nutrient solution nebulization directions inside the bucket, ascending and descending. The experiment was in a randomized complete block design with four replicates. The third experiment accomplished in the aeroponic system proposed by CIP was composed of nine treatments and eight repetitions, in randomized complete block design. The treatments were time of plant sampling collection, every seven days starting at seven days after seedling transplanting. The data were submitted to variance and regression analysis. The “UFV Aeroponic System” is effective to produce minitubers and can be useful as an

experimental tool and should be used the Fogger nebulizer without anti-drip flow at 14 L/h with descending nebulization direction. Potato plant growth in the CIP system is morphophysiologicaly characterized over the cycle. Main stem length increases linearly; leaf number, leaf area, leaf area index and dry matter of root, stem, leaf and total vary positively; leaf area ratio, specific leaf area, net assimilation rate and relative growth rate decrease. The leaf weight ratio presents maximum of 0.57 g/g at 32.26 days after transplanting. Minituber yields, number and fresh weight, increase with sigmoidal and potential behaviors, respectively. At the CIP aeroponic system, minituber harvest begins eighteen days after transplanting.

## 1. Introdução Geral

Dentre as principais barreiras que limitam o crescimento da bataticultura no Brasil estão a ineficiência do sistema de comercialização dos tubérculos in-natura, o limitado porte da agroindústria processadora e o alto custo de produção para a produtividade atualmente alcançada (Nakano & Deleo, 2006). De maneira geral, na composição do custo de produção da cultura, a batata-semente é o fator que mais onera a produção, cerca de 30% do custo final. Custo alto e baixa disponibilidade de sementes de padrão adequado no país são alguns dos fatores que levam o produtor a lançar mão de material propagativo inadequado, que não irá proporcionar a produtividade desejada.

A batata é planta de propagação vegetativa natural, a partir de tubérculos-semente. Este tipo de multiplicação apresenta vantagens, pois permite a obtenção de material idêntico àquele que lhe deu origem. Entretanto, uma vez infectados, os tubérculos-semente favorecem a disseminação de doenças, principalmente viroses, levando à degenerescência precoce da semente com influência direta sobre a qualidade e produtividade de tubérculos.

Para que materiais de propagação cheguem aos bataticultores em boas condições sanitárias e em breve espaço de tempo, devem ser multiplicados de maneira rápida e de forma a se prevenir a reinfestação por diversos patógenos (Medeiros et al., 2001; Pereira et al., 2001; Silva, 2009; Figueiredo, 2010). Os benefícios da utilização de batata semente de alta qualidade e as técnicas de multiplicação “in vitro” têm sido extensivamente documentados (Hidalgo, 1989; Wissar, 1995; Ezeta, 2001; Chindi et al., 2014) e têm proporcionado a oportunidade de produção de tubérculos-semente.

Uma alternativa à utilização de tubérculos semente como material de propagação de batata é o uso de brotos destacados dos tubérculos. A técnica do uso do broto foi pioneiramente proposta e tem sido difundida no Brasil por Souza-Dias (2001; 2004; 2006a, 2006b; 2009). Essa técnica pode permitir redução na importação e produção de novos minitubérculos da categoria básica, com aumento de até 200% na taxa de produtividade de cada unidade de batata-semente importada (Souza-Dias, 2006a).

O plantio de broto pode ser importante avanço no processo produtivo da batata-semente da categoria básica. Essa categoria é aquela destinada a ser plantada para originar a batata-semente certificada. O processo de produção de batata semente da categoria básica começa no laboratório multiplicando-se plantas livres de patógenos, via cultura de ápices meristemáticos. Plantas, assim obtidas, são plantadas em vasos contendo substrato

esterilizado, em casa de vegetação, dando origem a material informalmente denominado pré-básico e precursor das sementes básicas e certificadas.

No caso de utilizar substrato, uma das maneiras de assegurar ausência de pragas é esterilizar o substrato orgânico. Há várias possibilidades, dentre as quais o vapor de brometo de metila que é um gás fumigante, altamente tóxico, que elimina artrópodes, nematóides e outros patógenos além de sementes de ervas daninha (Taylor, 2001; Msayleb, 2014). É sabido que o brometo de metila é um dos agentes que afetam de forma significativa a camada de ozônio protetora da atmosfera. Por isso há proibição de fabricação e uso do mesmo em vários países. Ultimamente tem-se buscado a substituição do brometo de metila (Duniway, 2002; Gullino et al., 2003; Martin, 2003; Baptista et al., 2006; Asci et al., 2015) na produção de batata semente em substrato. Dentre as alternativas, destacam-se outros fumigantes químicos (Taylor, 2001; Duniway, 2002; Noling et al., 2013; Cao et al., 2014) e métodos de esterilização, tais como solarização e vapor de água (El-Gali, 2014; Hodson & Lewis, 2014).

Adicionalmente à necessidade de “esterilizar”, outra desvantagem de produzir semente básica em substrato é a relativamente baixa taxa de multiplicação (Allisson, 2011; Narita et al., 2012).

Nas últimas décadas, tem sido proposta a possibilidade de multiplicar a batateira em sistemas hidropônicos (Medeiros et al., 2002; Factor et al., 2007; Muller et al., 2007; Corrêa et al., 2008; Dellai et al., 2008; Novella et al., 2008; Scherwinski-Pereira et al., 2009; Mateus-Rodríguez et al., 2011; Silva Filho, 2011; Chang et al., 2012; Molders et al., 2012; Palma et al., 2013; Rohr et al., 2013; Silva et al., 2013) e aeropônicos (Farran & Mingo-Castel, 2006; Otazú, 2010; Chiipanthenga et al., 2012; Tsoka et al., 2012; Tierno et al., 2013; Chindi et al., 2014; Mateus-Rodríguez et al., 2014a; Tshisola, 2014; Oraby et al., 2015).

A aeroponia desponta como método alternativo de produção de tubérculos semente básica, com vantagem em relação a outros métodos tradicionais e não tradicionais como em vasos e canteiros (Otazú, 2010), pois não é empregado substrato sólido, orgânico ou inorgânico. A aeroponia é um tipo de tecnologia hidropônica de ponta que permite o crescimento de plantas em uma névoa de solução nutritiva. A névoa é conseguida pela pressão da solução através de um orifício a alta velocidade. Ao contrário da hidroponia, onde as raízes crescem em solução circulante, em aeroponia as raízes crescem em aerossol nutritivo. É um procedimento que permite as plantas crescerem numa solução nutritiva aplicada periodicamente, de modo automático, na forma nebulizada, sobre as raízes. A aeroponia é uma forma de produzir que pode aumentar em dez vezes a produtividade de

batata-semente básica em relação aos sistemas atuais (Allisson, 2011). Além disso, é um sistema que consome menos água do que o cultivo tradicional no campo.

O procedimento de aeroponia desenvolvido pelo Centro Internacional de la Papa (CIP) apresenta indicadores econômicos positivos e várias vantagens, incluindo alta taxa de multiplicação, alta eficiência de produção por área, além de economia de água, produtos químicos e energia (Mateus-Rodríguez et al., 2013). No Peru, García et al. (2014) buscaram indicadores de sustentabilidade social, econômica e ambiental para a produção de tubérculo semente básica no sistema convencional em substrato e no sistema aeropônico descrito por Nichols (2005). O sistema em substrato mostrou que tem a capacidade de suportar estresses externos, menos inversão de capital inicial, maior porcentagem de utilização da casa de vegetação e requerimento de menos treinamento da mão de obra. Por outro lado, o sistema aeropônico mostrou nível alto de sustentabilidade para produção, rentabilidade, número de inovações tecnológicas realizadas, eficiência no uso da água e ausência de substrato, implicando em não usar produtos químicos desinfecionantes.

A aeroponia começa a vincular-se a sistemas de produção de sementes de batata na Ásia e África (Mateus-Rodrigues et al., 2014b), mas também apresenta potencial de utilização em países latino americanos, como Peru (CIP), Argentina (Acosta et al., 2014), Colômbia (Mateus-Rodríguez et al., 2013) e Brasil (Factor, 2014).

Algumas organizações de pesquisa e produção mundiais, como o Centro Internacional de la Papa (Otazú, 2010), o INIAP – Instituto Nacional de Investigação Agropecuária (Cayambe et al., 2010), o Centro de Batata Semente Finlandês (Allisson, 2011), a Universidade de Seul, na Coreia (Chang et al., 2011), o Instituto Central de Pesquisa da Batata, na Índia (Singh et al., 2011), a Organização de Pesquisa Agropecuária – NARO, na África (Muzira et al., 2014), entre outros, começaram a direcionar esforços, neste sentido, buscando apropriar o conhecimento na área de aeroponia e produção de batata-semente básica.

Portanto, com a aeroponia espera-se fornecer uma ferramenta mais eficiente e menos dispendiosa para a multiplicação rápida de tubérculos de qualidade em programas de produção de tubérculo semente de batata, como salientado no trabalho de Cayambe et al. (2010).

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

- ✓ Desenvolver sistema aeropônico para a produção de minitubérculos de batata-mente básica.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Avaliar o desempenho e ajustar protótipo do “Sistema Aeropônico UFV” com relação ao tipo de nebulizador e revestimento interno do balde;
- ✓ Avaliar o desempenho e ajustar protótipo do “Sistema Aeropônico UFV” com relação ao tipo de nebulizador e sentido de nebulização;
- ✓ Caracterizar o crescimento da planta de batata em sistema aeropônico difundido pelo CIP.

### **3. Revisão de Literatura**

No Brasil, a batata é a hortaliça de maior importância comercial, ocupando área de 133.281 ha, com produtividade média de 27.996 kg ha<sup>-1</sup>. As áreas produtoras estão concentradas nas regiões Sul e Sudeste, sendo os estados de Minas Gerais, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul os maiores produtores, com 32,1; 22,5; 20,8 e 9,6% da produção, respectivamente. Esses estados são responsáveis por 85% da produção nacional. A batata apresentou valor de produção e produtividade 5 e 8%, respectivamente, maior em 2014 em relação a 2010 (IBGE, 2014). Minas Gerais lidera a produção nacional com área plantada de 38 mil ha e safra estimada de 1,19 milhão de t. O Sul do Estado responde por 46% da produção mineira e o Alto Paranaíba com 43%. A principal variedade é a Ágata.

#### **3.1. Aeroponia**

A aeroponia é uma técnica hidropônica em que as raízes crescem suspensas, sem substrato e em ambiente escuro. A pulverização das raízes das plantas se dá por meio de nebulizadores, com uma fina névoa de solução nutritiva (Christie & Nichols, 2004; Otazú, 2010).

Os sistemas aeropônicos apresentam vantagens como: economia de água e nutrientes e permite monitoramento de raízes, além de se obter minitubérculos com alta qualidade sanitária. Por outro lado, as desvantagens do sistema são: alto custo de implantação; alta susceptibilidade à falta de energia elétrica e problemas com obstrução de nebulizadores (Durán et al. 2000; Jensen, 2001; Rodrigues, 2002; Chiipanthenga et al., 2012; Tierno et al., 2013; Muthoni & Kabira, 2014). Adicionalmente, cita-se como desvantagem: ser suscetível às variações de temperatura, umidade e falhas que eventualmente possam ocorrer em função do entupimento no sistema de pulverização, do excesso de sais ou até mesmo no sistema de controle, podendo ocorrer perda total da produção (Rodrigues, 2002).

Os primeiros trabalhos com aeroponia foram desenvolvidos na década de 1920 por botânicos que estudaram a estrutura da raiz da planta, isto é, como uma ferramenta de pesquisa em fisiologia de raiz (Barker, 1922). No início da década de 1940, a tecnologia foi largamente utilizada como ferramenta de pesquisa, em vez de um método economicamente viável de produção agrícola. Carter (1942) estudou e descreveu método

com vapor de água, visando facilitar o estudo de raízes. Quinze anos após o estudo de Carter (1942), Went (1957) descreveu o processo de crescimento da cultura em vapor de água como aeroponia.

Alguns trabalhos relevantes com a utilização da aeroponia são destacados a seguir.

- A utilização da aeroponia na produção de várias culturas hortícolas e ornamentais (Biddinger et al., 1998);
- Na Coreia, o sistema aeropônico foi aplicado com sucesso (Kang et al., 1996; Kim et al., 1999);
- O número e calendário das colheitas foram os fatores-chave para a otimização da produção de minitubérculos (Lommen & Struik, 1992);
- Descartou-se a possibilidade de fazer colheitas repetidas no tempo, considerando o manejo para produção de minitubérculos de batata semente (Loomen, 1995);
- A produção de minitubérculos de batata foi melhor no sistema aeropônico em comparação aos sistemas convencional e hidropônico (Relloso et al., 2000);
- Demonstrou-se que a produção de minitubérculos usando aeroponia, em condições de clima temperado, foi melhorada em relação ao hidropônico (Ritter et al., 2001);
- Na Nova Zelândia, foi obtida a produção de 37,34 minitubérculos por planta, em sistema aeropônico (Nichols, 2005);
- Avaliando-se comportamento de minitubérculos oriundos de aeroponia versus aqueles produzidos por hidroponia, observou-se que a produção no campo foi independente da técnica utilizada, sendo obtidos 800 minitubérculos por m<sup>2</sup> em colheitas semanais com baixa densidade de plantas, 60 plantas/m<sup>2</sup> (Farran & Mingo-Castel, 2006);
- A produção no sistema aeropônico foi superior aos sistemas NFT (Nutrient Film Technique) e DFT (Deep Flow Technique), proporcionando 49,3 minitubérculos por planta e 874,4 minitubérculos por metro quadrado (Factor et al., 2007);
- Em cinco locais, com 10 genótipos, no sistema aeropônico, constatou-se produção média de 83,82 minitubérculos por planta (Mateus, 2010);
- A técnica da aeroponia está sendo testada em vários países africanos para a produção de minitubérculos de batata (Lung'aho et al., 2010);

- Em Quito no Equador, procurou-se determinar solução nutritiva para produção de batata-semente em duas variedades de batata e foi constatado a produção de 105 minitubérculos por planta e o rendimento, em 7 semanas de colheita, de 2.257 minitubérculos por metro quadrado (Cayambe et al., 2011);
- Em estudo para determinar melhor densidade de plantas (14, 17 e 21 plantas m<sup>-2</sup>) com duas variedades comerciais (Kigega e Kinigi), em sistema aeropônico proposto pelo CIP (Otazú, 2010) constatou a produção de 7,0 e 35,9 minitubérculos por planta, para as variedades Kigega e Kinigi, respectivamente (Masengesho et al., 2012);
- Ao comparar dois sistemas de produção de batata-semente (aeroponia e cultivo em vasos com substrato), Tierno et al. (2013) constataram produtividade total de tubérculo por planta de 34 e 87% maior no sistema aeropônico para as variedades mais precoces Zorba e Monalisa, respectivamente, além de produzir melhor uniformidade de tamanho de tubérculos;
- A fim de avaliar o efeito do ambiente sobre o desenvolvimento das plantas e a produção de minitubérculos de um grupo de diversos genótipos de batata cultivado em sistema aeropônico, Mateus-Rodríguez et al. (2014a) constataram melhor produção para a variedade Chucmarina com média de 60,2 minitubérculos por planta;
- Em Quebec, no Canadá, as maiores produtividades médias, em sistema aeropônico, foram aproximadamente de 73 e 48 minitubérculos por planta para as cultivares Chieftain e Mystere, respectivamente (Oraby et al., 2015).

### **3.2. Produção de batata-semente básica**

A propagação da batateira é feita assexuadamente por “tubérculos-semente” ou “batata-semente”. É necessário que o tubérculo-semente seja de alta qualidade, pois assim garante-se a sanidade inicial da cultura. A batata-semente constitui o componente que mais onera o custo de produção da cultura. Grande parte da batata-semente básica é importada de outros países, principalmente da Holanda. A batata-semente básica que não é importada é produzida no Brasil a partir de cultura de tecidos.

O custo da batata-semente certificada onera sensivelmente o custo de produção da batata-consumo, podendo atingir até 40% do total. Alto custo e limitada disponibilidade de batata-semente de alta qualidade para o plantio contribuem para que o produtor de

batata-consumo utilize como semente a “batata de armazém” ou “batata-comum”. Isso reduz o potencial de produtividade da cultura.

No cultivo dessa planta, a utilização de material propagativo com baixa intensidade de infestação de patógenos permite a obtenção de alta produtividade de tubérculos para o consumo. Para a obtenção desse material propagativo é necessário o cultivo em ambiente onde haja menor probabilidade de existência de patógenos, principalmente vírus, quase sempre transmitidos por afídeos.

Comercialmente, é possível comprar batata-semente das categorias básica e certificada. A categoria básica tem sanidade e preço mais elevados do que as categorias certificada e comercial, sendo mais utilizada para a produção de tubérculo-semente certificada e tubérculo da categoria comercial. Assim, quanto maior for a taxa de multiplicação do tubérculo-semente básica em tubérculo-semente-certificada menor será o custo da batata-semente.

Os tubérculos de batata-semente, após a superação da dormência, emitem brotos. Os brotos produzidos podem ser destacados e plantados em vaso contendo substrato em casa de vegetação. Nessas condições, cada broto pode originar vários tubérculos (Souza-Dias et al., 2001; Souza-Dias, 2004), normalmente mini-tubérculos. Os mini-tubérculos plantados no campo originam plantas com vigor semelhante àquelas que foram originadas de brotos, e proporcionam adequada produção de tubérculos (Silva et al., 2006).

A alternativa de produção de minitubérculos de batata-semente e destes na produção de tubérculos de batata-semente, em telado e campo, respectivamente, aproveitando-se os brotos oriundos de tubérculo de batata-semente básica ou de brotos importados diretamente, foi mostrada por Giusto (2006). Quando os brotos utilizados são originados de tubérculo de batata-semente importada, há economia de divisas para o país (Gallo, 2007).

A batata-semente básica, se não importada, é produzida no país via cultura de tecidos. Nesse caso, a multiplicação é iniciada em laboratório. Uma alternativa ao método de cultura de tecidos é o uso de brotos destacados de batata-semente básica (Moreira, 2008).

A técnica do uso do broto foi pioneiramente proposta e tem sido defendida no Brasil em trabalhos de Souza-Dias (2001; 2004; 2006b; 2009). Essa técnica pode permitir redução na importação e produção de novos minitubérculos da categoria básica, com aumento de até 200% na taxa de multiplicação de cada unidade de batata-semente importada (Souza-Dias, 2006a). O plantio de broto pode ser importante avanço no

processo produtivo da batata-semente da categoria básica. Esses sistemas vêm sendo empregados em diversos países, como forma de substituir o método convencional de produção de tubérculos-sementes básica no campo, mas nem sempre, principalmente em hidroponia, atingem índices de multiplicação desejados (Chang et al., 2000).

Não foram encontrados trabalhos utilizando-se broto na propagação de batata em aeroponia.

#### 4. Referências Bibliográficas

Acosta, A; Hormaechea, JC; González, PA; Hernández, WA; Juárez, JA; Magnoni, JM; Panunzio, MP; Domínguez, MS (2014). Producción aeropónica de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*). Una experiencia en Argentina. In: XXVI CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE LA PAPA – ALAP. Bogotá, Colombia, p.229.

Allison, R (2011). New way of growing seed potatoes boosts tuber numbers. Homepage: <<http://www.fwi.co.uk/Articles/02/11/2011/129837/New-way-of-growing-seed-potatoes-boosts-tuber-numbers.htm>>.

Asci, S; VanSickle, JJ; Fry, CJ; Thomas, J (2015). Where is Risk in Fumigation Choice: Methyl Bromide versus Alternatives? In 2015 Annual Meeting, January 31-February 3, 2015, Atlanta, Georgia (No. 196862). Southern Agricultural Economics Association.

Baptista, MJ; Lopes, CA; Souza, RB; Furumoto, O (2006). Efeito da solarização e biofumigação, durante o outono, na incidência de murcha-bacteriana e produtividade da batata. *Horticultura Brasileira*, 24:99-102.

Barker, BTP (1922). Studies on root development. Long Ashton Res. Station Ann. Rep., 1921:9-57.

Biddinger, EJ; Liu, CM; Joly, RJ; Raghothama, KG (1998). Physiological and molecular responses of aeroponically grown tomato plants to phosphorous deficiency. *J. Am Soc. Horticultural Science*, 123:330-333.

Cao, X; Guan, Z; Vallad, GE (2014). An Economic Analysis of Fumigation Alternatives, the Methyl Bromide Ban, and its Implication: Evidence from the Florida Tomato Industry. In 2014 Annual Meeting, July 27-29, 2014, Minneapolis, Minnesota (No. 170582). Agricultural and Applied Economics Association.

Carter, WA (1942). A method of growing plants in water vapor to facilitate examination of roots. *Phytopathology*, 732:623-625.

Cayambe, J; Montesdeoca, F; Andrade-Piedra, JL (2011). Producción de semilla prebásica de papa en el sistema aeropónico en ecuador: evaluación de soluciones Nutritivas. 20p. Homepage:<[http://www.quito.cipotato.org/4\\_Nac\\_papa/30\\_06\\_11/Jhenny\\_cayambe.pdf](http://www.quito.cipotato.org/4_Nac_papa/30_06_11/Jhenny_cayambe.pdf)>.

Cayambe, J; Montesdeoca, F; Lalama, M (2010). Evaluación de soluciones nutritivas dinámicas para la producción de tubérculo-semilla categoría prebásica en dos variedades de papa bajo el sistema aeropónico. *Revista Rumipamba*, 24:57-69.

- Chang, DC; Cho, C; Suh, JT; Kim, SJ; Lee, YB (2011). Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to different electrical conductivities of nutrient solution. *American Journal of Potato Research*, 88:450-458.
- Chang, DC; Park, CS; Kim, SY; Lee, YB (2012). Growth and tuberization of hydroponically grown potatoes. *Potato Research*, 55:69-81.
- Chang, DC; Sung, YK; Young, G; Kwan, YS (2000). Hydroponic cultures system for the production of seed tubers without soil. *American Journal of Potato Research*, 77:394.
- Chiipanthenga, M; Maliro, M; Demo, P; Njoloma, J (2012). Potential of aeroponics system in the production of quality potato (*Solanum tuberosum* L.) seed in developing countries. *African Journal of Biotechnology*, 11:3993-3999.
- Chindi, A; Giorgis, GW; Solomon, A; Tessama, L; Negash, K (2014). Rapid Multiplication Techniques (RMTs): A Tool for the Production of Quality Seed Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Ethiopia. *Asian Journal of Crop Science*, 6:176-185.
- Christie, CB; Nichols, MA (2004). Aeroponics: A Production system and research tool. *Acta Horticulturae*, 648:289-291.
- Corrêa, RM; Pinto, JEBP; Pinto, CABP; Faquin, V; Reis, ES; Monteiro, AB; Dyer, WE (2008). A comparison of potato seed tuber yields in beds, pots and hydroponic systems. *Scientia Horticulturae*, 116:17-20.
- Dellai, J; Bisognin, DA; Andriolo, JL; Streck, NA; Müller, DR; Bandinelli, MG (2008). Densidade de plantio na produção hidropônica de minitubérculos de batata. *Ciência Rural*, 38:1534-1539.
- Duniway, JM (2002). Status of chemical alternatives to methyl bromide for preplant fumigation of soil. *Phytopathology*, 92:1337-1343.
- Durán, J; Martínez, E; Navas, L (2000). Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I). *Vida Rural*, 101:40-43. Homepage: <[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_vrural%2FVrural\\_2000\\_101\\_40\\_43.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_vrural%2FVrural_2000_101_40_43.pdf)>.
- El-Gali, ZI (2014). Comparison of natural soil sterilization methods and their effects on soil inhabitant fungi. *Nature and Science*, 12:72-78.
- Ezeta, FN (2001). Producción de semilla de papa en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 12:1-14.
- Factor, T; Calori, AH; Purquerio, LFV; Miranda Filho, HS; Feltran, JC; Barbosa, PJR; Feltran, FS (2014). Condutividade elétrica e densidade de plantas na produção de batata semente em aeroponia. In: XXVI CONGRESSO DE LA ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE LA PAPA – ALAP. Bogotá, Colombia, p.232.

Factor, TL; Araujo, JAC; Kawakami, FPC; Iunck, V (2007). Produção de minitubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, 25:082-087.

Farran, I; Mingo-Castel, AM (2006). Potato minituber production using aeroponics: effects of density and harvest intervals. *American Journal of Potato Research*, 83:47-53.

Figueiredo, ICR (2010). Avaliação agrônômica, qualitativa e culinária de clones de batata resistentes ao Potato virus Y (PVY). 2010. 78f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Gallo, L (2007). Nova técnica reduz custo de produção de batata. O Estado de São Paulo, 8/11/2007. Homepage: <<http://www.estadao.com.br/noticias/economia,nova-tecnica-reduz-custo-de-producao-de-batata,77785,0.htm>>.

García, M; Soplín, H; Ortiz, O; Chuquillanqui, C (2014). Sustentabilidad de los sistemas de producción de semilla pre básica de papa bajo invernadero. In: XXVI CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE LA PAPA – ALAP. Bogotá, Colombia, p.226.

Giusto, AB (2006). Tecnologia do broto como propágulo na produção de minitubérculos de batata-semente: avaliação do ELISA na detecção de quatro vírus regulamentados. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) IAC. Campinas, 142p. Homepage: <<http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/pdf/pb1803404.pdf>>.

Gullino, ML; Camponogara, A; Gasparrini, G; Rizzo, V; Clini, C; Garibaldi, A (2003). Replacing methyl bromide for soil disinfestations. *Plant Disease*, 87:1012-1021.

Hidalgo, O (1989). Progresos en la producción de tubérculos-semillas de papa em Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 2:1-28.

Hodson, A; Lewis, E (2014). An Integrated Soil Health Framework for California. Homepage: <[http://www.cdpr.ca.gov/docs/pestmgmt/white\\_paper\\_final.pdf](http://www.cdpr.ca.gov/docs/pestmgmt/white_paper_final.pdf)>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014). LSPA – Levantamento sistemático da produção agrícola, setembro de 2014. 78p.

Jensen, M (2001). Controlled environment agriculture in deserts, tropics and temperate region - A World Review. College of agriculture and life Sciences. Homepage: <<http://ag.arizona.edu/ceac/sites/ag.arizona.edu.ceac/files/jensen%20Taiwan%20World%20Review%20of%20CEA.pdf>>.

Kang, JG; Kim, SY; Om, YH; Kim, JK (1996). Growth and tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in aeroponic, deep flow technique and nutrient film technique culture films. *Journal Korean Society of Horticultural Science*, 37:24-27.

- Kim, HS; Lee, EM; Lee, MA; Woo, IS; Moon, CS; Lee, YB; Kim, SY (1999). Production of high quality potato plantlets by autotrophic culture for aeroponic systems. *Journal Korean Society of Horticultural Science*, 123:330-333.
- Lommen, WJM (1995). Basic studies on the production and performance of potato minitubers. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Lommen, WJM; Struik PC (1992). Potato Production of potato minitubers by repeated harvesting: Plant productivity and initiation, growth and reabsorption of tubers. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 40:342-359.
- Lung'aho, C; Nyongesa, M; Mbiyu, MW; Ng'ang'a, NM; Kipkoech, DN; Pwaiswai, P; Karinga, J (2010). Potato (*Solanum tuberosum*) minituber production using aeroponics: another arrow in the quiver? In: *POCEEDINGS OF THE 12th BIENNIAL CONFERENCE OF THE KENYA AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE*.
- Martin, FN (2003). Development of alternative strategies for management of soil-borne pathogens currently controlled with methyl bromide. *Annual Review of Phytopathology*, 41:325-50.
- Masengesho, J; Nshimiyimana, JC; Senkeshu, N; Sallah, PYK (2012). Performance of Irish potato varieties under aeroponic conditions in Rwanda. *Rwanda Journal*, 28:84-94.
- Mateus-Rodríguez, J; Haan, S; Barker, I; Chuquillanqui, C; Rodríguez-Delfín, A (2011). Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber seed production. In: *II INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOILLESS CULTURE AND HYDROPONICS*, 947:361-367.
- Mateus-Rodríguez, JF; Alzate, LG; Gutierrez, AY (2014b). Experiencia en el uso de la técnica de aeroponía para la producción de mini-tubérculos de papa em Colombia. In: *XXVI CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE LA PAPA – ALAP*. Bogotá, Colombia, p.235.
- Mateus-Rodríguez, JF; Haan, S; Piedra, JLA; Maldonado, L; Hareau, G; Barker, I; Chuquillanqui, C; Otazú, V; Frisancho, R; Bastos, C; Pereira, AS; Medeiros, CA; Montesdeoca, F; Benítez, J (2013). Technical and economic analysis of aeroponics and other systems for potato mini-tuber production in Latin America. *American Journal of Potato Research*, 90: 357–368.
- Mateus-Rodríguez, JF; Haan, S; Rodríguez-Delfín, A (2014a). Genotype by environment effects on potato mini-tuber seed production in an aeroponics system. *Agronomy*, 4:514-528.
- Medeiros, CAB; Daniels, J; Pereira, AS (2001). Produção de sementes pré-básicas de batata em sistema hidropônico: Multiplicação a partir de plântulas produzidas in vitro. *Horticultura Brasileira*, 19, Suplemento CD-Rom.

- Medeiros, CAB; Ziemer, AH; Daniels, J; Pereira, AS (2002). Produção de sementes pré-básicas de batata em sistema hidropônico. *Horticultura Brasileira*, 20:110-114.
- Molders, K; Quinet, M; Decat, J; Secco, B; Dulière, E; Pieters, S; Van Der Kooij, T; Van Der Straeten, D (2012). Selection and hydroponic growth of potato cultivars for bioregenerative life support systems. *Advances in Space Research*, 50:156-165.
- Moreira, MA (2008). Caracterização da planta e produção de batata-semente básica em substrato com diferentes materiais de propagação. 2008. 174f. Tese (Doutorado em Fitotecnia - Produção Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Msayleb, N (2014). Soil ozonation as a sustainable alternative to methyl bromide fumigation and synthetic pesticides. *Graduate Theses and Dissertations*. Paper 13763.
- Muller, DR; Bisognin, DA; Andriolo, JL; Dellai, J; Copetti, F (2007). Produção hidropônica de batata em diferentes concentrações de solução nutritiva e épocas de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:647-653.
- Muthoni, J; Kabira, J (2014). Multiplication of seed potatoes in a conventional potato breeding programme: a case of Kenya's national potato programme. *Australian Journal of Crop Science*, 8:1195-1199.
- Muzira, R; Vanlauwe, B; Basamba, T; Rwakaikara, SM; Wanjiku, C (2014). Assessing the influence of farmers' field schools and market links on investments in soil fertility management under potato production in Uganda. In: *Challenges and Opportunities for Agricultural Intensification of the Humid Highland Systems of Sub-Saharan Africa* (pp. 281-294). Springer International Publishing.
- Nakano, DH; Deleo, JPB (2006). Choque de competitividade. *Hortifruti Brasil*, 51:6-17.
- Narita, N; Rós, AB; Ramos, VJ; Watanabe, EY (2012). Produção de mini-tubérculos de batata em vasos contendo diferentes doses de fertilizante de liberação lenta. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, 8:20-26.
- Nichols, MA (2005). Aeroponics and potatoes. *Acta Horticulturae*, 670:201-206.
- Noling, JW; Botts, DA; MacRae, AW (2013). Alternatives to methyl bromide soil fumigation for Florida vegetable production. IFAS Extension, University of Florida, p.1-10. Homepage: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/CV/CV29000.pdf>>.
- Novella, MB; Andriolo, JL; Bisognin, DA; Cogo, CM; Bandinelli, MG (2008). Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers. *Ciência Rural*, 38:1529-1533.
- Oraby, H; Lachance, A; Desjardins, Y (2015). A low nutrient solution temperature and the application of stress treatments increase potato mini-tubers production in an aeroponic

system. Am. J. Potato Res., March. Homepage:  
<<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-015-9444-x#>>.

Otazú, V (2010). Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima, Perú. 44p.

Palma, AC; LaPlant, KE; Charkowski, AO (2013). Effects of seed type and variety on the agronomic performance of potato minitubers and the incidence of potato virus Y. *Phytopathology*, 103:46-46.

Pereira, JES; Medeiros, CAB; Fortes, GRL; Pereira, AS; Daniels, J (2001). Avaliação de dois sistemas hidropônicos na produção de material pré-básico de batata. *Horticultura Brasileira*, CD-Rom.

Relloso, JB; Pascualena, J; Ritter, E (2000). Sistema aeropónico en la producción de patata de siembra de categoría prebase. In: Pascualena, J; Ritter, E (Ed.). *Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata*. Vitoria, España, p.285-297.

Ritter, E; Angulo, B; Riga, P; Herrán, C; Relloso, J; San Jose, M (2001). Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*, 44:127-135.

Rodrigues, LFR (2002). Técnicas de cultivo protegido e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. FUNEP, 762p.

Rohr, A; Prediger, C; Fernandes, RC; Kneib, RB; Pinheiro, NL; Reisser Junior, C; Pereira, AS; Castro, CM (2013). Variabilidade genética de clones de batata para resposta ao déficit hídrico. Anais... In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura: anais. Viçosa, MG: SBMP, 2013. p.3115-3118.

Scherwinski-Pereira, JE; Medeiros, CAB; Fortes, GRL; Pereira, AS (2009). Production of pre-basic potato seed by polyvinyl chloride PVC: articulate gutters hydroponic system. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52:1107-1114.

Silva Filho, JB (2011). Índices de nitrogênio na planta e produtividade de tubérculos de batata-semente em sistema hidropônico de três fases. 2011. 72f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Silva, EC; Bavuso Neto, P; Marques, DJ; Giusto, AB; Souza-Dias, JAC (2006). Produção de batata-consumo a partir de minitubérculos oriundos de brotos de batata-semente com e sem tratamento hormonal. *Batata Show*, 5:1-16.

Silva, JG; França, MGC; Gomide, FTF; Magalhaes, JR (2013). Different nitrogen sources affect biomass partitioning and quality of potato production in a hydroponic system. *American Journal of Potato Research*, 90:179-185.

Silva, VF (2009). Indução de resistência a insetos-praga pela aplicação de silício em plantas de batata inglesa cultivada em sistema orgânico. 2009. 45f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Singh, BP; Chakrabarti, SK; Rana, RK (2011). Central Potato Research Institute (CPRI), Shimla. Homepage:<[http://kiran.nic.in/pdf/reports/Vision\\_2030.pdf](http://kiran.nic.in/pdf/reports/Vision_2030.pdf)>.

Souza-Dias, JAC (2001). Batata com Laranja - Produção de minitubérculos de batata-semente via plantio de broto livre de vírus e aumenta a renda de citricultores. *Cultivar HF*, Pelotas, RS, p.8-11, 01 de setembro.

Souza-Dias, JAC (2004). Tecnologia de produção de minitubérculos de batata-semente pré-básica, através do plantio de brotos livres de vírus. *Batata Show*, 4:7.

Souza-Dias, JAC (2006a). Tecnologia do Broto/Batata-semente: uma idéia que está brotando na bataticultura. *O Agrário*, Ibiuna-SP, p.7.

Souza-Dias, JAC (2006b). Caruaru (PE) e Esperança (PB): Redutos para a Tecnologia APTA-IAC do Broto/Batata-Semente na Produção de Batata-Semente "Classe Básica". *Batata Show*, p.12-13.

Souza-Dias, JAC (2009). Tecnologia desenvolvida pelo IAC vai aprimorar a cultura da batata na China. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, 08 de janeiro.

Souza-Dias, JAC; Meo, CM; Greve, A; Paes, LJ (2001). High quality minituber production by planting sprouts detached from imported seed tubers under aphid-proof greenhouse in a Brazilian Citrus Region. *American Journal of Potato Research*, 78:450.

Taylor, R (2001). Facing the future without methyl bromide – Are alternatives available to this versatile fumigant? *Phytoparasitica*, 29:3-5.

Tierno, R; Carrasco, A; Ritter, E; Galarreta, JIR (2013). Differential growth response and minituber production of three potato cultivars under aeroponics and greenhouse bed culture. *American Journal of Potato Research*, 91:346–353.

Tshisola, SN (2014). Improved potato (*Solanum tuberosum*) seed production through aeroponics system. 2014. 157f. Thesis (Master of Science in Agriculture) – Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University, Stellenbosch.

Tsoka, O; Demo, P; Nyende, AB; Ngamau, K (2012). Potato seed tuber production from in vitro and apical stem cutting under aeroponic system. *African Journal of Biotechnology*, 11:12612-12618.

Went, FW (1957). The experiment control of plant growth. New York: Ronald Press.

Wissar, R (1995). Producción de tubérculos-semillas de papa con pequeños agricultores de la región de Potosí-Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa, 7:1-16.

# Capítulo I

## **“Sistema Aeropônico UFV”: efeito de tipos de nebulizadores e revestimento de parede interna do balde sobre a produtividade de minitubérculos de batata-semente básica**

### **1. Resumo**

Comercialmente, a cultura da batata é propagada vegetativamente, a partir de tubérculos-semente da classe certificada oriundos de tubérculos-semente da categoria básica. Sistemas de produção de semente básica que propiciem maior taxa de multiplicação permitirão avanços significativos na cadeia produtiva e nos estudos com a cultura da batata. Assim, o objetivo desse trabalho foi propor o “Sistema Aeropônico UFV” para a produção de minitubérculos de batata semente básica; baseando-se em tipo de nebulizador e revestimento da parede interna do balde, e avaliar o referido sistema. O experimento foi conduzido com a cultivar Ágata, utilizando-se broto como material de propagação, em casa de vegetação não climatizada, na UFV, no período de junho a setembro de 2013. No sistema proposto foi utilizado balde de polietileno de alta densidade, de capacidade volumétrica de 100 L, com tampa e contendo nebulizador no seu interior. Foram avaliados seis tratamentos, resultantes do fatorial 3x2, três tipos de nebulizadores (32 L/h com antigotas, 32 L/h sem antigotas e 9 L/h sem antigotas) e dois tipos de revestimento interno do balde, com poliuretano e sem revestimento, com quatro repetições. Para número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos o experimento foi analisado em esquema de parcelas subdivididas, tendo na parcela esquema fatorial 3x2 e na subparcela as diferentes épocas de colheita, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Avaliaram-se as seguintes características por planta: número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos em função de épocas de colheita; massas de matérias secas de raiz (MSR); haste (MSH); folhas (MSF); total (MST); e a soma total para NTU e MFTU. Houve efeito de nebulizador e revestimento sobre as características avaliadas, exceto para soma total NTU que não foi influenciado pelo revestimento. Com o nebulizador de vazão 32 L/h sem antigotas e sem revestimento interno do balde o número total médio de minitubérculos por planta foi de 171. Concluiu-se que o “Sistema Aeropônico UFV” é eficaz para produzir minitubérculos, devendo ser

equipado com o nebulizador de vazão 32 L/h sem antigotas e não revestimento interno do balde.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., nebulizador, poliuretano, névoa e solução nutritiva.

### **“UFV Aeroponic System”: effect types of nebulizers and inner wall coating of the bucket about minituber productivity of basic seed potatoes**

#### **2. Abstract**

Commercially, potato crop is spread vegetatively, from seed tubers of certified class derived from the basic category seed tubers. Foundation seed production systems that provide higher multiplication rate will allow significant advances in the production chain and studies with the potato crop. Therefore, the objective of this study was to propose the "UFV Aeroponic System" for the production of potato minitubers of basic seed; based on type of nebulizer and coating of the inner wall of the bucket, and evaluate that system. The experiment was conducted with the cultivar Agata, using bud as propagating material, in a greenhouse not heated, at UFV in the period June to September 2013. In the proposed system was used a bucket of high density polyethylene, with volumetric capacity of 100 L, with cover and containing nebulizer in its interior. Six treatments were evaluated, result of 3x2 factorial, three types of nebulizers (32 L/h with anti-drip, 32 L/h without anti-drip, and 9 L/h without anti-drip) and two types of inner lining of the bucket, with polyurethane and without covering, with four replications. For number (NTU) and fresh matter mass (MFTU) of minitubers, the experiment was analyzed in a split plot scheme, having on portion factorial scheme 3x2 and the subplot the different harvest times, in a randomized block design with four replications. It was evaluated the following characteristics per plant: number (NTU) and fresh matter mass (MFTU) of minitubers due to harvest time; masses of dried root materials (MSR); rod (MSH); leaves (MSF); total (MST); and the sum total of NTU and MFTU. There was nebulizer effect and coating on the evaluated characteristics, except for the total sum NTU which was not affected by the coating. With the nebulizer outflow of 32 L / h without anti-drip and without the bucket internal coating the average total number of minitubers per plant was 171. It is concluded that the “UFV Aeroponic System” is effective to produce minitubers and

should be equipped with nebulizer with outflow of 32 L/h without anti-drip and not inner lining of bucket.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., nebulizer, polyurethane, fog and nutrient solution.

### 3. Introdução

Comercialmente, a cultura da batata é propagada vegetativamente, a partir de tubérculos-semente da classe certificada, oriundos de tubérculos-semente da categoria básica. Este tipo de multiplicação apresenta vantagens, pois permite a obtenção de material idêntico àquele que lhe deu origem, entretanto, uma vez infectados, os tubérculos-semente passam a disseminar doenças, principalmente viroses levando à degenerescência precoce da cultura com influências diretas sobre a qualidade e produtividade de tubérculos.

Os métodos tradicionais de produção de batata semente básica, em solo ou substrato, apresentam como principal desvantagem a baixa eficiência produtiva, em razão dos baixos índices de multiplicação de tubérculos por planta, pois é produzido em média de três a cinco tubérculos por planta, o que contribui para a elevação do custo da semente (Daniels et al., 2000). Normalmente, o substrato utilizado em casa de vegetação para produzir batata-semente básica tem base orgânica e que, muitas vezes, pode estar contaminado com ovos de insetos, sementes de ervas daninhas ou patógenos, que devem ser eliminados antes de serem utilizados em casa de vegetação. Além disto, pode ocorrer o envolvimento de processos extrativistas na obtenção do substrato.

A produção de minitubérculos de alta qualidade e com eficiência econômica é essencial para comercialização e abastecimento do mercado mundial de batata-semente (Mateus-Rodríguez et al., 2013). O elevado custo e a baixa disponibilidade de sementes de padrão adequado no país são fatores que levam o produtor a lançar mão de material propagativo inadequado, que não irá proporcionar a produtividade desejada.

A introdução de novos sistemas de produção de sementes básicas que propiciem maiores taxas de multiplicação, permitirá avanços significativos na cadeia produtiva da batata, além da possibilidade de diminuição no custo de produção e importação de batata-semente de outros países (Medeiros et al., 2002).

Embora estudos com sistema hidropônico venham sendo avaliados na produção vegetal, faltam respostas para a otimização de um sistema de fácil instalação e alta produtividade de minitubérculos.

A partir de experimentos com o sistema hidropônico de três fases para produção de tubérculos de batata-semente, criou-se a expectativa de um sistema de baixo custo, facilidade de implantação, com alta taxa de multiplicação e alto padrão fitossanitário de batata-semente (Silva Filho, 2011). Na ocasião, o sistema aeropônico despontava como possibilidade no Brasil (Factor et al., 2007) e no Peru – CIP (Otazú, 2010). Com essa base, idealizou-se o sistema aeropônico tendo um balde de polietileno como estrutura de sustentação; o sistema foi denominado “Sistema Aeropônico UFV”.

O sistema proposto pelo Centro Internacional de la Papa (Otazú, 2010) indicava o revestimento interno do ambiente para a produção de batata-semente, gerando a hipótese que o balde de polietileno deveria ser revestido com espuma de poliuretano. Concomitantemente, hipotetizou-se que o tipo de nebulizador poderia interferir no sistema aeropônico proposto. Diferente tipo de nebulizador, até então não avaliado em estudos de aeroponia, poderia também influenciar o sistema proposto. Não foram encontrados na literatura trabalhos com aeroponia envolvendo o uso de diferentes tipos de nebulizadores e revestimento interno.

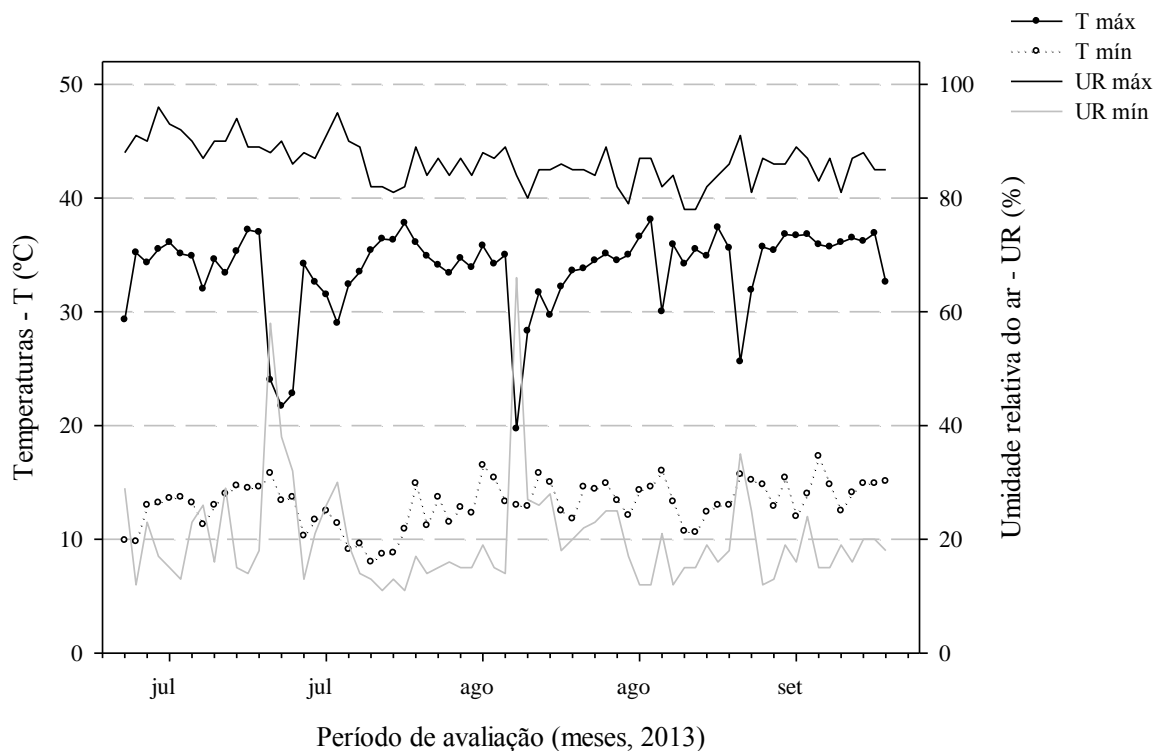
Assim, o objetivo desse trabalho foi propor o “Sistema Aeropônico UFV” para a produção de minitubérculos de batata semente básica; baseando-se em tipo de nebulizador e revestimento da parede interna do balde, e avaliar o referido sistema.

#### 4. Material e Métodos

O experimento foi conduzido de julho a setembro de 2013 na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em casa de vegetação não climatizada, cobertura com polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 $\mu$  e laterais revestidas com tela antiafídica (sombrite baby citrus cristal®). A localidade está na coordenada plana UTM N= 7703227,057 m, E= 721773,150 m, referenciadas ao sistema geodésico WGS84, zona 23S, com altitude média de 649 m.

Os dados de temperatura máxima e mínima e de umidade relativa do ar durante a execução do experimento encontram-se na Figura 1. Tais dados foram obtidos com o auxílio de um termohigrômetro digital instalado no interior da casa de vegetação, cujas leituras foram realizadas diariamente, às 18h.

O experimento foi conduzido no “Sistema Aeropônico UFV”. Tal sistema foi constituído de balde de polietileno de alta densidade (PEAD) com tampa, capacidade volumétrica de 100 L e abertura lateral, com cortina de plástico preto. Adicionalmente, o sistema aeropônico foi composto de uma bomba d’água periférica ½ CV, tubulação de PEAD preta com 1”, filtro de disco modular de ¾” (120 mesh), um nebulizador por balde e sistema de retorno da solução nutritiva. Nas tampas dos baldes foi feito um orifício de 2,5 cm. Na lateral do balde foi confeccionada uma abertura medindo 25 cm de largura x 35 cm de altura, visando facilitar múltiplas colheitas. O controle da circulação da solução nutritiva nebulizada foi realizado com o auxílio de um temporizador digital programado para acionar as bombas periféricas que ficaram ligadas por 20 segundos e desligadas por 1 minuto, durante todo o período de execução do experimento.



**Figura 1** – Temperaturas máxima, mínima e umidade relativa diária no interior da casa de vegetação, período de julho a setembro de 2013.

Foram avaliados 6 tratamentos, resultantes de fatorial 3x2; três tipos de nebulizadores e dois tipos de revestimento interno com poliuretano e sem do balde de 100 L (Tabela 1). A unidade experimental foi constituída de um balde contendo uma planta. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições.

Para número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos o experimento foi analisado em esquema de parcelas subdivididas, tendo na parcela esquema fatorial 3x2 e na subparcela as diferentes épocas de colheita, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições.

**Tabela 1** - Tratamentos utilizados no experimento para a produção de minitubérculos, em sistema aeropônico.

<b>Tratamentos</b>	<b>Tipos de Nebulizadores</b>	<b>Revestimento Interno do Balde</b>
<b>1</b>	MA-30 com antigotas (32 L/h)	Com
<b>2</b>	MA-30 com antigotas (32 L/h)	Sem
<b>3</b>	MA-30 sem antigotas (32 L/h)	Com
<b>4</b>	MA-30 sem antigotas (32 L/h)	Sem
<b>5</b>	NA-1 sem antigotas (9 L/h)	Com
<b>6</b>	NA-1 sem antigotas (9 L/h)	Sem

Utilizou-se brotos como material propagativo, provindos de batata-semente, categoria básica, da cultivar Ágata. Os brotos foram plantados em bandejas de poliestireno expandido (EPS), com 72 células, contendo substrato Tropstrato Hortaliças HT. Após 15 dias do plantio, os brotos enraizados e uniformes (mudas), com tamanho médio de hastes de 15 cm, foram transplantados com raízes nuas para o balde que iria receber a solução nutritiva nebulizada.

As soluções-estoques de macronutrientes e micronutrientes foram previamente preparadas e armazenadas em frasco de vidro na cor âmbar de 1 L na concentração de 4.000 vezes maior do que a exigida na solução nutritiva (2,0 M), com excessão para  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (1,0 M).

Até 35 dias após o transplântio das mudas (DAT) foi utilizada a solução nutritiva de Furlani (1998), de acordo com a Tabela 2, composta pelos seguintes sais:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{KNO}_3$ ;  $\text{NaNO}_3$ ;  $\text{CuSO}_4$ ;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ;  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (EDTA).

Dos 36 DAT em diante foi utilizada a solução nutritiva de Furlani (1998), modificada para macronutrientes, de acordo com a Tabela 2, composta pelos seguintes sais:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{KNO}_3$  e  $\text{KCl}$ .

A solução nutritiva foi monitorada de dois em dois dias, para aferições de pH, empregando-se pHmetro digital, mantendo-o em 5,5 pela adição de solução de correção à base de hidróxido de sódio (NaOH a 1 mol/L) ou ácido clorídrico (HCL a 1 mol/L). Da mesma forma, de dois em dois dias, a condutividade elétrica (CE) foi monitorada com condutivímetro e realizada a reposição de água desmineralizada para o volume inicial da solução nutritiva no reservatório.

O critério adotado para troca de solução nutritiva foi utilizar a CE como parâmetro. Quando a CE atingiu depleção de 30% em um dos reservatórios, todas as soluções nutritivas eram renovadas.

**Tabela 2** - Concentração de nutrientes na solução nutritiva utilizada no experimento para a produção de batata semente básica em aeroponia.

Nutrientes	Solução Nutritiva	
	Até 35 DAT	De 36 DAT até final
	(mmol L <sup>-1</sup> )	
Nitrogênio	14,14	11,24
Fósforo	1,26	1,58
Potássio	4,68	5,85
Cálcio	3,55	3,55
Magnésio	1,56	1,56
Enxofre	1,63	2,04
	(μmol L <sup>-1</sup> )	
Ferro	35,84	35,84
Manganês	7,29	7,29
Boro	27,78	27,78
Zinco	0,92	0,92
Cobre	0,31	0,31
Molibdênio	0,63	0,63

#### Características avaliadas:

##### Produção de tubérculos

Número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos. Ao longo do tempo, o sistema radicular da cultura foi monitorado e foram efetuadas três colheitas

de tubérculos em intervalos de 7 dias, aos 44, 51 e 58 dias após o transplante (DAT). Após cada colheita, os tubérculos foram contados e aferidas as suas massas.

### **Produção de biomassa**

Aos 58 DAT, quando houve início a senescência das plantas, foram avaliadas as massas de matéria seca de raiz (MSR), haste (MSH), folhas (MSF) e total (MST). Para avaliar a massa da matéria seca dos órgãos, foram coletadas as plantas das respectivas unidades experimentais e acondicionadas em sacos de papel kraft. Posteriormente, após a separação, os órgãos foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C até atingirem massa constante, quando foi determinada a massa da matéria seca. A massa da matéria seca total foi obtida pela soma das massas dos órgãos da planta de batata.

### **Razões alométricas**

Foram calculadas as razões de massa radicular, caulinar e foliar, relação de parte aérea e raiz, através das seguintes equações:

$$RM_{\text{órgão}} = \frac{MS_{\text{órgão}}}{MST} \quad R_{PA/R} = \frac{MS_{PA}}{MSR}$$

Onde:  $RM_{\text{órgão}}$  = razão de massa do órgão vegetal;

$MS_{\text{órgão}}$  = massa da matéria seca do órgão;

MST = massa da matéria seca total;

$R_{PA/R}$  = relação parte aérea e raiz;

$MS_{PA}$  = massa da matéria seca parte aérea e

MSR = massa da matéria seca de raiz.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na lógica biológica, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, adotando-se o nível de 10% de probabilidade e no coeficiente de determinação ( $R^2 = \frac{SQ_{Regressão}}{SQ_{Tratamento}}$ ). Independentemente da significância da interação, optou-se pelo seu desdobramento, devido ao interesse do estudo.

### **Distribuição da produção relativa de minitubérculos**

Após escolher o melhor tratamento (tipo de nebulizador X revestimento), foi utilizada a descrição dos dados em forma de porcentagem. Calculou-se a razão entre a produção de cada época de colheita e a produção total de minitubérculos, conforme equação:

$$PR = \frac{NTU_{\acute{e}poca}}{\sum_{i=1}^n NTU} * 100$$

Onde: PR = distribuição da produção relativa de minitubérculos;

$NTU_{\acute{e}poca}$  = número pontual de minitubérculo na época de colheita e

$\sum_{i=1}^n NTU$  = somatório da produção de minitubérculos.

## 5. Resultados

Houve efeito de tipos de nebulizadores para NTU, aos 58 DAT, quando o balde foi revestido com espuma, onde o nebulizador MA-30 com antigotas foi superior aos demais. Houve efeito de tipos de nebulizadores para NTU, aos 58 DAT e a soma total de minitubérculos, quando o balde não foi revestido e com revestimento de espuma, respectivamente, onde os nebulizadores MA-30 com e sem antigotas foram superiores ao NA-1 sem antigotas (Tabela 3).

Houve efeito de revestimento interno do balde para NTU, aos 58 DAT, com nebulizador MA-30 com antigotas, onde o revestimento interno do balde com espuma foi superior ao não revestimento. Houve efeito de revestimento interno do balde para NTU, aos 58 DAT, com nebulizador NA-1 sem antigotas, onde o não revestimento interno do balde foi superior ao revestimento com espuma (Tabela 3).

Houve efeito de tipos de nebulizadores para MFTU, aos 44 DAT e a soma total de minitubérculos, com o revestimento interno do balde, onde o nebulizador MA-30 com antigotas foi superior aos demais. Houve efeito de tipos de nebulizadores para MFTU, aos 44 DAT, com o não revestimento interno do balde, onde o nebulizador MA-30 sem antigotas foi superior aos demais. Houve efeito de tipos de nebulizadores para MFTU, aos 58 DAT, com o revestimento interno do balde, onde o nebulizador MA-30 com antigotas foi superior ao NA-1 sem antigotas. Houve efeito de tipos de nebulizadores para MFTU, na soma total de minitubérculos, com o não revestimento interno do balde, onde os nebulizadores MA-30 com e sem antigotas foram superiores ao NA-1 sem antigotas (Tabela 3).

Houve efeito de revestimento interno do balde para MFTU, aos 44 DAT, com o nebulizador MA-30 com antigotas, onde o revestimento interno do balde com espuma foi superior ao não revestimento. Houve efeito de revestimento interno do balde para MFTU, aos 44 DAT e a soma total de minitubérculos, com o nebulizador MA-30 sem antigotas, onde o não revestimento interno do balde foi superior ao revestimento com espuma (Tabela 3).

**Tabela 3** – Valores médios no número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos, para as respectivas combinações de tipos de nebulizadores, revestimento interno do balde e épocas de colheita aos 44, 51 e 58 dias após o transplântio (DAT) e a soma total de minitubérculos ( $\Sigma$ ) para as combinações de tipos de nebulizadores e revestimento do balde com poliuretano (Com e Sem) no “Sistema Aeropônico UFV”.

Tipos de Nebulizadores	Épocas de colheita (DAT)							
	44		51		58		$\Sigma$	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
NTU (ud/planta)								
MA-30 c/antigotas	43,75aA	24,00aA	24,50aA	21,25aA	159,25aA	109,50aB	227,50aA	154,75aA
MA-30 s/antigotas	17,25aA	30,00aA	10,25aA	25,00aA	82,50bA	116,00aA	110,00abA	171,00aA
NA-1 s/antigotas	2,50aA	17,50aA	0,00aA	17,50aA	0,00cB	57,25bA	2,50bA	92,25aA
MFTU (g/planta)								
MA-30 c/antigotas	313,96aA	203,73bB	85,78aA	131,29aA	188,97aA	165,71aA	588,71aA	500,72aA
MA-30 s/antigotas	71,20bB	350,80aA	41,72aA	137,11aA	99,52abA	137,97aA	212,43bB	625,87aA
NA-1 s/antigotas	7,86bA	97,30bA	0,00aA	55,22aA	0,00bA	69,32aA	7,86bA	221,83bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada característica e para cada época de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve efeito de tipos de nebulizadores para MSR, MSF e MST, quando o balde foi revestido internamente com espuma, onde os nebulizadores MA-30, com e sem antigotas, foram superiores ao NA-1 sem antigotas. Houve efeito de tipos de nebulizadores para MSH, quando o balde foi revestido internamente com espuma, onde o nebulizador MA-30 com antigotas foi superior ao NA-1 sem antigotas (Tabela 4).

Houve efeito de revestimento interno do balde para MSR, MSH, MSF e MST, quando foi utilizado o nebulizador NA-1 sem antigotas, onde o não revestimento interno do balde foi superior ao revestimento com espuma (Tabela 4).

**Tabela 4** – Valores médios na massa da matéria seca raiz (MSR), haste (MSH), folha (MSF) e total (MST) da batateira no “Sistema Aeropônico UFV”, para as respectivas combinações de tipos de nebulizadores e revestimento interno do balde.

Tipos de Nebulizadores	Revestimento Interno do Balde	
	Com Espuma	Sem Espuma
	<b>MSR (g/planta)</b>	
MA-30 c/antigotas	9,79aA	9,61aA
MA-30 s/antigotas	6,74aA	9,75aA
NA-1 s/antigotas	0,26bB	6,18aA
	<b>MSH (g/planta)</b>	
MA-30 c/antigotas	7,50aA	7,18aA
MA-30 s/antigotas	3,81abA	9,32aA
NA-1 s/antigotas	0,06bB	6,18aA
	<b>MSF (g/planta)</b>	
MA-30 c/antigotas	22,85aA	25,88aA
MA-30 s/antigotas	21,17aA	18,40aA
NA-1 s/antigotas	0,30bB	13,09aA
	<b>MST (g/planta)</b>	
MA-30 c/antigotas	40,13aA	42,66aA
MA-30 s/antigotas	31,71aA	37,47aA
NA-1 s/antigotas	0,61bB	25,46aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se pela Tabela 5, que não houve efeito de épocas de colheita aos 44, 51 e 58 dias após o transplântio (DAT) para número e massa da matéria fresca de minitubérculos para as respectivas combinações de tipos de nebulizadores e revestimento interno do balde, sendo os valores iguais às médias.

**Tabela 5** – Equações de regressão ajustadas para número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos no “Sistema Aeropônico UFV” em função de épocas de colheita (EP) aos 44, 51 e 58 dias após o transplântio (DAT), para as combinações de tipos de nebulizadores e revestimento interno do balde.

Tipos de Nebulizadores	Revestimento Interno do Balde	
	Com	Sem
MA-30 c/antigotas	$N\hat{T}U = 75,83$ $M\hat{F}TU = 196,24$	$N\hat{T}U = 51,58$ $M\hat{F}TU = 166,91$
MA-30 s/antigotas	$N\hat{T}U = 36,67$ $M\hat{F}TU = 70,81$	$N\hat{T}U = 57,00$ $M\hat{F}TU = 208,62$
NA-1 s/antigotas	$N\hat{T}U = 0,83$ $M\hat{F}TU = 2,62$	$N\hat{T}U = 30,75$ $M\hat{F}TU = 73,94$

Houve efeito de tipos de nebulizadores para RMR, quando o balde foi revestido internamente com espuma, onde o nebulizador NA-1 sem antigotas foi superior aos demais. Houve efeito de tipos de nebulizadores para RMF e RPAR, quando o balde foi revestido internamente com espuma, onde os nebulizadores MA-30 com e sem antigotas foram superiores ao NA-1 sem antigotas (Tabela 6).

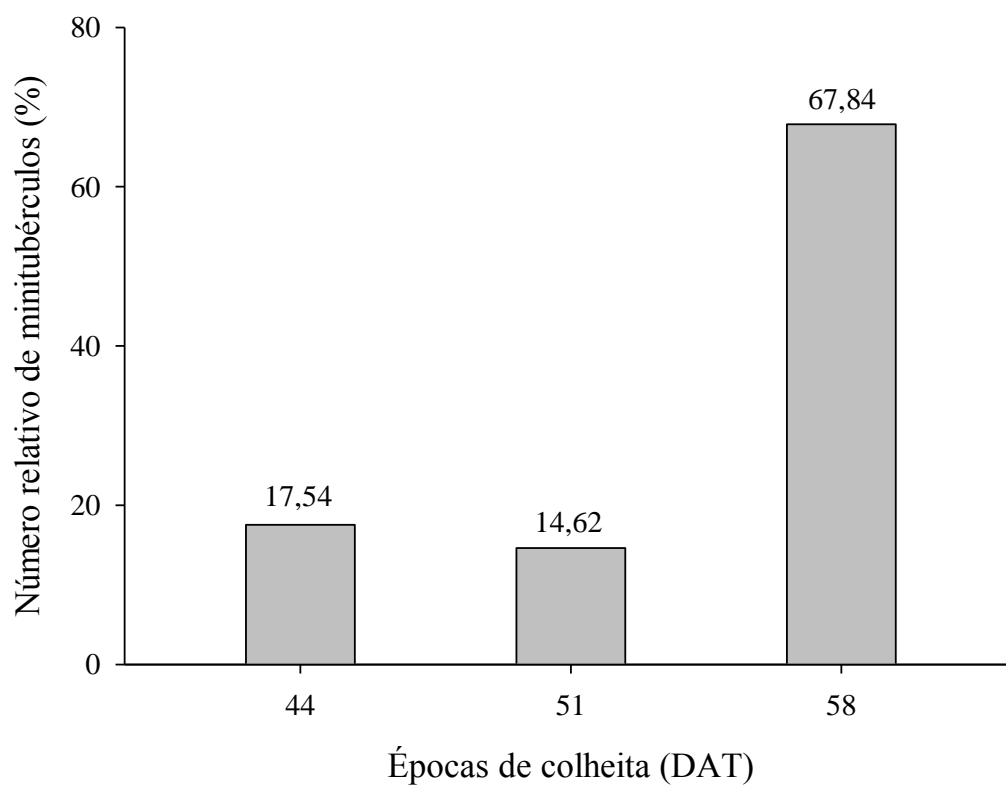
Houve efeito de revestimento interno do balde para RMR, com o nebulizador NA-1 sem antigotas, onde o revestimento interno do balde com espuma foi superior ao não revestimento (Tabela 6).

**Tabela 6** – Valores médios para razões de massas radicular (RMR), caulinar (RMC) e foliar (RMF) e relação parte aérea e raiz (RPAR) da batateira no “Sistema Aeropônico UFV” para as combinações de tipos de nebulizadores e revestimento interno do balde.

Tipos de Nebulizadores	Revestimento Interno do Balde	
	Com Espuma	Sem Espuma
<b>RMR (g/g)</b>		
MA-30 c/antigotas	0,24bA	0,22aA
MA-30 s/antigotas	0,22bA	0,25aA
NA-1 s/antigotas	0,47aA	0,25aB
<b>RMC (g/g)</b>		
MA-30 c/antigotas	0,19aA	0,17aA
MA-30 s/antigotas	0,12aA	0,25aA
NA-1 s/antigotas	0,23aA	0,14aA
<b>RMF (g/g)</b>		
MA-30 c/antigotas	0,57aA	0,60aA
MA-30 s/antigotas	0,66aA	0,50aA
NA-1 s/antigotas	0,30bA	0,36aA
<b>RPAR (g/g)</b>		
MA-30 c/antigotas	3,26abA	3,49aA
MA-30 s/antigotas	3,83aA	3,10aA
NA-1 s/antigotas	1,18bA	2,20aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O melhor tratamento, em termos de NTU (171 ud/planta), foi utilizando o nebulizador MA-30 sem antigotas e sem revestimento interno do balde (Tabela 3). Com esse conjunto, a distribuição em porcentagem do número relativo de minitubérculos de batata nas três colheitas foram em média 17,54; 14,62 e 67,84% da produção total (Figura 2).



**Figura 2** – Número relativo de minitubérculos de batata ao longo do tempo, para o melhor tratamento (Tratamento 4).

## 6. Discussão

A produção de minitubérculos encontrada neste trabalho, no Tratamento 4, 171 ud/planta (Tabela 3), superou os valores encontrados por Mateus-Rodríguez (2010) 84 ud/planta, Chang et al. (2011) 64 ud/planta, Mateus-Rodríguez et al. (2012) 72 ud/planta, Masengesho et al. (2012) 36 ud/planta e Oraby et al. (2015) 114 ud/planta. Entretanto, quando se compara a produtividade por unidade de área, correspondente a 475 ud/m<sup>2</sup> na densidade de 2,78 plantas/m<sup>2</sup>, constata-se que essa produção está abaixo da encontrada por Farran & Mingo-Castel (2006) de 800 ud/m<sup>2</sup>, Factor et al. (2007) 49 ud/planta ou 874 ud/m<sup>2</sup> e Cayambe et al. (2011) 105 ud/planta ou 2.257 ud/m<sup>2</sup>.

O Tratamento 4 (nebulizador MA-30 sem antigotas e não revestimento interno do balde) se destacou possivelmente pelo fato de utilizar nebulizador com maior vazão e sem antigotas. O antigota exige do sistema maior pressão e tem maior atrito, aumentando a temperatura da solução nutritiva. Todo esse conjunto de fatores pode contribuir para dificultar a absorção de nutrientes e o crescimento de raízes, conseqüentemente comprometendo a produção de minitubérculos. Como não houve diferença significativa para o fator revestimento interno do balde, optou-se pelo não revestimento, pois além de envolver maior mão de obra para implementação, há incremento no custo de produção, diminuindo a margem de lucro com o tubérculo produzido no “Sistema Aeropônico UFV”.

A tecnologia da aeroponia desempenha papel crucial no século 21, em cultivo sem solo para produção de alimentos (Lakkireddy et al., 2012). Os sistemas aeropônicos apresentam vantagens como: economia de água e nutrientes, monitoramento de raízes, menor limitação ao crescimento e maior oxigenação do sistema radicular, maiores produtividades, além de se obter minitubérculos com qualidade sanitária (Durán et al. 2000; Jensen, 2001; Rodrigues, 2002; Chiipanthenga et al., 2012; Muthoni & Kabira, 2014).

Cita-se como limitações da aeroponia: susceptibilidade às variações de temperatura, umidade e falhas que eventualmente possam ocorrer em função do entupimento no sistema de pulverização, do excesso de sais ou até mesmo no sistema de controle, podendo ocorrer perda total da produção (Tierno et al., 2013). Ademais, exige um alto custo de implantação, maior conhecimento técnico e uma maior vulnerabilidade

com relação à dependência de energia elétrica, sendo, portanto, necessário a aquisição de geradores.

Destaca-se, no sistema desenvolvido na UFV, como principal vantagem, a alta taxa de produção de minitubérculos, 171 ud/planta, e facilidade de confecção do sistema aeropônico. Por outro lado, cita-se como limitação a vulnerabilidade com relação à dependência de energia elétrica.

A aeroponia vem se destacando no cenário mundial para produção de batata semente, com produtividades de 100 tubérculos por planta (Otazú, 2010; Chiipanthenga et al., 2012). Destaca-se o trabalho de Factor et al. (2007) que avaliaram os sistemas Deep Flow Technique (DFT), Nutrient Film Technique (NFT) ou Calha Articulada e aeroponia para a produção de minitubérculos de batata-semente, cultivares Ágata e Monalisa. Constataram que as produtividades de tubérculos no sistema aeropônico foi superior à obtida no sistema NFT e, que, dependendo do preço de venda do minitubérculo, os três sistemas podem ser viáveis economicamente.

No sistema aeropônico, tubérculos podem ter o crescimento paralisado com temperaturas acima de 30°C, como também, apresentarem aspecto rugoso e envelhecido. Isso pode ocorrer também em ambiente com umidade inadequada. Nota-se também, que em alguns tubérculos que desesenvolvem estolões, que darão origem a novos tubérculos, poderão ser formadas estruturas em forma de rosário no ápice dos estolões (Cayambe, 2010).

Variáveis como a temperatura, o tipo de sistema aeropônico utilizado, a capacidade da bomba, o tipo de nebulizador e o tamanho do sistema radicular a ser desenvolvido poderão afetar a forma como as raízes devem ser pulverizadas. Para regiões de clima tropical, é sugerido um intervalo de pulverização de 15 segundos a cada três a cinco minutos, é verificado se o sistema radicular não perca umidade (Peckenpaugh, 2004).

Temperaturas, normalmente acima de 25°C, a iniciação e crescimento dos tubérculos são inibidas, levando a atrasos na tuberização. Estes atrasos resultam provavelmente de metabolismo acelerado, em especial o crescimento de haste, e a partir dos efeitos inibidores específicos da alta temperatura no início de formação do tubérculo. Temperatura acima do ideal seja durante o dia ou à noite (18 a 20°C) poderá reduzir a produção de tubérculos, principalmente à noite, influenciando no acúmulo de matéria seca. As altas temperaturas também causam distúrbios fisiológicos, tais como forma

irregular, surgimento prematuro, rachaduras e elevadas concentrações de glicoalcalóides em tubérculos (Benkeblia, 2015).

Adicionalmente, aconselham-se bicos de nebulização de baixa pressão, com 20 segundos nebulizando e intervalos de 40 segundos desligado (Szykitka, 2004). Na prática, esse melhor intervalo (ligado e desligado) deverá ser estudado em futuros experimentos para produção de batata-semente.

Aos 58 DAT houve maior concentração na produção de minitubérculos, aproximadamente 68% (Figura 2). Isso provavelmente ocorreu pela interrupção do ciclo de produção em todos os tratamentos, fazendo com que todos os tratamentos concentrassem a produção aos 58 DAT. O experimento foi conduzido na época do inverno; se conduzido na primavera diferentes resultados poderiam ser obtidos. Para Corrêa et al. (2009), a produção de tubérculos é influenciada pela quantidade de colheitas escalonadas, quanto maior o número de colheitas escalonadas, maior será a produção de tubérculos por planta e por metro quadrado, apresentando menor biomassa e diâmetro, pois a demanda de fotoassimilados é direcionada para formação de novos tubérculos.

Com o crescimento da planta, no início da tuberização, os drenos preferenciais passam gradativamente ser os tubérculos, de forma acentuada e crescente. O acúmulo de biomassa na planta é influenciado por fatores internos como fotossíntese e respiração, e externos como temperatura, umidade relativa e radiação solar. No presente trabalho, o aumento da temperatura pode ter desencadeado aumentos da fotossíntese e da respiração, até atingir o ideal (25°C); acima disto pode ter havido aumento da respiração em detrimento da fotossíntese, comprometendo acúmulo de biomassa e produção de tubérculos (Taiz & Zeiger, 2013).

Houve maiores alocações de biomassas na raiz para o nebulizador NA-1 sem antigotas e na folha para os demais nebulizadores, MA-30 com e sem antigotas (Tabela 6). A alocação de maior partição de assimilados na raiz, quando utilizado o nebulizador NA-1 sem antigotas e o revestimento interno do balde com espuma, pode ser explicada pela baixa produção de fotoassimilados na parte aérea (folha) nas fases iniciais de crescimento, prejudicando, principalmente, o aparato fotossintético. Ao se utilizar o NA-1 sem antigotas, o cone do jato da solução é mais aberto, atingindo mais as paredes do balde do que a raiz, com maior ângulo de expansão. Adicionalmente, apesar do sistema de filtro de disco de 120 mesh, houve problemas com entupimento, mesmo tendo havido três trocas de todos os nebulizadores desse tratamento.

Por outro lado, com a utilização dos nebulizadores MA-30 com e sem antigotas, houve maior número de minitubérculos por planta.

Maiores valores na razão de massa foliar e na relação de parte aérea raiz para os nebulizadores MA-30 com e sem antigotas, com revestimento interno do balde, podem refletir maior alocação de assimilados para as folhas, tidas como drenos metabólicos (Tabela 6); nessa combinação de fatores, remobilizando os compostos fotoassimilados para a produção de minitubérculos da planta (Tabela 3).

## **7. Conclusão**

O “Sistema Aeropônico UFV” é eficaz para produzir minitubérculos, devendo ser utilizado o nebulizador de vazão 32 L/h sem antigotas e o não revestimento interno do balde.

## 8. Referências Bibliográficas

Benkeblia, N (2015). Omics technologies and crop improvement. CRC Press, Taylor & Francis Group. 392p.

Cayambe, J; Montesdeoca, F; Andrade-Piedra, JL (2011). Producción de semilla prebásica de papa en el sistema aeropónico en Ecuador: evaluación de soluciones nutritivas. 20p.

Homepage:<[http://www.quito.cipotato.org/4\\_Nac\\_papa/30\\_06\\_11/Jhenny\\_cayambe.pdf](http://www.quito.cipotato.org/4_Nac_papa/30_06_11/Jhenny_cayambe.pdf)>.

Cayambe, JMT (2010). Evaluación de soluciones nutritivas dinámicas para la producción de tubérculo–semilla categoría prebásica en dos variedades de papa bajo el sistema aeropónico. Cutuglagua, Pichincha. 2010. 103f. Monografía (Engenheiro Agrônomo) – Universidad Central del Ecuador, Quito.

Chang, DC; Cho, C; Suh, JT; Kim, SJ; Lee, YB (2011). Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to different electrical conductivities of nutrient solution. American Journal of Potato Research, 88:450-458.

Chiipanthenga, M; Maliro, M; Demo, P; Njoloma, J (2012). Potential of aeroponics system in the production of quality potato (*Solanum tuberosum* L.) seed in developing countries. African Journal of Biotechnology, 11:3993-3999.

Corrêa, RM; Pinto, JEBP; Faquin, V; Pinto, CABP; V; Reis, ES (2009). The production of seed potatoes by hydroponic methods in Brazil. Fruit, Vegetable and Cereals Science and Biotechnology, 3:133-139.

Daniels, J; Pereira, AS; Fortes, GRL (2000). Verticalização da produção da batata-semente por produtores de agricultura familiar no Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, 4p. (Comunicado Técnico).

Durán, J; Martínez, E; Navas, L (2000). Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I). Vida Rural, 101:40-43.

Factor, TL; Araujo, JAC; Kawakami, FPC; Iunck, V (2007). Produção de minitubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. Horticultura Brasileira, 25:082-087.

Farran, I; Mingo-Castel, AM (2006). Potato minituber production using aeroponics: effects of density and harvest intervals. American Journal of Potato Research, 83:47-53.

Furlani, PR (1998). Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC. 30p. (Boletim Técnico, 168).

Jensen, M (2001). Controlled environment agriculture in deserts, tropics and temperate region - A World Review. College of agriculture and life Sciences. Homepage: <<http://ag.arizona.edu/ceac/sites/ag.arizona.edu/ceac/files/jensen%20Taiwan%20World%20Review%20of%20CEA.pdf>>.

Lakkireddy, KK, Kasturi, K, Rao, KRSS (2012). Role of hydroponics and aeroponics in soilless culture in commercial food production. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 1:26-35.

Masengesho, J; Nshimiyimana, JC; Senkeshu, N; Sallah, PYK (2012). Performance of Irish potato varieties under aeroponic conditions in Rwanda. *Rwanda Journal*, 28:84-94.

Mateus-Rodríguez, J, de Haan, S., Barker, I., Chuquillanqui, C. and Rodríguez-Delfín, A (2012). Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber seed production. *Acta Horticulturae*, 947:361-367.

Mateus-Rodríguez, JF (2010). Efecto del ambiente sobre la producción de minitubérculos de 10 genotipos de papa cultivados bajo un sistema aerópico. 121p. *Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.*

Mateus-Rodríguez, JRM; Haan, S; Piedra, JLA; Maldonado, L; Hareau, G; Barker, I; Chuquillanqui, C; Otazú, V; Frisancho, R; Bastos, C; Pereira, AS; Medeiros, CA; Montesdeoca, F; Benítez, J (2013). Technical and economic analysis of aeroponics and other systems for potato mini-tuber production in Latin America. A low nutrient solution temperature and the application of stress treatments increase potato mini-tubers production in an aeroponic system, 90: 357–368.

Medeiros, CAB; Ziemer, AH; Daniels, J; Pereira, AS (2002). Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, 20:110-114.

Muthoni, J; Kabira, J (2014). Multiplication of seed potatoes in a conventional potato breeding programme: a case of Kenya's national potato programme. *Australian Journal of Crop Science*, 8:1195-1199.

Oraby, H; Lachance, A; Desjardins, Y (2015). A low nutrient solution temperature and the application of stress treatments increase potato mini-tubers production in an aeroponic system. *American Journal of Potato Research*, March. Homepage: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-015-9444-x#>>.

Otazú, V (2010). Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima, Perú. 44p.

Peckenpaugh, D (2004). Hydroponic solution: hydroponic growing tips. New Moon Publishing, v.1. 121p.

Rodrigues, LFR (2002). Técnicas de cultivo protegido e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. FUNEP, 762p.

Silva Filho, JB (2011). Índices de nitrogênio na planta e produtividade de tubérculos de batata-semente em sistema hidropônico de três fases. 2011. 72f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Szykitka, W (2004). The big book of self-reliant living: advice and information on just about everything you need to know to live on planet Earth. 2nd ed. Guilford, CT: The Lyons Press.

Taiz, L; Zeiger, E (2013). Fisiologia vegetal. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed. 954p.

Tierno, R; Carrasco, A; Ritter, E; Galarreta, JIR (2013). Differential growth response and minituber production of three potato cultivars under aeroponics and greenhouse bed culture. American Journal of Potato Research, 91: 346–353.

## Capítulo II

### **“Sistema aeropônico UFV”: efeito de tipos de nebulizadores e sentido de nebulização sobre a produtividade de minitubérculos de batata-semente básica**

#### **1. Resumo**

Visando otimizar o “Sistema Aeropônico UFV”, incluiu-se nessa fase o sentido de nebulização. Assim, o objetivo desse trabalho foi otimizar o “Sistema Aeropônico UFV” para a produção de minitubérculos de batata semente básica, com ênfase na seleção de nebulizadores e sentido de nebulização. O experimento foi conduzido com a cultivar Ágata, utilizando-se broto como material de propagação, em casa de vegetação, na UFV, no período de abril a julho de 2014. No sistema proposto foi utilizado balde de polietileno de alta densidade, com tampa e contendo no seu interior o nebulizador. Foram avaliados oito tratamentos, resultantes do fatorial 4x2; quatro tipos de nebulizadores (14 L/h sem antigotas, 32 L/h sem antigotas, 32 L/h com antigotas e 7,5 L/h sem antigotas) e dois sentidos de nebulização (de baixo para cima e de cima para baixo), no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Para número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos o experimento foi analisado em esquema de parcelas subdivididas, tendo na parcela esquema fatorial 3x2 e na subparcela as diferentes épocas de colheita, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes características por planta: número (NTU) e massa da matéria fresca de minitubérculos (MFTU) em função de épocas de colheita; número (NTUT) e massa da matéria fresca (MFTUT) total de minitubérculos; massa de matérias secas de raiz (MSR); haste (MSH); folhas (MSF) e total (MST). Houve efeito de sentido de nebulização e de tipos de nebulizadores para as características NTU e MFTU. O “Sistema Aeropônico UFV” é eficaz para produzir minitubérculos devendo ser equipado com nebulizador 14 L/h sem antigotas e com o sentido de nebulização de cima para baixo.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., nebulizador, névoa e solução nutritiva.

**“UFV Aeroponic System”: effect types of nebulizers and direction of fogging over the minitubers productivity of basic seed potatoes**

**2. Abstract**

In order to optimize the “UFV Aeroponic System”, it was included in that stage the direction of fogging. The objective of this work was to optimize the “UFV Aeroponic System” for the production of basic seed potato minitubers, with emphasis on the selection of nebulizers and direction of fogging. The experiment was conducted with the cultivar Agata, using bud as propagating material, in a greenhouse at UFV in the period April-July 2014. In the proposed system was used a bucket of high density polyethylene, with cover and containing in its interior the nebulizer. Were evaluated eight treatments, result of 4x2 factorial; four types of nebulizers (14 L/h without anti-drip, 32 L/h without anti-drip 32 L/h with anti-drip and 7.5 L/h without anti-drip) and two ways of nebulization (from bottom to top and from top to bottom), in a randomized block delineation with four replications. For number (NTU) and fresh matter mass (MFTU) of minitubers experiment was analyzed in a split plot scheme, having on factorial scheme portion 3x2 and on the subplot the different harvest times, in a randomized block delineation, with four replications. The following characteristics were evaluated by plant: number (NTU) and fresh matter mass of minitubers (MFTU) at harvest period function; number (NTUT) and fresh matter mass (MFTUT) of total minitubers; mass of dried root materials (MSR); rod (MSH); leaves (MSF) and total (MST). There was an effect of nebulization direction and types of sprayers for the NTU and MFTU characteristics. The “UFV Aeroponic System” is effective to produce minitubers and can be useful as an experimental tool and should be used the Fogger nebulizer without anti-drip flow at 14 L/h with descending nebulization direction.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., nebulizer, fog and nutrient solution.

### 3. Introdução

À medida que surgem novos desafios na cadeia produtiva de alimentos, o aprimoramento e aperfeiçoamento de sistemas de produção, entre os quais os aeropônicos, devem ser dinâmicos e constantes. Dentre esses desafios, está a maximização da taxa de multiplicação de minitubérculos a baixo custo, sanidade vegetal e disponibilidade de acesso à tecnologia por parte de produtores comerciais de batata semente.

Nos últimos anos foram estabelecidos sistemas aeropônicos visando melhorar a produção de batata-semente (Tierno et al., 2013).

A produção de batata-semente em sistema aeropônico representa alternativa para o produtor de batata-semente básica. Adicionalmente, o sistema aeropônico necessita proporcionar alta taxa de produção, com vistas à redução de custos (García, 2013). Trabalhos com otimização de produtividade de minitubérculos podem favorecer a viabilidade econômica do sistema aeropônico, além de maximizar o uso dos recursos disponíveis para a produção de minitubérculos em aeroponia (García, 2013; Mateus-Rodríguez et al., 2013).

Após o desenvolvimento do “Sistema Aeropônico UFV” e a constatação de adequada produtividade de minitubérculos (171 ud/planta), superior aos encontrados na literatura, questionou-se a possibilidade de avaliar novos nebulizadores, incluindo os de melhores desempenhos no Experimento 1, como tratamentos. Adicionalmente, surgiu a dúvida sobre qual melhor sentido de nebulização para esse sistema, sendo que Factor et al. (2007) trabalharam com nebulização ascendente e Otazú (2010) com descendente.

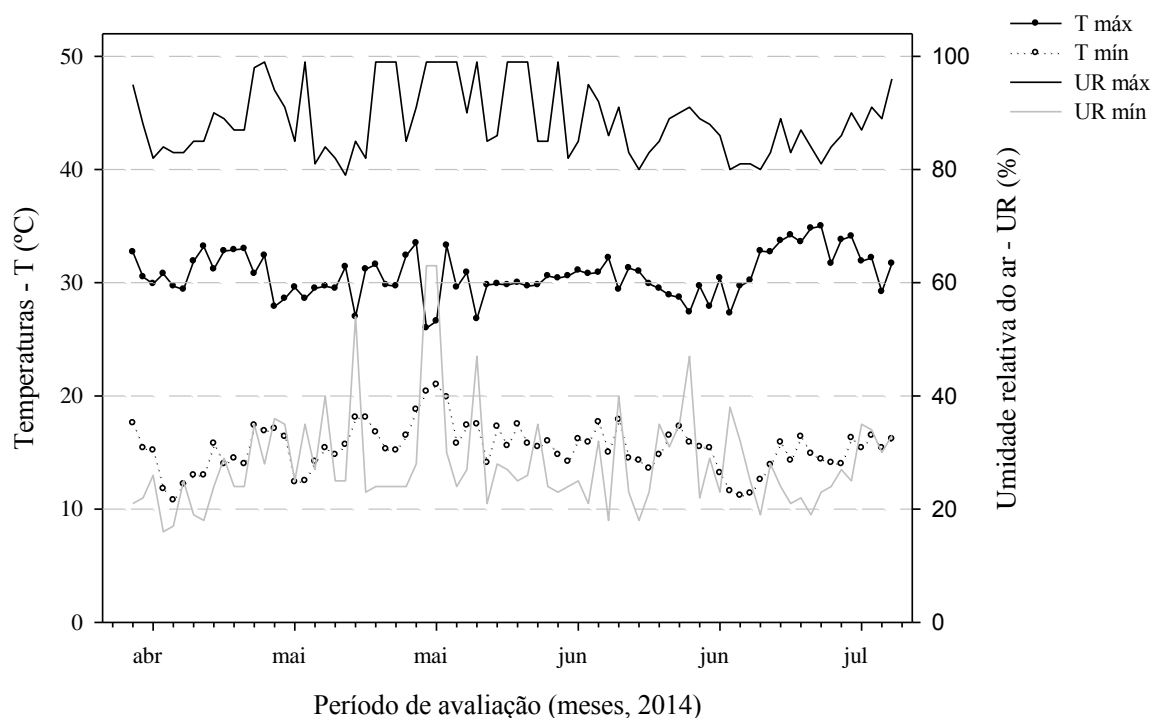
Assim, o objetivo desse trabalho foi otimizar o “Sistema Aeropônico UFV” para a produção de minitubérculos de batata semente básica, com ênfase na seleção de nebulizadores e sentido de nebulização.

#### 4. Material e Métodos

O experimento foi conduzido de abril a julho de 2014 na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em casa de vegetação climatizada com ventiladores de exaustão e painel evaporativo, cobertura com polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 $\mu$  e laterais revestidas com PEBD de 150 $\mu$  e tela antiafídica (sombrite baby citrus cristal®). A localidade está na coordenada plana UTM N= 7703227,057 m, E= 721773,150 m, referenciadas ao sistema geodésico WGS84, zona 23S, com altitude média de 649 m.

Os dados de temperatura máxima e mínima e de umidade relativa do ar durante a execução do experimento encontram-se na Figura 1. Tais dados foram obtidos com o auxílio de um termohigrômetro digital instalado no interior da casa de vegetação, cujas leituras foram realizadas diariamente, às 18h.

O experimento foi conduzido no “ Sistema Aeropônico UFV”, já descrito no Capítulo 1.



**Figura 1** – Temperaturas máxima, mínima e umidade relativa diária no interior da casa de vegetação, período de abril a julho de 2014.

Foram avaliados oito tratamentos, resultantes de fatorial 4x2; quatro tipos de nebulizadores (14 L/h sem antigotas, 32 L/h sem antigotas, 32 L/h com antigotas e 7,5 L/h sem antigotas) e dois sentidos de nebulização (de baixo para cima e de cima para baixo), conforme Tabela 1. A unidade experimental foi constituída de balde contendo uma planta. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições.

Para número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos o experimento foi analisado em esquema de parcelas subdivididas, tendo na parcela esquema fatorial 4x2 e na subparcela as diferentes épocas de colheita, no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições.

**Tabela 1** - Tratamentos utilizados no experimento para a produção de minitubérculos, em sistema aeropônico.

<b>Tratamentos</b>	<b>Tipos de Nebulizadores</b>	<b>Sentido Nebulização</b>
<b>1</b>	Fogger sem antigotas (14 L/h)	Baixo p/cima
<b>2</b>	Fogger sem antigotas (14 L/h)	Cima p/baixo
<b>3</b>	MA-30 sem antigotas (32L/h)	Baixo p/cima
<b>4</b>	MA-30 sem antigotas (32L/h)	Cima p/baixo
<b>5</b>	MA-30 com antigotas (32L/h)	Baixo p/cima
<b>6</b>	MA-30 com antigotas (32L/h)	Cima p/baixo
<b>7</b>	Coolnet sem antigotas (7,5L/h)	Baixo p/cima
<b>8</b>	Coolnet sem antigotas (7,5L/h)	Cima p/baixo

Utilizou-se brotos como material propagativo, provindos de batata-semente, categoria básica, da cultivar Ágata. Os brotos foram plantados em tubetes com diâmetro superior de 63 mm X 190 mm de altura (290 cm<sup>3</sup>) contendo substrato Tropstrato Hortaliças HT. Após 15 dias do plantio, os brotos enraizados e uniformes, com tamanho médio de 15 cm de raiz, foram transplantados com raízes nuas para o balde que iria receber a solução nutritiva nebulizada.

As soluções-estoques de macronutrientes e micronutrientes foram previamente preparadas e armazenadas em frasco de vidro na cor âmbar de 1 L na concentração de 4.000 vezes (2,0 M) maior do que a exigida na solução nutritiva, com excessão para KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (1,0 M).

Até 21 dias após o transplante das mudas (DAT) foi utilizada a solução nutritiva de Furlani (1998) de acordo com a Tabela 2, composta pelos seguintes sais:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{KNO}_3$ ;  $\text{NaNO}_3$ ;  $\text{CuSO}_4$ ;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ;  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (EDTA).

Dos 22 DAT em diante foi utilizada a solução nutritiva de Furlani (1998) modificada somente para macronutrientes de acordo com a Tabela 2, composta pelos seguintes sais:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{KNO}_3$  e  $\text{KCl}$ .

A solução nutritiva foi monitorada de dois em dois dias, para aferições de pH, empregando-se pHmetro digital, mantendo-o em 5,5 pela adição de solução de correção à base de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$  a 1 mol/L) ou ácido clorídrico ( $\text{HCl}$  a 1 mol/L). Da mesma forma, de dois em dois dias, a condutividade elétrica (CE) foi monitorada com condutímetro e realizada a reposição de água desmineralizada para o volume inicial da solução nutritiva no reservatório.

O critério adotado para troca de solução nutritiva foi utilizar a CE como parâmetro. Quando a CE atingiu depleção de 30% em um dos reservatórios, todas as soluções nutritivas eram renovadas.

**Tabela 2** - Concentração de nutrientes na solução nutritiva a ser utilizada no experimento para produção de batata semente básica em aeroponia.

Nutrientes	Solução Nutritiva	
	Até 21 DAT	De 22 DAT até final (mmol L <sup>-1</sup> )
Nitrogênio	14,14	11,24
Fósforo	1,26	1,58
Potássio	4,68	5,85
Cálcio	3,55	3,55
Magnésio	1,56	1,56
Enxofre	1,63	2,04
		(μmol L <sup>-1</sup> )
Ferro	35,84	35,84
Manganês	7,29	7,29
Boro	27,78	27,78
Zinco	0,92	0,92
Cobre	0,31	0,31
Molibdênio	0,63	0,63

## **Caraterísticas avaliadas:**

### **Produção de tubérculos**

Número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos. Ao longo do tempo, o sistema radicular da cultura foi monitorado e foram efetuadas seis colheitas de tubérculos em intervalos de 7 dias, aos 33, 40, 47, 54, 61 e 68 DAT. Após cada colheita, os tubérculos foram contados e aferidas as suas massas.

### **Produção de biomassa**

Aos 68 DAT, quando houve início a senescência das plantas, foram avaliadas as massas de matéria seca de raiz (MSR), haste (MSH), folhas (MSF) e total (MST). Para avaliar a massa da matéria seca dos órgãos, foram coletadas plantas das respectivas unidades experimentais e acondicionadas em sacos de papel kraft. Posteriormente, após a separação, os órgãos foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C até atingirem massa constante, quando foi determinada a massa da matéria seca. A massa da matéria seca total foi obtida pela soma das massas dos órgãos da planta de batata.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na lógica biológica, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t”, adotando-se o nível de 10% de probabilidade e no coeficiente de determinação ( $R^2 = \frac{SQ_{Regressão}}{SQ_{Tratamento}}$ ). Independentemente da significância da interação, optou-se pelo seu desdobramento, devido ao interesse do estudo.

### **Distribuição do número relativo de minitubérculos**

Após escolher o melhor tratamento (tipo de nebulizador X sentido de nebulização), foi utilizada a descrição dos dados em forma de porcentagem. Calculou-se a razão entre a produção de cada época de colheita e a produção total de minitubérculos, conforme equação:

$$PR = \frac{NTU_{época}}{\sum_{i=1}^n NTU} * 100$$

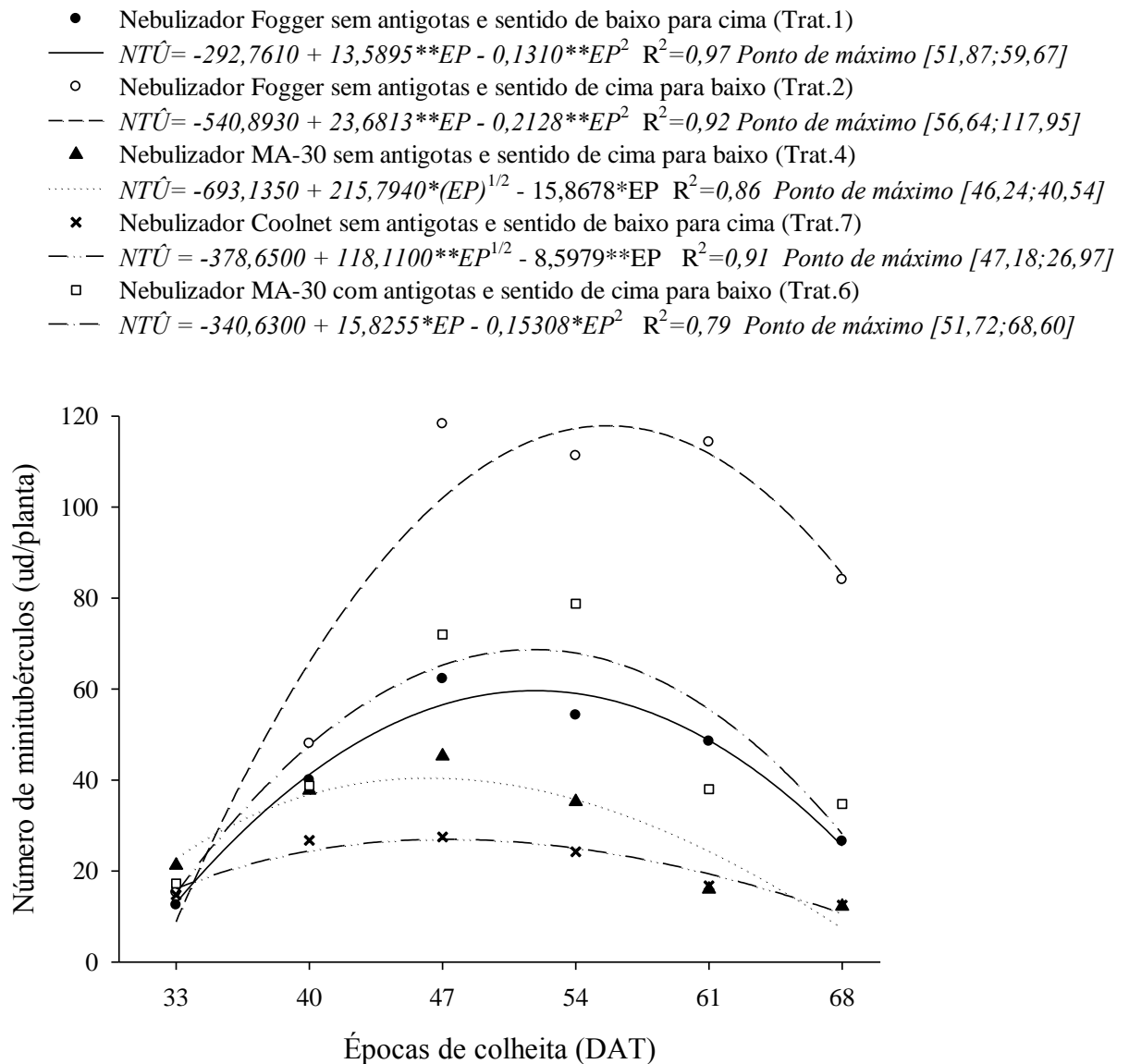
Onde: PR = distribuição do número relativo de minitubérculos;

$NTU_{época}$  = número pontual de minitubérculo na época de colheita e

$\sum_{i=1}^n NTU$  = somatório da produção de minitubérculos.

## 5. Resultados

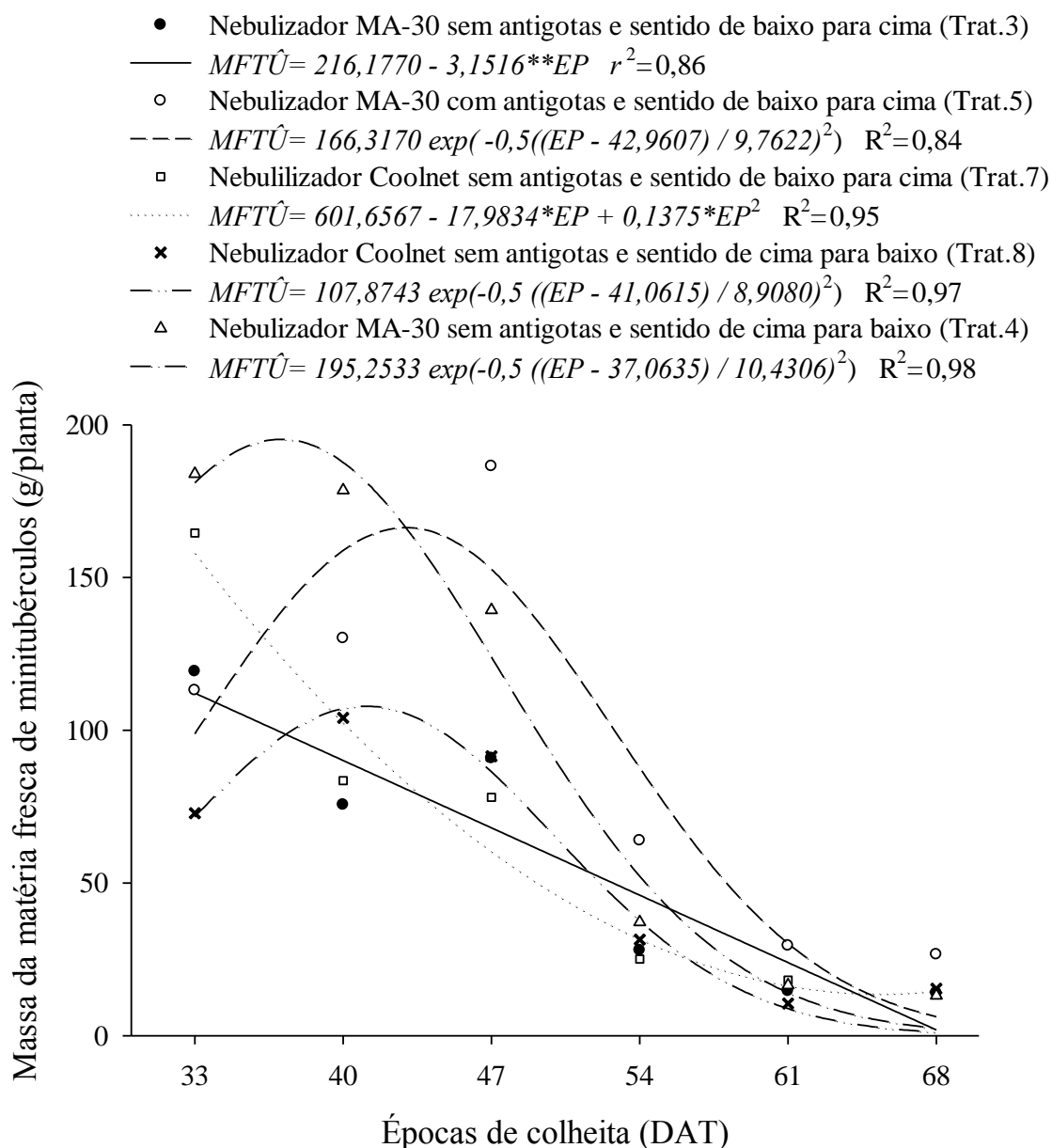
As relações entre as épocas de colheita (EP) e o NTU, nas respectivas combinações de tipo de nebulizador e sentido de nebulização estão apresentadas nas Figura 2.



**Figura 2** – Número de minitubérculos no “Sistema Aeropônico UFV” em função de épocas de colheita (EP), para as respectivas combinações de tipos de nebulizadores e sentido de nebulização.

\*\* e \* - Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t”.

As relações entre as épocas de colheita (EP) e o MFTU, nas respectivas combinações de tipos de nebulizadores e sentido de nebulização estão apresentadas na Figura 3.



**Figura 3** – Produção de massa da matéria fresca de minitubérculos no “Sistema Aeropônico UFV” em função de épocas de colheita (EP), para as respectivas combinações de tipos e sentido de nebulizadores.

\*\* e \* - Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t”.

Houve efeito de sentido de nebulização e de tipos de nebulizadores sobre as características NTU e MFTU. O sentido de nebulização de cima para baixo e o nebulizador fogger 14 L/h sem antigotas são superiores aos demais, na produtividade de minitubérculos (Tabela 3).

**Tabela 3** – Valores médios no número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos para as combinações de épocas de colheita, sentido de nebulização e tipos de nebulizadores, e a soma total de minitubérculos ( $\Sigma$ ) para as respectivas combinações de sentido de nebulização e tipos de nebulizadores, no “Sistema Aeropônico UFV”.

Épocas (DAT)	Sentido de Nebulização	Tipos de Nebulizadores			
		Fogger s/antigotas 14L/h	MA-30 s/antigotas 32L/h	MA-30 c/antigotas 32L/h	Coolnet s/antigotas 7,5L/h
<b>NTU (ud/planta)</b>					
33	Baixo p/cima	12,50aA	12,50aA	16,25aA	14,75aA
	Cima p/baixo	15,25aA	21,25aA	17,25aA	12,25aA
40	Baixo p/cima	40,00aA	16,75bB	32,50aAB	26,75aAB
	Cima p/baixo	48,00aA	37,75aA	38,75aA	30,25aA
47	Baixo p/cima	62,25bA	24,50bB	41,75bB	27,50aB
	Cima p/baixo	118,25aA	45,25aC	72,00aB	38,75aC
54	Baixo p/cima	54,25bA	26,00aB	47,00bA	24,25aB
	Cima p/baixo	111,25aA	35,25aC	78,75aB	35,25aC
61	Baixo p/cima	48,50bA	16,50aB	22,25bB	16,75aB
	Cima p/baixo	114,25aA	16,00aC	38,00aB	10,00aC
68	Baixo p/cima	26,50bA	15,75aA	24,00aA	12,50aA
	Cima p/baixo	84,00aA	12,25aC	34,75aB	26,50aBC
<b>MFTU (g/planta)</b>					
33	Baixo p/cima	89,95aB	119,26bAB	113,02aAB	164,58aA
	Cima p/baixo	51,92aC	183,91aA	110,69aB	72,86bBC
40	Baixo p/cima	93,16bAB	75,57bB	130,09bA	83,49aAB
	Cima p/baixo	197,52aA	178,60aA	219,95aA	104,05aB
47	Baixo p/cima	143,63bAB	90,79bBC	186,44bA	78,06aC
	Cima p/baixo	376,91aA	139,34aC	234,25aB	91,46aC
54	Baixo p/cima	73,44bA	27,92aA	63,86bA	25,09aA
	Cima p/baixo	214,45aA	37,18aC	110,54aB	31,45aC
61	Baixo p/cima	44,29bA	14,60aA	29,46aA	18,19aA
	Cima p/baixo	149,29aA	16,49aB	41,43aB	10,55aB
68	Baixo p/cima	24,69bA	13,99aA	26,55aA	13,75aA
	Cima p/baixo	87,35aA	13,10aB	32,37aB	15,40aB
<b>NTU (ud/planta)</b>					
$\Sigma$	Baixo p/cima	244,00bA	112,00bC	183,75bAB	122,50aBC
	Cima p/baixo	491,00aA	167,75aC	279,50aB	153,00aC
<b>MFTU (g/planta)</b>					
$\Sigma$	Baixo p/cima	469,14bA	342,14bA	549,42bA	383,15aA
	Cima p/baixo	1077,42aA	568,63aB	749,22aB	325,76aC

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada característica e para cada época de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores das massas das matérias secas de raiz (MSR), haste (MSH), folha (MSF) e total (MST) da batateira estão na Tabela 4. Houve efeito de sentido de nebulização para MSR, MSH, MSF e MST, quando foram utilizados os nebulizadores Fogger sem antigotas e MA-30 com antigotas, onde o sentido de nebulização de cima para baixo foi superior a de baixo para cima.

Houve efeito de tipos de nebulizadores para MSR e MSF, no sentido de nebulização de cima para baixo, onde os nebulizadores Fogger sem antigotas e MA-30 com antigotas foram superiores ao Coolnet sem antigotas (Tabela 4).

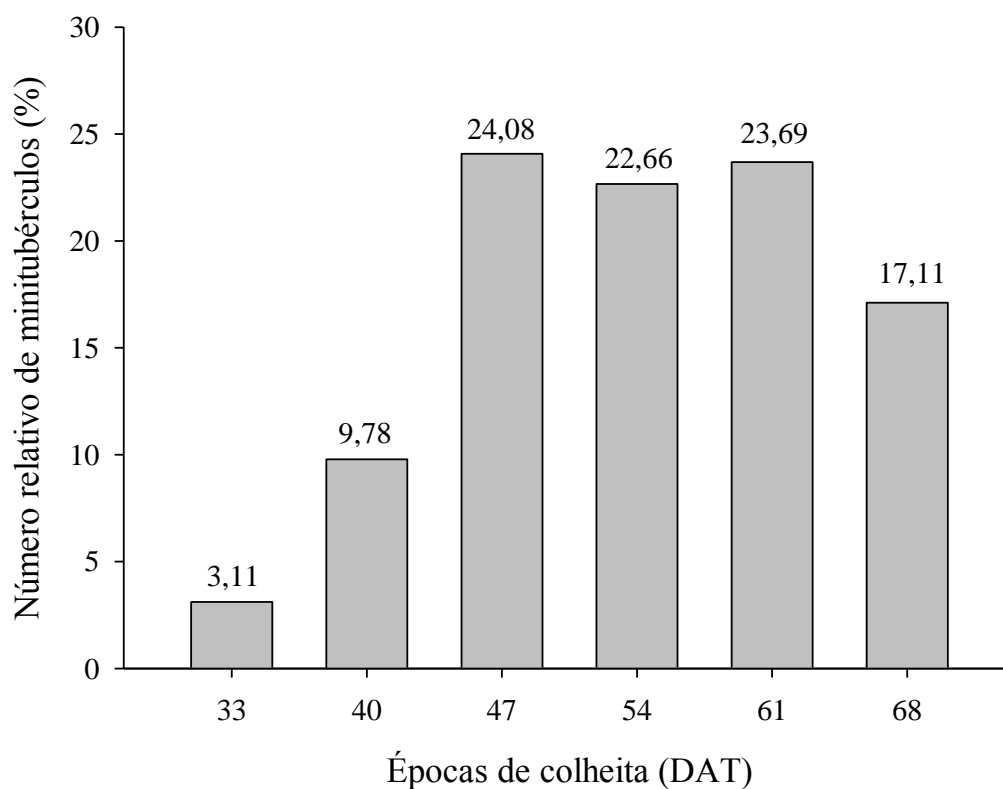
Houve efeito de tipos de nebulizadores para MSH e MST, no sentido de nebulização de cima para baixo, onde o nebulizador Fogger sem antigotas foi superior ao Coolnet sem antigotas (Tabela 4).

**Tabela 4** – Valores médios nas massas da matéria seca raiz (MSR) haste (MSH), folha (MSF), e total (MST) da batateira, para as respectivas combinações de sentido de nebulização e tipos de nebulizadores, no “Sistema Aeropônico UFV”.

Sentido de Nebulização	Tipos de Nebulizadores			
	Fogger s/antigotas 14L/h	MA-30 s/antigotas 32L/h	MA-30 c/antigotas 32L/h	Coolnet s/antigotas 7,5L/h
<b>MSR (g/planta)</b>				
Baixo p/cima	3,79bA	2,72aA	3,04bA	1,94aA
Cima p/baixo	5,67aA	3,61aAB	4,91aA	2,32aB
<b>MSH(g/planta)</b>				
Baixo p/cima	5,22bA	1,82aA	4,42bA	2,47aA
Cima p/baixo	10,84aA	4,93aBC	8,46aAB	1,80aC
<b>MSF(g/planta)</b>				
Baixo p/cima	15,41bA	7,86aA	13,19bA	8,68aA
Cima p/baixo	27,43aA	16,27aAB	23,32aA	6,91aB
<b>MST(g/planta)</b>				
Baixo p/cima	24,41bA	12,40aA	20,65bA	13,47aA
Cima p/baixo	43,94aA	24,80aBC	36,69aAB	10,65aC

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O melhor tratamento, em termos de NTU (491 ud/planta) foi obtido com o nebulizador Fogger sem antigotas 14 L/h e sentido de nebulização de cima para baixo (descendente), Tabela 3. Com esse conjunto, a distribuição, em porcentagem, da produção relativa de minitubérculos nas seis colheitas foram em média 3,11; 9,78; 24,08; 22,66; 23,69 e 17,11% da produção total (Figura 4).



**Figura 4** – Número relativo de minitubérculos de batata ao longo do tempo, para o melhor tratamento (Tratamento 2).

## 6. Discussão

Os sistemas aeropônicos já se mostraram eficientes e claramente superiores aos demais sistemas de produção de batata-semente básica, inclusive, com baixo custo de produção (Factor et al., 2007; Corrêa et al., 2009; Lung'aho et al., 2010; Otazú, 2010; Chiipanthenga et al., 2012; Mateus-Rodríguez et al., 2013; Chindi et al., 2014; Muthoni & Kabira, 2014). Trabalhos estão sendo realizados no sentido de aperfeiçoar esses sistemas aeropônicos para que propiciem máxima taxa de multiplicação de minitubérculos, seja na densidade de plantas, no melhoramento genético, nos materiais de propagação, na nutrição mineral (solução nutritiva, reagentes, produtos comerciais), no ajuste do tempo de nebulização, no controle fitossanitário, no material utilizado para confecção desses sistemas, no tamanho de gotas e número de nebulizador por m<sup>2</sup>, no ambiente de produção, enfim, em todos os fatores que possam influenciar na produção de tubérculos de batata-semente.

O melhor tratamento no presente ensaio foi utilizando o nebulizador Fogger sem antigotas, vazão de 14 L/h e sentido de nebulização de cima para baixo (descendente). Aos 47 DAT a produção de minitubérculos atingiu seu máximo, prosseguindo com comportamento platô de resposta até aos 61 DAT, posteriormente decaiu aos 68 DAT (Figura 4). Os resultados deste trabalho corroboram os de Medeiros (2003) que encontrou maior taxa de multiplicação na quarta colheita. Diferentemente, Factor et al. (2007) constataram maior taxa de multiplicação aos 74 DAT.

O número e a época das colheitas são fatores fundamentais para a otimização da produção de minitubérculos. Para otimizar o sistema aeropônico é necessário considerar alguns fatores, como soluções nutritivas, densidades de plantas, número e intervalos de colheita, bem como possível interação entre os mesmos (Farran & Mingo-Castel, 2006; citados por Chindi et al., 2014). Há relatos que várias colheitas escalonadas têm propiciado um aumento na produção de minitubérculos (Factor et al., 2007; Corrêa et al., 2009). Em estudo para avaliar a produtividade da cv. Kufri Bahar em quatro intervalos de colheitas (3, 7, 10 e 14 dias) e sem intervalo, desenvolvido em sistema aeropônico na densidade de 48 plantas/m<sup>2</sup>, Singh et al. (2014) constataram que o número de minitubérculos aumentou com a diminuição no intervalo de colheitas e que o intervalo de colheita de 3 dias pode ser adotado para obtenção da máxima taxa de multiplicação.

O nebulizador com melhor desempenho, vazão de 14 L/h, tem característica de jato cônico cheio. É usado na irrigação, no controle climático em casa de vegetação e viveiros, produzem gotas de tamanho pequeno (69  $\mu\text{m}$  a 3 atm). Possivelmente, o desempenho deste nebulizador foi superior aos demais devido a fina névoa gerada no ambiente do sistema radicular, propiciando menores temperaturas e conseqüentemente maior absorção de nutrientes. Além disso, o sentido de nebulização de cima para baixo pode ter gerado umidade relativa satisfatória, resultando em distribuição da temperatura do ar mais homogênea no ambiente de crescimento de raízes e tubérculos com inversão no gradiente de temperatura do ar, ficando a zona central do interior do balde com temperaturas mais baixas, favorecendo a produção de minitubérculos.

Trabalhando com produção de minitubérculos, alguns autores constataram as seguintes produtividades: 800  $\text{ud}/\text{m}^2$  (Farran & Mingo-Castel, 2006); 49  $\text{ud}/\text{planta}$  ou 874  $\text{ud}/\text{m}^2$  (Factor et al., 2007); 84  $\text{ud}/\text{planta}$  (Mateus-Rodríguez, 2010); 105  $\text{ud}/\text{planta}$  ou 2.257  $\text{ud}/\text{m}^2$  (Cayambe et al., 2011); 64  $\text{ud}/\text{planta}$  (Chang et al., 2011); 72  $\text{ud}/\text{planta}$  (Mateus-Rodríguez et al., 2012), 36  $\text{ud}/\text{planta}$  (Masengesho et al., 2012), e 114  $\text{ud}/\text{planta}$  (Oraby et al., 2015). Verifica-se que estas produtividades foram inferiores às encontradas neste trabalho, com média de 491  $\text{ud}/\text{planta}$ , quando foi utilizado nebulizador de 14L/h e sentido de nebulização de cima para baixo. Também, tal produtividade, na densidade de 2,78 plantas/ $\text{m}^2$ , pode ser expressa em 1364  $\text{ud}/\text{m}^2$ . Esta produtividade por unidade de área é superior às encontradas por Farran & Mingo-Castel (2006), Factor et al. (2007), Mateus-Rodríguez (2010), Chang et al. (2011), Mateus-Rodríguez et al. (2012), Masengesho et al. (2012) e Oraby et al. (2015).

Possivelmente, aumentando-se o volume de solução nutritiva no reservatório e diminuindo a temperatura da referida solução, poder-se-á incrementar valores na taxa de multiplicação de minitubérculos. Recente estudo para testar o impacto da temperatura na solução nutritiva para duas cultivares de batata (Mystere e Chieftain) cultivadas em sistema aeropônico, Oraby et al. (2015) constataram temperatura em torno de 18°C, com menor aporte de N na tuberização, o que favoreceu maior produção de minitubérculos.

Altas temperaturas reduzem o número de tubérculos por planta e as taxas de crescimento. Isso pode estar relacionado aos efeitos diretos da temperatura sobre a fotossíntese, respiração e taxa de conversão de açúcares a amidos dentro do tubérculo (Midmore, 1988).

Por outro lado, o tipo de nebulizador pode influenciar na produtividade de tubérculos de batata-semente, pois o tamanho de gota pode formar diferentes tipos de

névoas dentro do ambiente de crescimento das raízes e interferir na absorção de nutrientes. Cada tipo de bico de nebulização produz perfil de distribuição da névoa de solução nutritiva, com ângulos de abertura diferenciados, o que também influencia na produtividade de tubérculos (Vilela, 2002). Adicionalmente, sistemas que trabalham com alta pressão de pulverização correm risco maior de entupimento dos bicos de nebulização. Além disso, há possibilidade de maior eficiência de resfriamento no ambiente do sistema radicular, pela maior névoa formada, que por sua vez depende da quantidade de solução nutritiva disponível no reservatório (Zolnier, 2001).

O tipo de nebulizador a ser escolhido para aeroponia pode depender de três fatores principais: espécie vegetal a ser estudada, sentido de nebulização no sistema e o sistema aeropônico a ser adotado.

Dentre os nebulizadores utilizados no experimento do Capítulo 1, os nebulizadores MA-30 com e sem antigotas no sentido de nebulização de baixo para cima, com produção média de minitubérculos de 184 e 112 ud/planta, respectivamente, tornaram-se obsoletos no presente ensaio (Tabela 3).

## **7. Conclusão**

O “Sistema Aeropônico UFV” é eficaz para produzir minitubérculos, devendo ser utilizado o nebulizador de vazão 14 L/h sem antigotas e com sentido de nebulização de cima para baixo (descendente).

## 8. Referências Bibliográficas

- Cayambe, J; Montesdeoca, F; Andrade-Piedra, JL (2011). Producción de semilla prebásica de papa en el sistema aeropónico en Ecuador: evaluación de soluciones Nutritivas. Homepage: <[http://www.quito.cipotato.org/4\\_Nac\\_papa/Memorias/j\\_cayambe\\_memoria.pdf](http://www.quito.cipotato.org/4_Nac_papa/Memorias/j_cayambe_memoria.pdf)>.
- Chang, DC; Cho, C; Suh, JT; Kim, SJ; Lee, YB (2011). Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to different electrical conductivities of nutrient solution. *American Journal of Potato Research*, 88:450-458.
- Chiipanthenga, M; Maliro, M; Demo, P; Njoloma, J (2012). Potential of aeroponics system in the production of quality potato (*Solanum tuberosum* L.) seed in developing countries. *African Journal of Biotechnology*, 11:3993-3999.
- Chindi, A; Giorgis, GW; Solomon, A; Tessama, L; Negash, K (2014). Rapid Multiplication Techniques (RMTs): A Tool for the Production of Quality Seed Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Ethiopia. *Asian Journal of Crop Science*, 6:176-185.
- Corrêa, RM; Pinto, JEBP; Faquin, V; Pinto, CABP; V; Reis, ES (2009). The production of seed potatoes by hydroponic methods in Brazil. *Fruit, Vegetable and Cereals Science and Biotechnology*, 3:133-139.
- Factor, TL; Araujo, JAC; Kawakami, FPC; Iunck, V (2007). Produção de minitubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, 25:082-087.
- Farran, I; Mingo-Castel, AM (2006). Potato minituber production using aeroponics: effects of density and harvest intervals. *American Journal of Potato Research*, 83:47-53.
- Furlani, PR (1998). Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC. 30p. (Boletim Técnico, 168).
- García, LMR (2013). Evaluación técnica, económica y de sustentabilidad de dos métodos de producción de semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo invernadero. 2013. 96h. Tesis (Magister Scientiae en Agricultura Sustentable) – Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Lung'aho, C; Nyongesa, M; Mbiyu, MW; Ng'ang'a, NM; Kipkoech, DN; Pwaiswai, P; Karinga, J (2010). Potato (*Solanum tuberosum*) minituber production using aeroponics: another arrow in the quiver? In: PROCEEDINGS OF THE 12th BIENNIAL CONFERENCE OF THE KENYA AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE.
- Masengesho, J; Nshimiyimana, JC; Senkesho, N; Sallah, PYK (2012). Performance of Irish potato varieties under aeroponic conditions in Rwanda. *Rwanda Journal*, 28:84-94.

Mateus-Rodríguez, J, de Haan, S., Barker, I., Chuquillanqui, C. and Rodríguez-Delfín, A (2012). Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber seed production. *Acta Horticulturae*, 947:361-367.

Mateus-Rodríguez, JF (2010). Efecto del ambiente sobre la producción de minitubérculos de 10 genotipos de papa cultivados bajo un sistema aeropónico. 121p. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.

Mateus-Rodríguez, JR; Haan, S; Andrade-Piedra, JL; Maldonado, L; Hareau, G; Barker, I; Chuquillanqui, C; Otazú, V; Frisancho, R; Bastos, C; Pereira, AS; Medeiros, CA; Montesdeoca, F; Benítez, J (2013). Technical and economic analysis of aeroponics and other systems for Potato mini-tuber production in Latin America. *American Journal of Potato Research*, 90:357-368.

Medeiros, CAB (2003). Batata semente pré-básica: multiplicação por hidroponia. In: Pereira, AS; DANIELS, J. (eds). *O Cultivo da batata na região sul do Brasil*. Brasília: Embrapa. p.144-474.

Midmore, D (1988). Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Lima, Perú. *Centro Internacional de la Papa*, 24:7, 11.

Muthoni, J; Kabira, J (2014). Multiplication of seed potatoes in a conventional potato breeding programme: a case of Kenya's national potato programme. *Australian Journal of Crop Science*, 8:1195-1199.

Oraby, H; Lachance, A; Desjardins, Y (2015). A low nutrient solution temperature and the application of stress treatments increase potato mini-tubers production in an aeroponic system. *American Journal of Potato Research*, March. Homepage: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-015-9444-x#>>.

Otazú, V (2010). Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima, Perú. 44p.

Singh, V; Kumar, D; Singh, H; Singh, KP; Kaushik, SK (2014). In: NATIONAL SEMINAR ON EMERGING PROBLEMS OF POTATO. Venue, Central Potato Research Institute, Shimla. p.150.

Tierno, R; Carrasco, A; Ritter, E; Galarreta, JIR (2013). Differential growth response and minituber production of three potato cultivars under aeroponics and greenhouse bed culture. *American Journal of Potato Research*, 91:346–353.

Vilela, LAA (2002). Metodologia para dimensionamento de um sistema de pulverização acoplável a pivô central. 2002. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Zolnier, S (2001). Ambientes climatizados para produção vegetal. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá, PR. 14p.

## Capítulo III

### Aspectos morfofisiológicos da planta de batata no sistema aeropônico do CIP

#### 1. Resumo

A aeroponia é uma técnica hidropônica onde as raízes crescem suspensas numa névoa de solução nutritiva, sem substrato e em ambiente escuro. Não foram encontradas referências sobre a análise de crescimento da planta de batata no sistema aeropônico proposto pelo CIP (Centro Internacional de la Papa). Assim, o objetivo desse trabalho foi caracterizar o crescimento de plantas de batata no referido sistema. O experimento foi conduzido no sistema aeropônico do CIP, em casa de vegetação não climatizada, na UFV, no período de agosto a outubro 2013, utilizando-se broto da cultivar Ágata como material de propagação. Os tratamentos foram constituídos por 9 épocas de amostragem das plantas, com oito repetições, realizadas a cada sete dias, iniciando-se aos sete dias após o transplântio das mudas (DAT). Avaliaram-se as seguintes características biométricas da planta de batata: comprimento da haste principal (CH); número de folhas (NF); área foliar total (AFT); massas das matérias secas de raiz (MS), haste (MSH), folhas (MSF) e total (MST); número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTTU) total de minitubérculos. Os dados foram submetidos à análise de regressão. É caracterizado o crescimento de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP. No sistema aeropônico do CIP, a colheita de minitubérculos é iniciada dezoito dias após o transplântio das mudas.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., hidroponia, modelos de crescimento, fonte, dreno.

## **Morphophysiological aspects of potato plant in CIP aeroponic system**

### **2. Abstract**

The aeroponic is a hydroponic technique which the roots grow suspended in a nutrient solution of fog, without substrate, and in the dark. We found no references over the potato plant growth analysis in aeroponic system proposed by the CIP (International Potato Center). Therefore, the objective of this study was to characterize the potato plant growth in that system. The experiment was conducted at the CIP aeroponic system, in a greenhouse not heated, at UFV in the period from August to October 2013, using bud of the Agata cultivar as propagating material. The treatments consisted of 9 samplings of plants, with eight replications, conducted every seven days, starting up to seven days after transplanting of the seedlings (DAT). It was evaluated the following biometric characteristics of the potato plant: length of the main stem (CH); leaf number (NF); total leaf area (AFT); masses of dried root materials (MS), stem (MSH), leaves (MSF) and total (MST); number (NTU), total fresh matter mass (MFTTU) of minitubers. The data were submitted to regression analysis. The models were chosen based on the biological logic, the significance of the regression coefficients, and the coefficient of determination. Potato plant growth in the CIP system is morphophysiologicaly characterized over the cycle. At the CIP aeroponic system, minituber harvest begins eighteen days after transplanting.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., hydroponics, growth models, source, drain.

### 3. Introdução

A aeroponia desponta como método alternativo de produção de tubérculos semente de batata, com vantagem em relação a outros métodos tradicionais e não tradicionais como em vasos e canteiros (Otazú, 2010), pois em aeroponia não é empregado substrato sólido, orgânico ou inorgânico.

Em 2007, foi proposto pelo Centro Internacional de la Papa (CIP) o sistema aeropônico para produção de batata-semente (Otazú & Chuquillanqui, 2007). Em linhas gerais, o sistema foi constituído por caixote de madeira revestido com plástico preto, contendo em seu interior nebulizadores, tubulação de irrigação, retorno da solução nutritiva e eletro-bomba acoplada ao reservatório de solução nutritiva (Otazú, 2010).

A quantificação de características morfofisiológicas é a essência da análise de crescimento das plantas. Os índices determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte) e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (Fontes et al., 2005). Crescimento das plantas tem como papel central o entendimento do processo de fotossíntese (Poorter et al., 2013; Stitt, 2013).

Os aspectos morfofisiológicos observados nas plantas de batata cultivadas em sistemas aeropônicos podem ser influenciados, entre outros, por fatores como radiação solar incidente, temperatura, umidade relativa, incidência de pragas e doenças, cultivar, disponibilidade de nutrientes, condutividade elétrica, pH e densidade de cultivo. Altas densidades podem promover auto-sombreamento e favorecer interações hormonais, conseqüentemente, desencadeando o estiolamento (Silva & Pedreira, 1997; Tshisola, 2014; Oraby et al., 2015). Os atributos morfofisiológicos da planta refletem em produtividade de tubérculo de batata-semente, interferindo no aparecimento precoce de estolons e altas taxas de multiplicação (Oraby et al., 2015).

A análise de crescimento, utilizando métodos funcionais ou dinâmicos, permite a descrição de crescimento como processo contínuo, obtenção de modelos matemáticos dos índices de crescimento e representa o sincronismo dos dados de crescimento primário, massa da matéria seca e área foliar (Camargo et al., 2015). Os modelos matemáticos são usados na agricultura como uma metodologia para o estudo de processos fisiológicos.

Geralmente, modelos matemáticos de crescimento da cultura podem ser definidos como não-linear, descrevendo uma trajetória assintótica da variável dependente em função da variável independente; no entanto, também podem ser definidos como linear (Puiatti et al., 2013). A informação sobre os aspectos morfofisiológicos deste cultivo é de suma importância para produção de batata-semente de qualidade.

Não foram encontradas referências sobre a análise de crescimento da planta de batata no sistema aeropônico proposto pelo CIP (Centro Internacional de la Papa).

Assim, o objetivo desse trabalho foi caracterizar o crescimento de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, via aspectos morfofisiológicos.

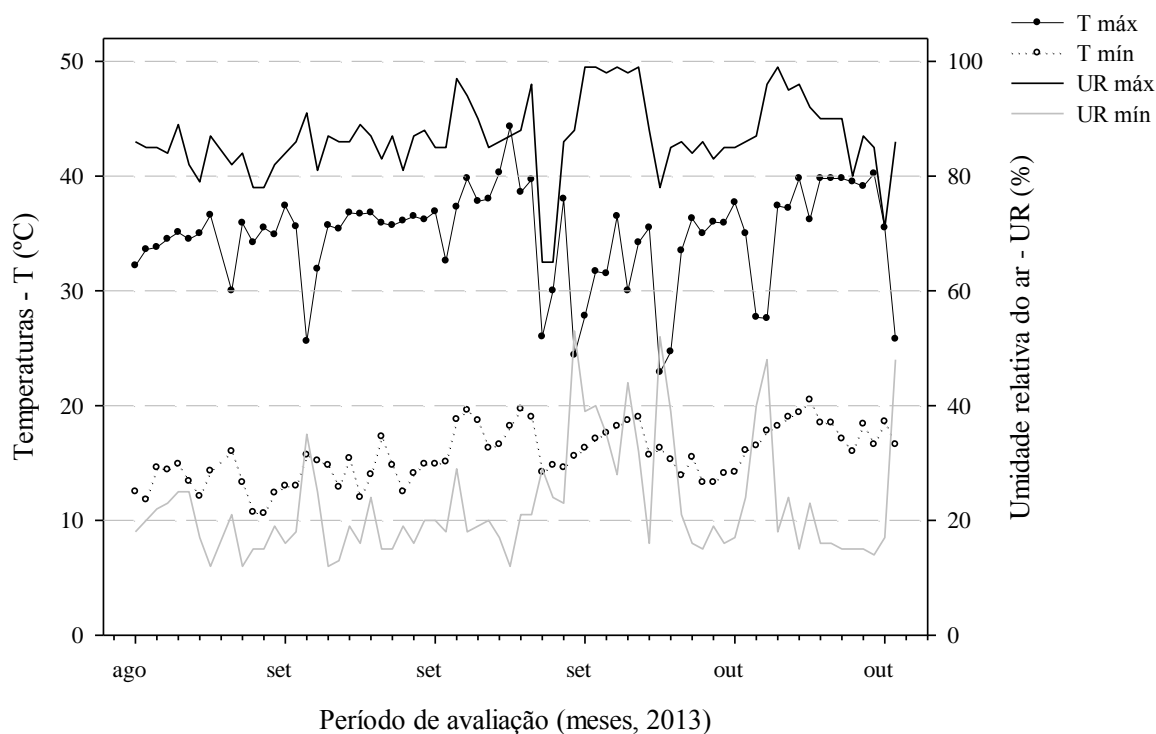
#### 4. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em casa de vegetação não climatizada, cobertura com polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 $\mu$  e laterais revestidas com tela antiafídica (sombrite baby citrus cristal®), no período de agosto a outubro de 2013. A localidade está na coordenada plana UTM N= 7703227,057 m, E= 721773,150 m, referenciadas ao sistema geodésico WGS84, zona 23S, com altitude média de 649 m.

Os dados de temperatura máxima e mínima e de umidade relativa do ar durante a execução do experimento encontram-se na Figura 1. Tais dados foram obtidos com o auxílio de um termohigrômetro digital instalado no interior da casa de vegetação, cujas leituras foram realizadas diariamente, às 18h.

O experimento foi conduzido no sistema aeropônico proposto por Otazú (2010), que está sendo denominado de sistema do CIP. Foram utilizados brotos como material de propagação, retirados de tubérculos-sementes da categoria básica, cultivar Ágata. Os brotos foram plantados em bandejas de poliestireno expandido (EPS) com 72 células contendo substrato Tropstrato Hortaliças HT. Após 15 dias, os brotos enraizados e uniformes, foram transplantados com raízes nuas para o sistema aeropônico.

O sistema aeropônico foi composto de caixa de madeira com dimensões de 1,0 m de comprimento, 0,6 m de largura e 0,7 m de altura. Cada caixa tinha dois nebulizadores espaçados de 0,3 m. As paredes da caixa foram revestidas por placas de poliestireno expandido (EPS) de 50 mm de espessura, com janelas removíveis para permitir a colheita dos tubérculos. O interior da caixa foi coberto com plástico preto. O sistema de irrigação foi constituído por reservatório de 60 L, bomba de ½ CV para impulsionar a solução nutritiva, tubulações de PVC, nebulizadores e quadro de comando com temporizador digital programado para acionar as bombas periféricas que ficaram ligadas por 25 segundos e desligadas por 3 minutos, durante todo o período de execução do experimento. Na tampa das caixas foram feitos orifícios para acomodar as mudas transplantadas com raiz nua.



**Figura 1** – Temperaturas máxima, mínima e umidade relativa diária no interior da casa de vegetação, período de agosto a outubro de 2013.

O estudo foi constituído de nove tratamentos e oito repetições no delineamento experimental de blocos ao acaso. Os tratamentos foram épocas de amostragem das plantas, realizadas a cada sete dias, iniciando-se aos sete dias após o transplântio (DAT) das mudas (26/08/2013).

As soluções-estoque de macronutrientes e micronutrientes foram previamente preparadas e armazenadas em frasco de vidro na cor âmbar de 1 L na concentração de 4.000 vezes maior (2,0 M) do que a exigida na solução nutritiva, com excessão para  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (1,0 M). A solução nutritiva utilizada para nebulizar as raízes foi a proposta por Otazú et al. (2008), composta pelos seguintes sais:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (EDTA), onde o  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  é reduzido pela metade a partir de 36 DAT (Tabela 1).

A solução nutritiva foi monitorada de dois em dois dias, para aferições de pH, empregando-se pHmetro digital, mantendo-o em 5,5 pela adição de solução de correção à base de hidróxido de sódio (NaOH a 1 mol/L) ou ácido clorídrico (HCL a 1 mol/L). Da mesma forma, de dois em dois dias, a condutividade elétrica (CE) foi monitorada com

condutivímetro e realizada a reposição de água desmineralizada para o volume inicial da solução nutritiva no reservatório.

O critério adotado para troca de solução nutritiva foi utilizar a CE como parâmetro. Quando a CE atingiu depleção de 30% em um dos reservatórios, todas as soluções nutritivas eram renovadas. A CE e pH inicial foram 1,84 mS/cm e 4,8, respectivamente.

**Tabela 1** – Concentração de nutrientes na solução nutritiva utilizada no experimento.

Nutrientes	Solução Nutritiva	
	Até 35 DAT	De 36 DAT até final
	(mmol L <sup>-1</sup> )	
Nitrogênio	14,20	9,80
Fósforo	2,60	2,60
Potássio	5,40	5,40
Cálcio	1,30	1,30
Magnésio	1,00	1,00
Enxofre	1,00	1,00
	(μmol L <sup>-1</sup> )	
Ferro	151,97	151,97
Manganês	8,74	8,74
Boro	98,15	98,15
Zinco	2,75	2,75
Cobre	2,83	2,83
Molibdênio	0,13	0,13

#### **Características avaliadas:**

As avaliações foram realizadas a partir dos sete dias após o transplântio (DAT) – 26 de agosto de 2013, ao longo do tempo, em intervalos de sete dias, que totalizaram nove épocas de amostragem em diferentes unidades experimentais. Foram avaliadas as características descritas abaixo.

#### **Comprimento da haste principal (CH)**

Foi determinada com trena, do colo da planta ao ápice da haste principal.

#### **Números de folhas (NF)**

Em cada unidade experimental foi contado o número de folhas por planta.

### **Área foliar total (AFT)**

A área foliar total da planta foi avaliada com o sistema de análise de imagem WinDias 3, da Delta-T Device.

### **Produção de tubérculos**

A produção foi quantificada pelo número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos. Após cada colheita, os tubérculos foram contados e aferidos suas massas em balança de precisão.

### **Produção de biomassa**

A cada sete dias, a partir de sete DAT, foram avaliadas as massas de matéria seca de raiz (MSR), haste (MSH), folhas (MSF) e total (MST). Para avaliar a massa da matéria seca dos órgãos, foram coletadas plantas das respectivas unidades experimentais e acondicionadas em sacos de papel kraft. Posteriormente, após a separação, os órgãos foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C até atingirem massa constante, quando foi determinada a massa da matéria seca. A massa da matéria seca total foi obtida pela soma das massas dos órgãos da planta de batata.

### **Área, Massa da Matéria Seca, Comprimento e Largura da Quarta Folha**

A área da folha referência (A4F), a quarta folha, foi aferida com o sistema de análise de imagem WinDias 3, da Delta-T Device. Para obtenção da massa da matéria seca, a folha foi coletada e acondicionada em sacos de papel kraft, levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 70°C, até atingirem massa constante, quando foi determinada sua massa. O comprimento (C4F) e largura (L4F) da folha referência foram obtidos com régua milimetrada. Considerou-se como quarta folha da batateira, a folha totalmente expandida, contando-se a partir do ápice para posição basal da planta.

### **Diâmetro da haste principal**

Foi realizada a aferição do diâmetro da haste principal da planta, na base da folha referência da planta, com o auxílio de paquímetro digital.

### **Parâmetros de análise de crescimento**

### **Razão de massa foliar (RMF)**

A RMF foi obtida pela razão da massa da folha ( $L_w$ ) pela biomassa total ( $W$ ).

### **Razão de área foliar (RAF)**

A RAF é a relação entre a área foliar ( $L_A$ ) e a biomassa total da planta ( $W$ ).

### **Área foliar específica (AFE)**

A AFE foi calculada pela relação entre a área foliar e a massa foliar (Radford, 1967; Evans, 1972).

$$AFE = L_A/L_W \text{ (Hunt, 1990).}$$

### **Índice de área foliar (IAF)**

O IAF foi obtido pela razão entre a área foliar total da planta pela área do terreno destinada a essa planta (Radford, 1967; Evans, 1972).

$$IAF = A_L/A_S \text{ (Hunt, 1990).}$$

### **Taxa assimilatória líquida (TAL)**

A TAL é a quantidade de massa formada em relação à área foliar formada durante intervalo de tempo (Radford, 1967; Evans, 1972).

A TAL foi obtida pela seguinte expressão:

$$[(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)] \cdot [(\ln L_{A2} - \ln L_{A1}) / (L_{A2} - L_{A1})] \text{ (Gardner et al., 1985).}$$

### **Taxa de crescimento relativo (TCR)**

Representa a quantidade de biomassa produzida (biomassa seca) em relação à biomassa preexistente, num dado intervalo de tempo (Radford, 1967; Evans, 1972).

A TCR foi calculada pela seguinte expressão:  $[(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)]$  (Gardner et al., 1985),

**Onde:**  $\ln$  = logaritmo neperiano;

$W_2$  e  $W_1$  = biomassa coletada no tempo 2 e 1, respectivamente;

$t_2$  e  $t_1$  = tempo 2 e 1, respectivamente.

Os dados foram submetidos à análise de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na lógica biológica, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-

se o teste “t”, adotando-se o nível de 10% de probabilidade, e no coeficiente de determinação  $\left(R^2 = \frac{SQ_{Regressão}}{SQ_{Tratamento}}\right)$ . Na análise de regressão, foram testados grupos de equações com modelos lineares e não lineares. No grupo de modelos lineares, destacaram-se as equações com dois e três parâmetros, modelo linear e raiz quadrada. Por outro lado, no grupo de modelos não lineares, destacaram-se as equações sigmoidal, exponencial e potencial.

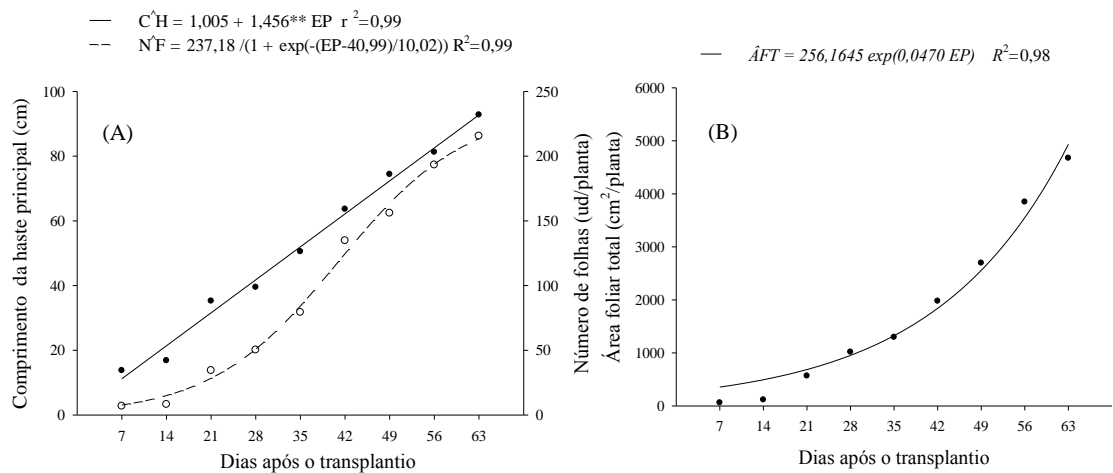
## 5. Resultados

Os valores médios para as características avaliadas nas diferentes épocas de amostragem, estão na Tabela 2.

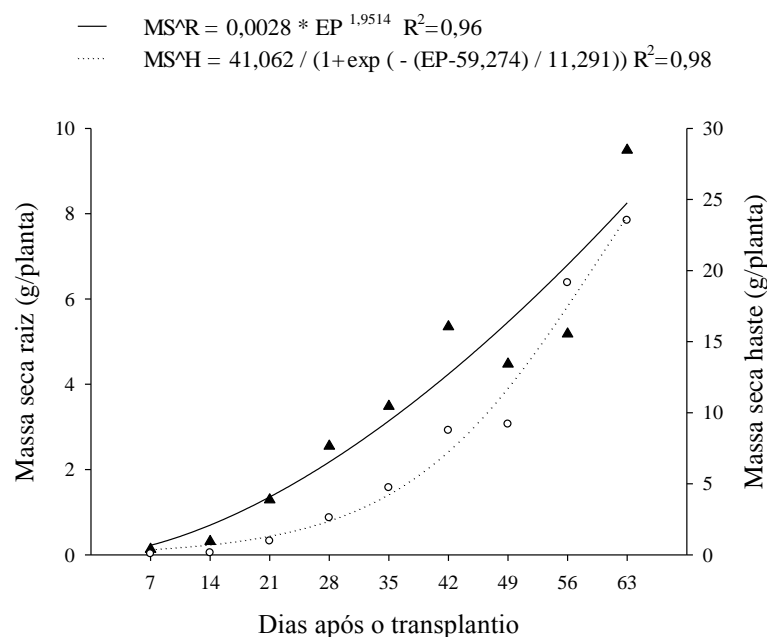
**Tabela 2** – Valores médios para as características avaliadas em função de épocas de amostragem no sistema aeropônico do CIP

Características	Épocas de amostragem (DAT)								
	7	14	21	28	35	42	49	56	63
CH (cm/haste)	13,75	16,81	35,25	39,50	50,50	63,63	74,38	81,25	92,75
NF (ud/planta)	6,88	8,25	34,38	50,25	79,38	134,75	156,00	193,25	215,63
AFT (cm <sup>2</sup> /planta)	60,95	116,51	566,09	1016,59	1296,49	1976,86	2695,69	3846,52	4673,96
MSR (g/planta)	0,13	0,31	1,29	2,55	3,48	5,35	4,47	5,18	9,49
MSH (g/planta)	0,07	0,14	0,97	2,61	4,72	8,75	9,19	19,14	23,52
MSF (g/planta)	0,14	0,61	3,17	7,22	10,19	15,76	18,41	23,80	30,76
MST (g/planta)	0,36	1,14	5,64	12,73	18,74	30,21	32,38	48,44	64,10
A4F (cm <sup>2</sup> /folha)	11,29	15,01	44,81	51,57	51,75	48,69	51,82	63,28	74,86
MS4F (g/folha)	0,02	0,08	0,23	0,35	0,34	0,36	0,30	0,33	0,32
C4F (cm/folha)	6,19	8,00	15,13	17,94	18,25	18,25	18,75	17,50	18,75
L4F (cm/folha)	3,26	4,58	10,56	12,88	14,25	14,50	14,00	13,00	14,75
DH (mm/haste)	2,49	3,01	4,91	5,61	6,26	6,27	6,58	6,35	6,02
RMF (g/g)	0,38	0,53	0,56	0,56	0,54	0,53	0,57	0,49	0,49
RAF (cm <sup>2</sup> /g)	172,54	103,97	99,98	80,55	70,93	68,06	82,51	82,69	77,28
AFE (cm <sup>2</sup> /g)	462,66	196,60	178,38	144,82	129,60	127,63	143,89	169,19	158,99
IAF (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	0,10	0,19	0,91	1,63	2,07	3,16	4,31	6,15	7,48
TAL <sub>(g/cm<sup>2</sup>/semana)</sub>	0,0013	0,0014	0,0013	0,0007	0,0010	0,0002	0,0007	0,0005	–
TCR <sub>(g/g/semana)</sub>	0,17	0,13	0,11	0,05	0,07	0,01	0,06	0,03	–
NTU (ud/planta)	0,00	0,00	12,50	38,25	51,75	70,63	70,25	81,88	90,63
MFTU (g/planta)	0,00	0,00	8,36	40,12	46,33	82,00	123,03	221,81	438,98

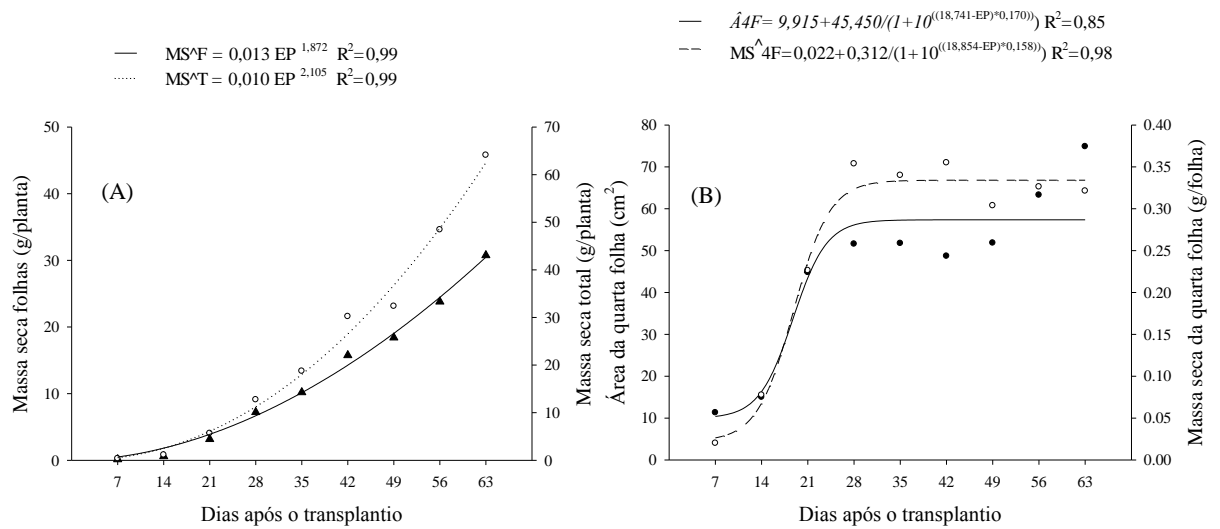
As representações gráficas dos modelos ajustados, com as respectivas equações, estão descritas nas Figuras 2 a 8. Para todas as características avaliadas foram ajustados os modelos de regressão não lineares, exceto para AH, RMF e TAL.



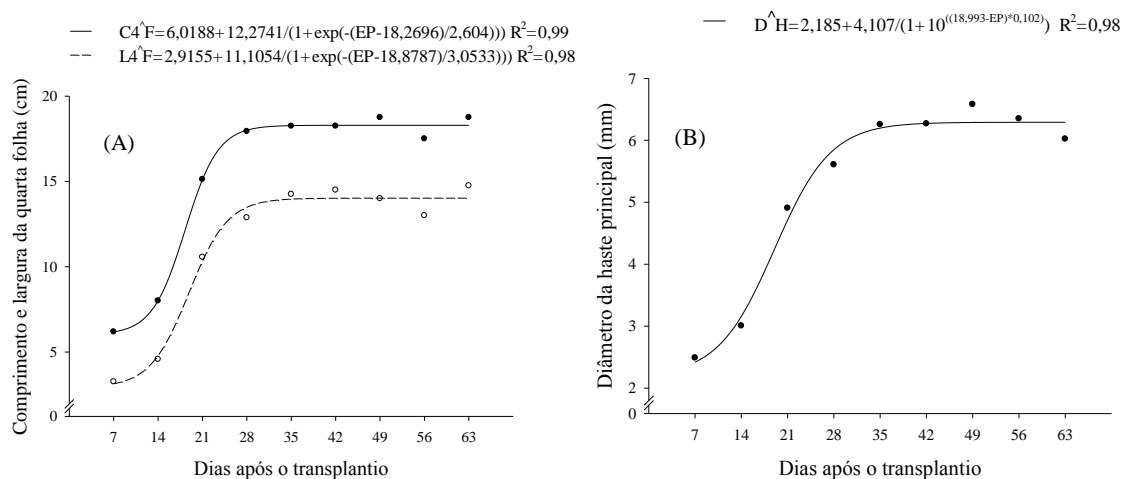
**Figura 2** – Comprimento da haste principal, número de folhas (A) e área foliar total (B) de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, em função de dias após o transplântio, com a estimativa de coeficientes de determinação ( $r^2/R^2$ ). \*\* - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.



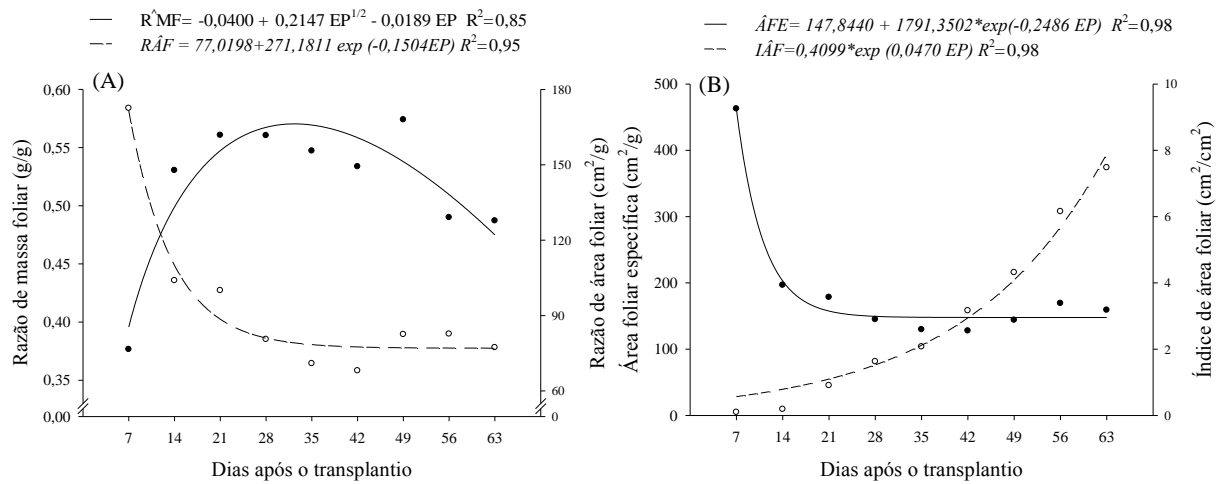
**Figura 3** – Massas da matéria seca raiz e haste de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, em função de dias após o transplântio, com a estimativa de coeficientes de determinação ( $R^2$ ).



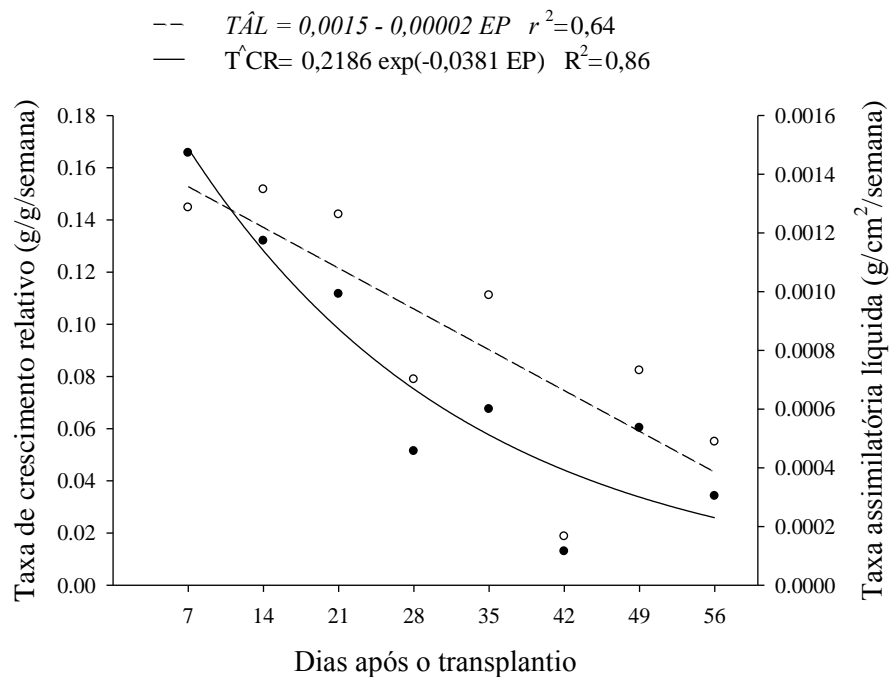
**Figura 4** – Massas da matéria seca folhas e total (A), área e massa da matéria seca da quarta folha (B) de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, em função de dias após o transplantio, com a estimativa de coeficientes de determinação ( $R^2$ ).



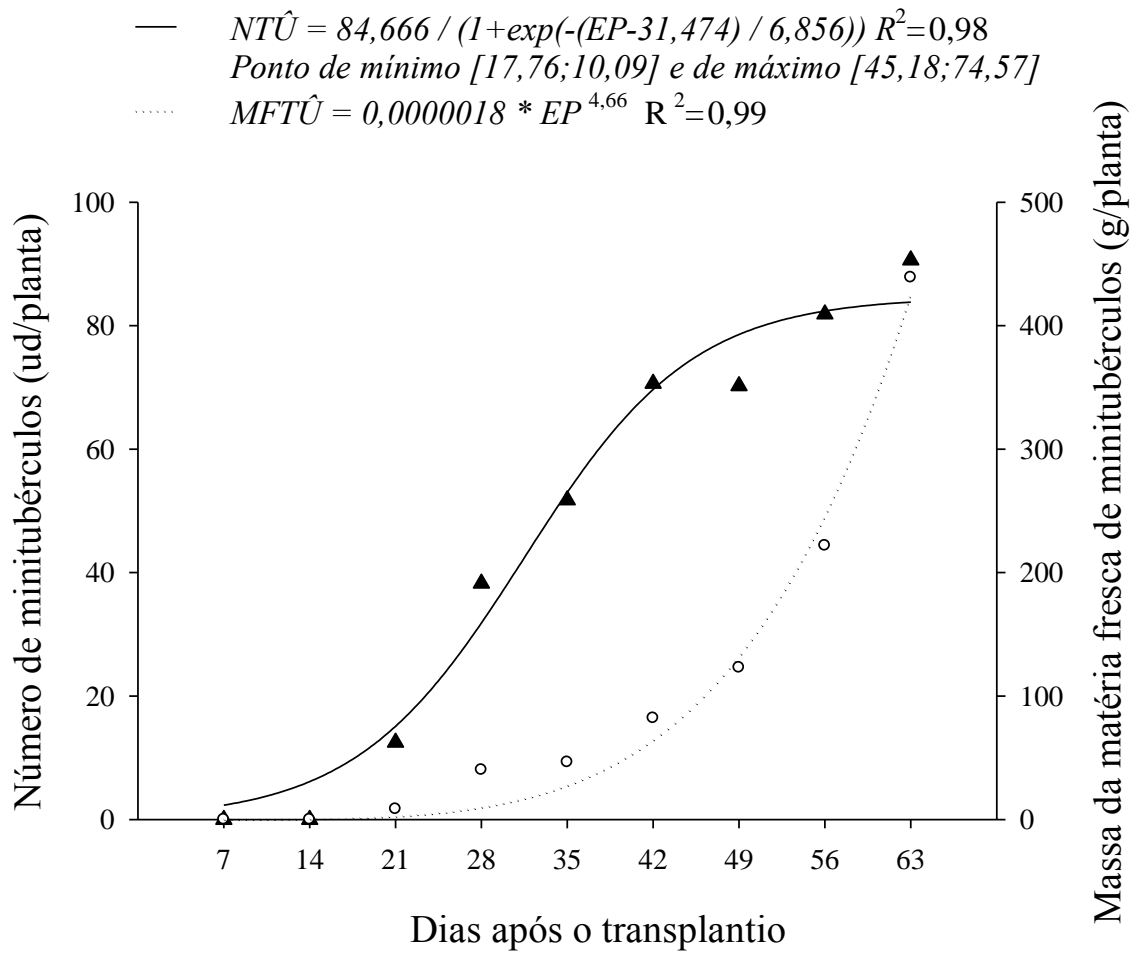
**Figura 5** – Comprimento e largura da quarta folha (A) e diâmetro da haste principal (B) de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, em função de dias após o transplantio, com a estimativa dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).



**Figura 6** – Razão de massa foliar e de área foliar (A), área foliar específica e índice de área foliar (B) de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, em função de dias após o transplântio, com a estimativa dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).



**Figura 7** – Taxa de crescimento relativo e assimilatória líquida de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, em função de dias após o transplântio, com a estimativa dos coeficientes de determinação ( $r^2/R^2$ ).



**Figura 8** – Número e massa da matéria fresca de minitubérculos de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP, em função de dias após o transplante, com a estimativa de coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

## 6. Discussão

### Aspectos biométricos

O comprimento de haste principal aumentou de forma linear ao longo do ciclo. A cada dia de variação houve um crescimento em média de 1,456 cm e atingiu valor máximo de 93 cm de comprimento aos 63 DAT (Figura 2A). Os resultados deste ensaio corroboram os de Mobini et al. (2015) no sistema hidropônico, tratamento controle (sem utilização de aeração na solução nutritiva), que encontraram valores de 92,1 e 74,1 cm nas variedades Agria e Sante, respectivamente. Diferentemente, Ritter et al. (2001) em sistema aeropônico encontraram valores de altura de planta entre 150 a 180 cm. Segundo Mateus-Rodríguez et al. (2014) os maiores valores para esta característica ocorreram em ambientes mais quentes. Wolf et al. (1990), citados por Mateus-Rodríguez et al. (2014), ressaltam que temperaturas altas causam maior translocação de fotossintetizados para os órgãos vegetativos (caules e folhas) e concluem que existe efeito significativo da temperatura na altura de planta e no número de folhas da batateira. Baixas intensidades luminosas favorecem o alongamento das hastes das plantas de batata, reduzindo a produção de massa foliar, e sob dias curtos ocorre a indução precoce da tuberização (Fontes, 2005; Poštić et al., 2012).

O número de folhas variou positivamente ao longo do ciclo. Atingiu valor máximo aos 63 DAT de 215 folhas por planta (Figura 2A), posteriormente, a planta entrou no estágio de senescência. Contribuindo com estes resultados, Singh et al. (2011) conduziram estudo para avaliarem os efeitos interativos de suplementar UV-B e nutrientes minerais (NPK) na cultura da batata, variedade Kufri Badashah, sob condições de campo, em clima tropical seco, e constataram para NF valores médios de  $185,7 \pm 26,1$  ud/planta. Diferentemente, Fernandes et al. (2010), trabalhando com cinco cultivares de batata, a campo em Latossolo Vermelho, no município de Itaí – SP, encontraram valores de 45 cm para comprimento da maior haste e 45 folhas por haste principal para cultivar Ágata.

A área foliar total variou positivamente ao longo do ciclo e atingiu valor máximo médio de 4673,96 cm<sup>2</sup>/planta aos 63 DAT. Segundo Reis Júnior & Fontes (1999), o aumento da área foliar favorece a maior capacidade da planta em produzir fotoassimilados, conseqüentemente, permite aumentar a produção de tubérculos.

Tendência semelhantes à obtida para número de folhas foi observado para massas das matérias secas de raiz, haste, folhas, e total, com crescimento ascendente até aos 63 DAT (data da última amostra) com médias de 9,49; 23,52; 30,76; 64,09 g/planta, respectivamente. Existe um acúmulo de massa da matéria seca (MS) até próximo ao final do ciclo (Figuras 2B, 3B e 4A). Segundo Barcelos et al. (2006), a variação da massa da matéria seca está relacionada com a área foliar da cultura da batata, tem variação crescente até atingir o máximo, que ocorre entre 61 a 70 dias, posteriormente decresce, com senescência das folhas e pode interferir na quantidade de fotoassimilados produzidos. O aumento da biomassa acumulada de uma planta é o resultado combinado da atividade fotossintética líquida, do crescimento vegetativo e reprodutivo. A produção da massa matéria seca total é resultado da eficiência das folhas, interceptação e utilização da radiação solar disponíveis durante o ciclo de crescimento. No entanto, esta eficácia pode ser influenciada pela quantidade da radiação solar, capacidade das folhas de realizar fotossíntese, o IAF, arquitetura da planta, respiração, entre outros, que pode ser resumido em fatores de crescimento interno do genótipo e fatores externos relacionados com o ambiente (Gardner et al., 1985).

Houve efeito de épocas de avaliação (EP), de comportamento sigmoidal, na área (A4F) e massa da matéria seca da quarta folha (MS4F), comprimento (C4F) e largura da quarta folha (L4F) e diâmetro da haste principal (DH), que estabilizaram-se aos 35 DAT, com valores médios de 76,5 cm<sup>2</sup>, 0,33 g, 18,3; 14,1 cm e 6,3 mm, respectivamente (Figura 4B, 5A e B).

O maior acúmulo de massa da matéria seca de folhas ocorreu aos 14, 21 e 28 DAT, com 61, 60 e 59% da MS total, respectivamente. Aos 63 DAT, a MS de folhas representou 48% da MS total. Na fase inicial de crescimento há um maior acúmulo de fotoassimilados para o maior dreno, no caso as folhas. Já na fase final do ciclo da batata, a produção de tubérculos será o dreno de maior força, tendo como fonte as folhas.

Avaliando modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho ao longo do tempo, Puiatti et al. (2013) constataram que o modelo Logístico se destacou em qualidade de ajuste.

## Aspectos Morfológicos

A razão de massa foliar (RMF) teve um comportamento linear – raiz quadrada e reflete a relação do aparelho fotossintetizante em relação à biomassa vegetal (Figura 6A). A RMF é a fração de matéria seca produzida pela fotossíntese, não utilizada na respiração, nem exportada para outras partes da planta, retida nas folhas; representa o quanto a planta investiu da sua produção via fotossíntese para as folhas (Oliveira et al., 2002; Carvalho et al., 2009). Entre os 14 e 42 DAT houve maior investimento para produção de fotoassimilados por parte da planta de batata, que compreende ao período de maior demanda para crescimento de tubérculos. Contribuindo com estes resultados, Ascione et al. (2013), ao trabalhar com nove cultivares de batata, no sul da Itália, em análise multivariada dos componentes de crescimento, constataram que os valores de RMF foram diminuindo durante o ciclo e em média as cultivares de ciclo longo obtiveram maiores valores (0,75 g/g), em especial a cultivar Casanova, e os menores valores foram observados para a cultivar de ciclo curto Rz-91-450 (0,45 g/g).

Houve decréscimo na razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE), de comportamento exponencial, estabilizando-se aos 28 DAT com valores médios de 77,0032 e 145,6876 cm<sup>2</sup>/g, respectivamente (Figuras 6A e B). Existem alguns trabalhos indicando redução da RAF em diferentes variedades de *S. tuberosum*, devido ao consumo de fotoassimilados pelo crescimento de tubérculos (Smeets & Garretson, 1986; Midmore & Orange, 1992; citados por Ranjbar et al., 2012).

Houve aumento exponencial do índice de área foliar (IAF) e decréscimo da taxa assimilatória líquida (TAL) pelo auto-sombreamento (Figuras 6B e 7). O IAF teve valores inicial e final médios, aos 7 e 63 DAT, 0,10 e 7,48 cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>, respectivamente. O IAF pode variar de acordo com a forma da folha e sua distribuição no dossel da planta. O IAF ótimo é aquele que suporta a máxima taxa de massa da matéria seca e é quando o cultivo atinge toda a radiação fotossinteticamente ativa disponível (Clavijo, 1989).

Em capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com uma combinação de doses de N e K, à medida que se elevaram as doses de N, houve redução da RMF, provavelmente pelo fato de que, quanto mais a planta cresce, maior é a fração do material fotossintetizante exportado para outros órgãos que não as folhas (Rodrigues et al., 2008).

A produção de massa da matéria seca está relacionada com a área foliar, portanto, quando se tem um aporte maior na área foliar conseqüentemente se terá um maior acúmulo de matéria seca. O IAF varia com a arquitetura foliar e sua distribuição no dossel

da planta. O IAF ótimo é aquele que produz um máximo acúmulo de matéria seca, é quando se alcança toda a radiação fotossinteticamente ativa absorvida (Fontana et al., 2012). Plantas de batata cultivadas em densidade de 25 a 45 plantas/m<sup>2</sup> apresentam maiores IAF, menor radiação solar por planta, menos acúmulo de massa da matéria seca nos órgãos de interesse e menor produção de tubérculos (Flores-López et al., 2009).

### **Aspectos Fisiológicos**

A taxa de crescimento relativo (TCR) variou ao longo do ciclo com comportamento exponencial e valores médios iniciais aos 7 DAT de 0,1656 g/g/semana e atingiu aos 56 DAT em média 0,03417 g/g/semana (Figura 7). Segundo Singh et al. (2011) a TAL e RAF são dois componentes da TCR. As diferenças da TCR podem ser atribuídas a variações na eficiência fotossintética na folha (TAL) ou à razão fotossintética para tecidos não fotossinteticamente ativos na planta (RAF).

Trabalhos sobre a análise de crescimento da cultura da batata têm sido publicados na literatura (Chang et al., 2011; Chang et al., 2012; Roosta et al., 2013).

As maiores TCR e TAL foram observadas entre 7 e 21 DAT, 0,17 g/g/semana e 0,0014 g/cm<sup>2</sup>/semana (Figura 7), respectivamente, que coincide com o período que antecede ao início da tuberização na planta de batata (Dellai et al, 2008). Os resultados encontrados para TCR e TAL neste ensaio, corroboraram os de Röder (2014) que trabalhou com a cultivar Cristal, no campo experimental de Olericultura Orgânica da UFPR, em função de aplicações foliares de uma solução de fermentado do melaço da cana de açúcar pela bactéria *Corynebacterium glutamicum*, e também constatou reduções com o desenvolvimento e crescimento das plantas de batata. O declínio destas taxas é esperado, quando a planta atinge a maturidade, diminuindo da primeira para a última avaliação, devido ao acúmulo contínuo de massa seca no decorrer do ciclo, e pela diminuição da capacidade relativa da planta em produzir material novo. Trabalhando em condições de campo, em Pelotas, RS, Conceição et al. (2005) constataram valores decrescentes para TCR e TAL ao longo do ciclo da cultura de batata-doce, para duas cultivares Abóra e Da Costa, com comportamento sigmoidal.

Os menores valores de taxa de crescimento relativo foram observados quando o aumento na razão de área foliar e área foliar específica foram constantes (Figuras 6A, B e 7), possivelmente deve ter ocorrido pelo fato da planta de batata não está produzindo biomassa.

A TCR é uma das medidas mais adequadas para avaliar o crescimento de uma planta. Representa a quantidade de material vegetal produzido por determinada quantidade de material existente, durante um intervalo de tempo prefixado (Oliveira & Gomide, 1986 citados por Guimarães, 1994).

A TAL representa o incremento de material vegetal por unidade de área foliar e de tempo (Benincasa, 2003).

Taxa assimilatória líquida e de crescimento relativo estão diretamente relacionadas com a biomassa acumulada. As menores TAL e TCR foram observadas no final do ciclo da cultura, e podem estar relacionadas à baixa eficiência de produção de biomassa (Figura 7).

A taxa assimilatória líquida (TAL) variou ao longo do ciclo vegetativo e reprodutivo, com comportamento linear, a cada uma semana de variação há uma mudança em média de  $-0,00002 \text{ g/cm}^2$  e atingiu valor mínimo de  $0,000488 \text{ g/cm}^2/\text{semana}$  aos 56 DAT (Figura 7).

### **Aspectos de Produção**

A produtividade de minitubérculos variou de forma ascendente tanto para número quanto para massa da matéria fresca, com comportamento sigmoidal e potencial, respectivamente. Houve incremento acentuado do número de minitubérculos a partir de 17,76 DAT, até atingir o máximo de 74,57 ud/planta, aos 45,18 DAT (Figura 8).

## 7. Conclusões

É caracterizado o crescimento de plantas de batata no sistema aeropônico do CIP. Ao longo do ciclo da planta, o comprimento da haste principal aumenta de forma linear; o número de folhas, a área foliar, o índice de área foliar e as massas das matérias secas da raiz, haste, folha e total variam positivamente; a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo decrescem. A razão de massa foliar apresenta o máximo de 0,57 g/g, aos 32,26 dias após o transplantio. A produtividade de minitubérculos, tanto para o número quanto para a massa da matéria fresca, aumenta com comportamentos sigmoidal e potencial, respectivamente.

No sistema aeropônico do CIP, a colheita de minitubérculos é iniciada dezoito dias após o transplantio das mudas.

## 8. Referências Bibliográficas

- Ascione, S; Ruggiero, C; Vitale, C (2013). Contribution of growth componentes on relative, plant, crop and tuber growth rate of nine potato cultivars in Southern Italy. *International Journal of Sciences*, 2:1-11.
- Barcelos, DM; Garcia, A; Maciel Junior, VA (2006). Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um latossolo vermelho-amarelo. *Ciência e Agrotecnologia*, 31:21-27.
- Benincasa, MMP (2003). Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep. 41p.
- Camargo, DC; Montoya, F; Córcoles, JI; Ortega, JF (2015). Modeling the impacts of irrigation treatments on potato growth and development. *Agricultural Water Management*, 150:119–128.
- Carvalho, CAL; Dantas, ACVL; Pereira, FAC; Soares, ACF; Melo Filho, JF; Oliveira, GJC (2009). Tópicos em ciências agrárias. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. 1:296.
- Chang, DC; Cho, IIC; Suh, J-T; Kim, SJ; Lee, YB (2011). Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to different electrical conductivities of nutrient solution. *American Journal of Potato Research*, 88:450–458.
- Chang, DC; Park, CS; Kim, SY; Lee, YB (2012). Growth and tuberization of hydroponically grown potatoes. *Potato Research*, 55:69–81.
- Clavijo, J (1989). Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi*, 15:12-16.
- Conceição, MK; Lopes, NF; Fortes, GRL (2005). Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) LAM), cultivares Abóbora e Da Costa. *Revista Brasileira Agrociência*, 11:273-278.
- Dellai, J; Bisognin, DA; Andriolo, JL; Streck, NA; Müller, DR; Bandinelli, MG (2008). Densidade de plantio na produção hidropônica de minitubérculos de batata. *Ciência Rural*, 38:1534-1539.
- Evans, GC (1972). *The quantitative analysis of plant growth*. University of California Press, Berkeley.
- Fernandes, AM; Soratto, RP; Silva, BL; Souza-Schlick, GD (2010). Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45:826-835.

Flores-López, R; Sánchez-Del Castillo, F; Rodríguez-Pérez, JE; Colinas-León, MT; Mora-Aguilar, R; Lozoya-Saldaña, H (2009). Densidad de población en cultivo hidropónico para la producción de tubérculo - semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15:251-258.

Fontana, DC; Alves, GM; Roberti, D; Moraes, O; Gerhardt, A (2012). Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela cultura da soja através de dados do sensor Modis. *Bragantia*, 71:563-571.

Fontes, PCR (2005). Cultura da batata. In: Fontes, P.C.R. (Ed.). *Olericultura teoria e prática*. Viçosa, MG:UFV, p.323-344.

Fontes, PCR; Dias, EM; Silva, DJH (2005). Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 23:94-99.

Gardner, FP; Pearce, RB; Mitchell, RL (1985). *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press. Ames.

Guimarães, RJ (1994). Análise do crescimento e da quantificação de nutrientes em mudas de cafeeiro, (*Coffea arabica* L.), durante seus estádios de desenvolvimento em substrato padrão. 1994. 113f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Lavras, MG.

Hunt, R., 1990. Basic growth analysis. Unwin Hyman Ltd. UK.

Mateus-Rodríguez, JF; Haan, S; Rodríguez-Delfín, A (2014). Genotype by environment effects on potato mini-tuber seed production in an aeroponics system. *Agronomy*, 4:514-528.

Mobini, SH; Ismail, MR; Arouiee, H (2015). The impact of aeration on potato (*Solanum tuberosum* L.) minituber production under soilless conditions. *African Journal of Biotechnology*, 14:910-921.

Oliveira, LEM; Mesquita, AC; Freitas, RB (2002). Análise de crescimento de plantas. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia Vegetal. 9p.

Oraby, H; Lachance, A; Desjardins, Y (2015). A low nutrient solution temperature and the application of stress treatments increase potato mini-tubers production in an aeroponic system. *American Journal of Potato Research*, March. Homepage: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-015-9444-x#>>.

Otazú, V (2010). Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima, Perú. 44p.

Otazú, V; Barker, I; Chujoy, E (2008). Innovation in seed potato production for developing countries using aeroponics. Conference Potato Science for the Poor, 25-28 March. Cusco-Peru.

Otazu, V; Chuquillanqui, C (2007). Producción de semilla de papa de calidad por aeroponía. In: Alternativas al uso de bromuro de metilo en la producción de semilla de papa de calidad. Centro Internacional de la Papa. p.33-41.

Poorter, H; Anten, NPR; Marcelis, LFM (2013). Physiological mechanisms in plant growth models: do we need a supra-cellular systems biology approach? *Plant, Cell and Environment*, 36:1673–1690.

Poštić, D; Momirović, N; Bročić, Z; Dolijanović, Z; Aleksić, G (2012). The evaluation of biological viability of potato seed tubers grown at different altitudes. *African Journal of Agricultural Research*, 7:3073-3080.

Puiatti, GA; Cecon, PR; Nascimento, M; Puiatti, M; Finger, FL; Silva, AR; Nascimento, ACC (2013). Análise de agrupamento em seleção de modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho. *Revista Brasileira de Biometria*, 31:337-351.

Radford, PJ (1967). Growth Analysis Formulae - Their Use and Abuse. *Crop Science*, 7:171-175.

Ranjbar, M; Esfahani, MN; Esfahani, MN; Salehi, S (2012). Phenology and morphological diversity of the main potato cultivars in Iran. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2: 201-212.

Reis Júnior, RA; Fontes, PCR (1999). Morfologia e partição de assimilados na batateira em função de época de amostragem e de doses de potássio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34: 795-799.

Ritter, E; Angulo, B; Riga, P; Herrán, C; Relloso, J; San Jose, M (2001). Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*, 44:127-135.

Röder, C (2014). Efeito da aplicação de um fermentado bacteriano contendo ácido L-glutâmico, no crescimento, produtividade e alterações bioquímicas em batata cultivada no sistema orgânico. 2014. 108f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Rodrigues, RC; Mourão, GB; Brennecke, K; Luz, PHC; Herling, VR (2008). Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 394-400.

Roosta, HR; Rashidi, M; Karimi, HR; Alaei, H; Tadayyonnejhad, M (2013). Comparison of vegetative growth and minituber yield in three potato cultivars in aeroponics and classic hydroponics with three different nutrient solutions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 4:80-87.

Silva, SC; Pedreira, CGS (1997). Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997. Anais... Jaboticabal: Funep, p.1-12.

Singh, S; Kumari, R; Agrawal, M; Agrawal, SB (2011). Growth, yield and tuber quality of *Solanum tuberosum* L. under supplemental ultraviolet-B radiation at different NPK levels. *Plant Biology*, 13:508-516.

Stitt, M (2013). Plant growth: basic principles and issues relating to the optimization of biomass production and composition as a feedstock for energy. In: *Catalysis for the Conversion of Biomass and Its Derivatives*. Eds. Behrens, M.; Datye A.K. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 52, 4 Chapter, p.83-129.

Tshisola, SN (2014). Improved potato (*Solanum tuberosum*) seed production through aeroponics system. 2014. 157f. Thesis (Master of Science in Agriculture) – Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University, Stellenbosch.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – Resumo da análise de variância

**Tabela 1A** – Resumo da análise de variância para número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTU) de minitubérculos, em função de nebulizador, revestimento e épocas de colheita (Capítulo 1).

F.V.	Quadrado Médio		
	gl	NTU	MFTU
Blocos	3	1850,56	23926,53
Revestimento	1	1352,00 <sup>ns</sup>	64663,27**
Nebulizador	2	14177,43**	130291,50**
Revestimento x Nebulizador	2	5013,54*	42489,30**
<b>Resíduo (a)</b>	15	1536,86	6980,21
Época	2	37168,72**	60412,72**
Época x Revestimento	2	186,00 <sup>ns</sup>	5196,21 <sup>ns</sup>
Época x Nebulizador	4	5292,14**	9204,94 <sup>ns</sup>
Época x Revestimento x Nebulizador	4	1155,67*	19677,44**
<b>Resíduo (b)</b>	36	413,28	4045,24
Média		42,11	119,86
CV(%) subparcela		48,28	53,07
CV(%) parcela		93,09	69,70

\*\* e \* – Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

<sup>ns</sup> – não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

**Tabela 2A** – Resumo da análise de variância para massas das matérias secas raiz (MSR), haste (MSH), folhas (MSF) e total (MST), número (NTU) e massa da matéria fresca da soma total (MFTTU) de minitubérculos da batateira, em função de nebulizador e revestimento (Capítulo 1).

Quadrado Médio							
F.V.	gl	MSR	MSH	MSF	MST	NTU	MFTTU
Blocos	3	39,92	37,90	141,55	509,86	5551,67	77779,60
Nebulizador	2	92,35**	40,27 <sup>ns</sup>	672,97**	1753,90**	42532,29 <sup>ns</sup>	390874,50**
Revestimento	1	51,22**	85,43*	113,36 <sup>ns</sup>	731,51*	4056,00 <sup>ns</sup>	193989,80**
NebulxRevest	2	18,68*	25,25 <sup>ns</sup>	123,80 <sup>ns</sup>	290,90 <sup>ns</sup>	15040,62 <sup>ns</sup>	127467,90*
Resíduo	15	5,04	14,21	52,13	126,38	4610,57	20940,63
Média		7,05	5,67	16,95	29,67	126,33	359,57
CV(%)		31,84	66,44	42,60	37,89	53,75	40,25

\*\*e \* – Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

<sup>ns</sup> – não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

**Tabela 3A** – Resumo da análise de variância para número (NTU) e massa da matéria fresca (MFTTU) de minitubérculos, em função tipo de nebulizador, sentido de nebulização e épocas de colheita (Capítulo 2).

Quadrado Médio			
F.V.	gl	NTU	MFTTU
Blocos	3	1635,34	20983,85
Nebulizador	3	15588,37**	47397,82**
Sentido	1	15336,75**	79572,99**
Nebulizador x Sentido	3	3133,90**	25088,21**
<b>Resíduo (a)</b>	21	216,61	2240,57
Época	5	6606,74**	96596,08**
Época x Nebulizador	15	1321,40**	12571,92**
Época x Sentido	5	850,68**	12257,19**
Época x Nebulizador x Sentido	15	462,74**	4347,83**
<b>Resíduo (b)</b>	120	92,45	584,29
Média		36,53	93,02
CV(%) subparcela		26,32	25,99
CV(%) parcela		40,29	50,89

\*\* – Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

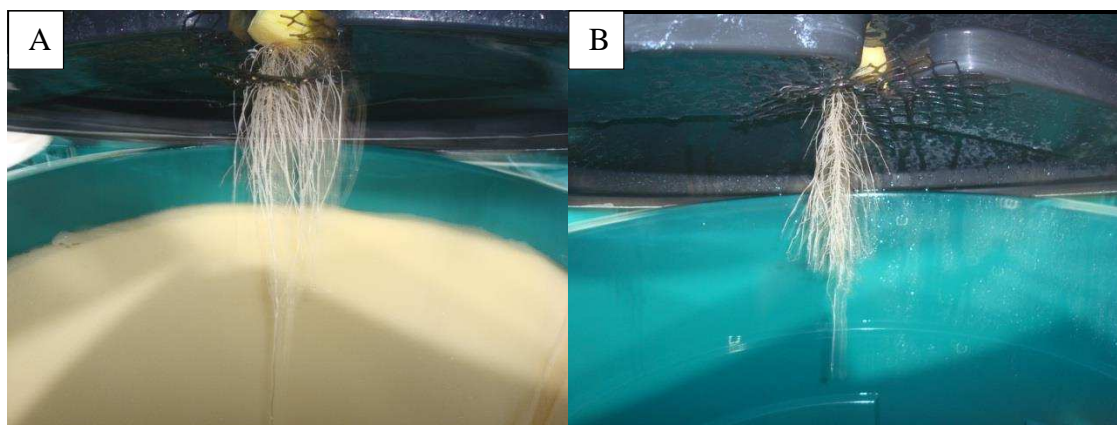
**Tabela 4A** – Resumo da análise de variância das massas da matéria seca raiz (MSR), haste (MSH), folhas (MSF) e total (MST), número (NTU) e massa da matéria fresca da soma total (MFTTU) de minitubérculos da batateira, em função de nebulizadores e sentido de nebulização (Capítulo 2).

<b>Quadrado Médio</b>							
<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>MSR</b>	<b>MSH</b>	<b>MSF</b>	<b>MST</b>	<b>NTU</b>	<b>MFTTU</b>
Bloco	3	5,46	13,37	82,19	213,38	9812,04	125903,10
Nebulizadores	3	9,94**	58,92**	299,58**	788,33**	93530,21**	284386,90**
Sentido	1	9,06*	73,27**	414,29**	1019,15**	92020,50**	477437,90**
Nebulizadores x Sentido	3	2,28 <sup>ns</sup>	14,30 <sup>ns</sup>	75,87 <sup>ns</sup>	193,80 <sup>ns</sup>	18803,42**	150529,30**
Resíduo	21	1,60	6,23	37,38	94,05	1299,69	13443,42
Média		3,50	4,99	14,88	23,38	219,19	558,11
CV(%)		36,19	49,98	41,08	41,49	16,45	20,78

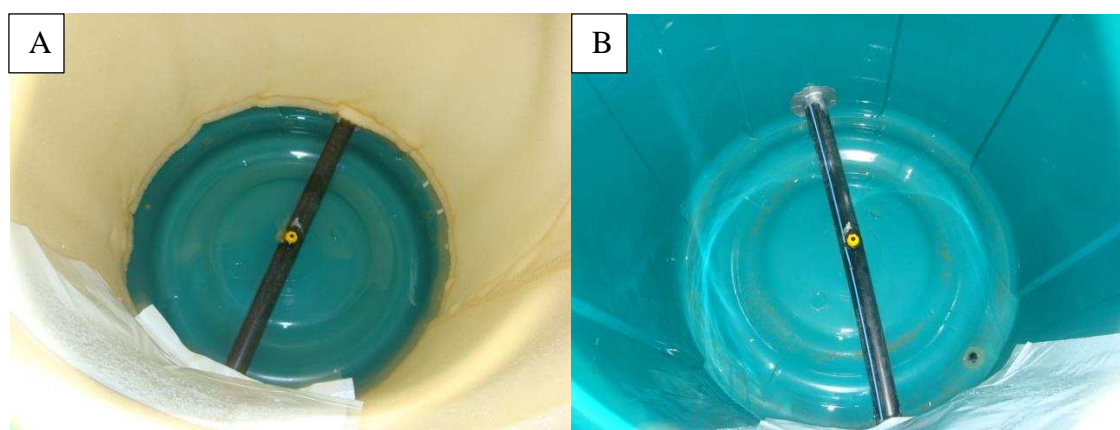
\*\*e \* – Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

<sup>ns</sup> – não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

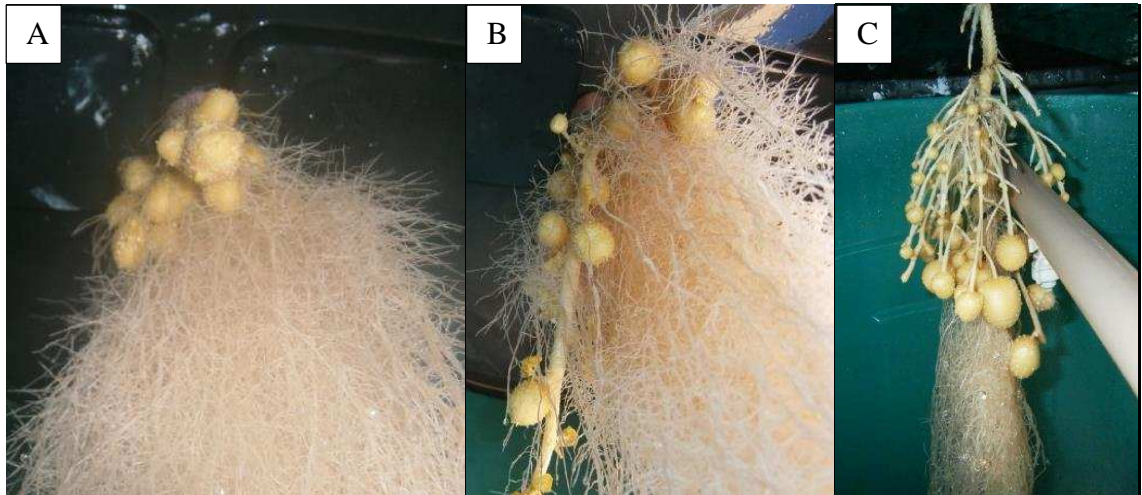
## APÊNDICE B – Figuras ilustrativas dos experimentos



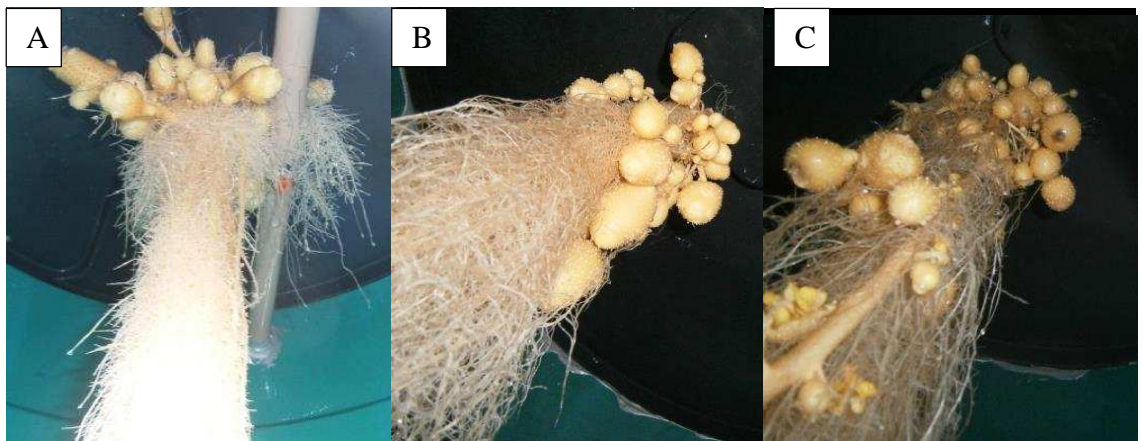
**Figura 1B** – Crescimento de raiz aos 7 DAT com revestimento interno do balde (A) e não revestimento (B) no “Sistema Aeropônico UFV”, Capítulo 1.



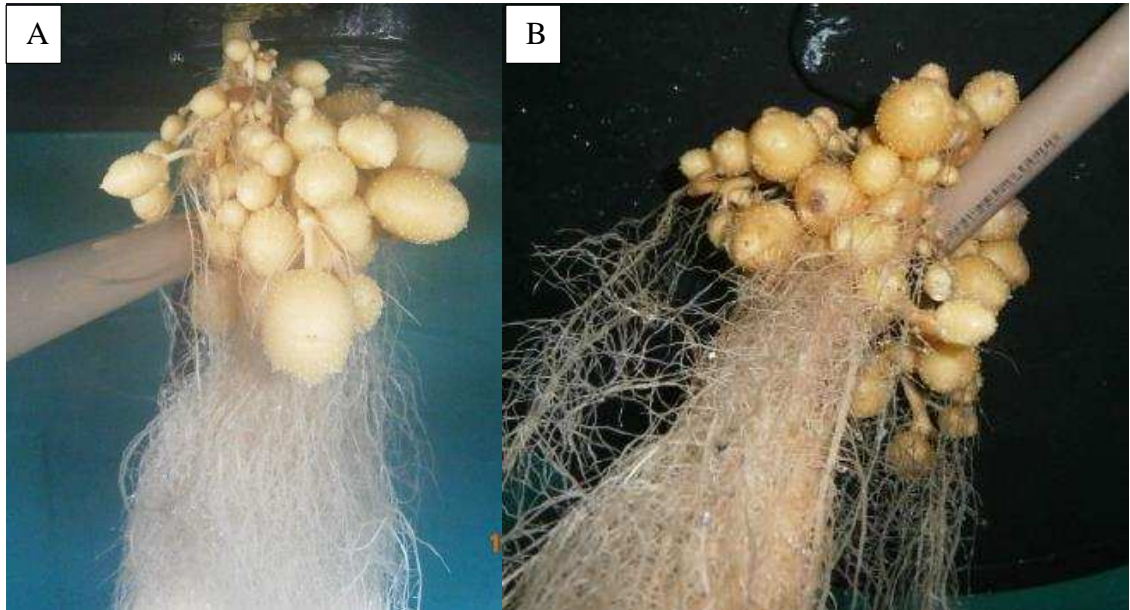
**Figura 2B** – Interior do balde com revestimento interno (A) e não revestimento (B) utilizando nebulizador NA-1 sem antigotas, no “Sistema Aeropônico UFV”, Capítulo 1.



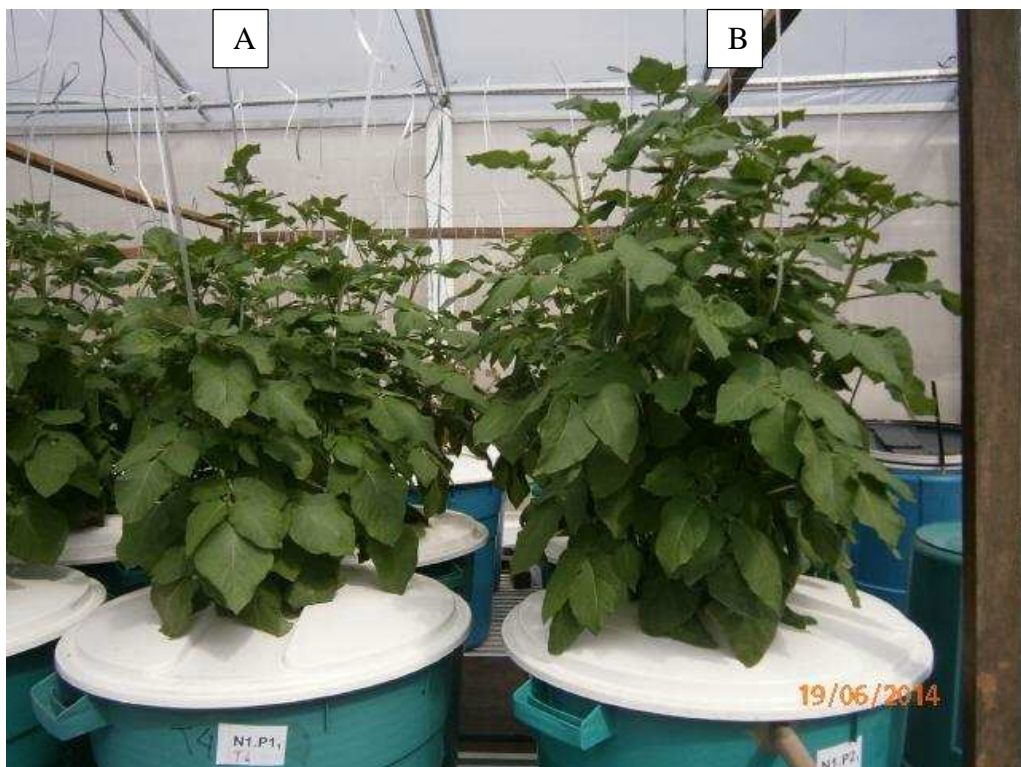
**Figura 3B** – Produção de minitubérculos de batata-semente com nebulizador MA-30 sem antigotas e sentido de baixo para cima – Trat.3 (A) nebulizador Coolnet e sentido de baixo para cima – Trat.7 (B) e de cima para baixo utilizando – Trat.8 (C) no sistema aeropônico “UFV”, Capítulo 2.



**Figura 4B** – Produção de minitubérculos de batata-semente com nebulizador MA-30 sem antigotas e sentido de cima para baixo – Trat.4 (A) e sentido de baixo para cima – Trat.5 (B) e nebulizador Fogger sem antigotas e sentido de baixo para cima – Trat.1 (C) no “Sistema Aeropônico UFV”, Capítulo 2.



**Figura 5B** – Produção de minitubérculos de batata-semente com nebulizador MA-30 com antigotas e sentido de cima para baixo – Trat.6 (A) e Fogger sem antigotas e sentido de cima para baixo – Trat.2 (B) no “Sistema Aeropônico UFV”, Capítulo 2.



**Figura 6B** – Produção de biomassa da parte aérea com nebulizador Fogger sem antigotas no sentido de nebulização de baixo para cima – Trat.1 (A) e de cima para baixo – Trat.2 (B) no “Sistema Aeropônico UFV”, Capítulo 2.



**Figura 7B** – Visão geral do experimento na fase inicial (A) e aos 58 DAT (B) na análise de crescimento de plantas no sistema aeropônico do CIP, Capítulo 3.