

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUÇÃO DE MINITUBÉRCULOS DE BATATA-SEMENTE
EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT, DFT E AEROPONIA**

Thiago Leandro Factor

Orientador: Prof. Dr. Jairo Augusto C. de Araújo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2007

F142p Factor, Thiago Leandro
Produção de minitubérculos de batata-semente em sistemas hidropônicos NFT, DFT e Aeroponia / Thiago Leandro Factor. – – Jaboticabal, 2007
x, 120 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007
Orientador: Jairo Augusto Campos de Araújo
Banca examinadora: Joaquim Gonçalves Pádua, Simone da Costa Mello, Glauco Eduardo Pereira Cortez, Maria Inez Espagnoli Geraldo Martins
Bibliografia

1. Batata-semente. 2. Hidroponia. 3. Análise econômica. I. Título.
II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.491:631.589

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THIAGO LEANDRO FACTOR – nascido aos 15 de novembro de 1977, na cidade de Descalvado – SP, é filho de Luiz Antonio Factor e Leonor Aparecida Hypólito. Em 1992 iniciou sua carreira agrônômica ao ingressar no curso técnico profissionalizante em agropecuária, na escola técnica agrícola “CEETEPS – Manuel dos Reis Araújo”, Santa Rita do Passa Quatro, obtendo o grau de Técnico em Agropecuária em dezembro de 1994. Em março de 1996, iniciou o curso de Agronomia, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, durante o qual foi bolsista Fapesp de 1997 a 1999, obtendo o grau de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2000. Em março de 2001, iniciou seus estudos em nível de Pós-Graduação ao ingressar no curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, onde defendeu sua dissertação em fevereiro de 2003. Ingressando em seguida, no curso de Doutorado (Produção Vegetal), também pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista (UNESP), onde defendeu sua tese de doutorado em fevereiro de 2007. Durante os estudos de pós-graduação foi bolsista CNPq.

A minha mãe

Leonor Aparecida Hypólito, por sua luta na educação dos filhos, pela confiança depositada em mim sempre, pelo apoio e carinho, por nossa história de vida...

OFEREÇO...

A minha esposa

Juceli Jôse Barbalho Factor, pela paciência e incentivo, por não me deixar desanimar nunca, pelo amor e carinho presentes em todos os momentos, alegria da minha vida...

DEDICO...

**Agradeço a Deus, onde
...tudo posso naquele
que me fortalece...
(Filipenses, 4:13)**

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao mestre, orientador e grande amigo

Prof. Dr. Jairo Augusto Campos de Araújo

Por ensinar que sempre em um obstáculo podemos encontrar uma idéia, por acreditar no meu trabalho, pelos conselhos e ajuda pessoal, pelo apoio incondicional e por sua vida dedicada à pesquisa e ao bem estar das pessoas.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, por todos esses anos de acolhida.

Ao Prof. Dr. Glauco Eduardo Pereira Cortez, a Prof. Dra. Simone da Costa Mello, ao Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua e a Profa. Dra. Maria Inez Espagnoli Geraldo Martins pelas importantes correções sugeridas.

Ao funcionário José Pelis do Setor de Plasticultura do Departamento de Engenharia Rural, pela amizade e ajuda indispensável no desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo e auxílio financeiro (Processo 140323/2003-1) tornando possível a execução do trabalho científico.

Ao laboratório Biovitrus e às empresas Irrigaplan, Lauman e Nortene pela contribuição na doação de insumos e materiais indispensáveis para a realização desta pesquisa.

Aos Profs. Euclides Braga Malheiros e José Carlos Barbosa do Departamento de Ciências Exatas, pela orientação na elaboração e condução das análises estatísticas.

Aos meus familiares, Catarina Hypólito e João Hypólito (*in memoriam*), Luis Antonio Factor e Carlos Henrique Factor, João Factor e Maria do Carmo Factor, Jandira Volpe Barbalho e Arlindo Barbalho, Jucemara Barbalho Vieira e Fernando Vieira, João Francisco Hypólito e Silvana Spido Hypólito e filhos, pelos profundos laços de amizade e consideração que nos unem e pelo constante incentivo.

Aos antigos e recentes irmãos da gloriosa república "Pau da Goiaba", pelo incentivo, amizade e pelos momentos de alegria proporcionados durante todos estes anos de convivência.

A todos meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos gerais da cultura	3
2.2 Importância socioeconômica	9
2.3 Batata-semente	11
2.4 Sistemas hidropônicos	15
2.4.1 Técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT)	18
2.4.2 Técnica do fluxo profundo (DFT)	24
2.4.3 Aeroponia	25
2.5 Viabilidade econômica.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Local do experimento	29
3.2 Ambiente protegido	30
3.3 Cultura e cultivares.....	31
3.4 Sistemas hidropônicos	31
3.4.1 Sistema hidropônico NFT	31
3.4.2 Sistema hidropônico DFT	32
3.4.3 Sistema aeropônico (Aeroponia)	35
3.5 Composição e manejo da solução nutritiva	37
3.6 Condução e manejo fitotécnico da cultura.....	38
3.7 Delineamento experimental	38
3.8 Colheita	39
3.9 Monitoramento e avaliação de elementos meteorológicos.....	39
3.10 Características agronômicas avaliadas	40
3.10.1 Avaliação do crescimento das plantas.....	40
3.10.2 Características de produção dos minitubérculos	41
3.10.3 Consumo e eficiência no uso da água/solução nutritiva	42
3.11 Análise econômica	43

3.11.1 Análise de investimento	43
3.11.1.1 Investimentos	43
3.11.1.2 Despesas operacionais	45
3.11.1.3 Receita bruta	47
3.11.1.4 Indicadores de viabilidade econômica	47
3.11.1.5 Análise de sensibilidade	47
3.11.2 Custo de produção e rentabilidade	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Temperatura nos diferentes sistemas hidropônicos	49
4.2 Características agronômicas avaliadas	57
4.2.1 Avaliação do crescimento das plantas	57
4.2.2. Características de produção dos minitubérculos	66
4.2.3 Consumo e eficiência no uso da água/solução nutritiva	75
4.3 Análise econômica	78
4.3.1 Análise de Investimento	78
4.3.1.1 Investimento	78
4.3.1.2 Despesas operacionais	84
4.3.1.3 Indicadores de viabilidade econômica	89
4.3.1.4 Análise de sensibilidade	94
4.3.2 Custo de produção e rentabilidade	99
5. CONCLUSÕES	102
6. REFERÊNCIAS	103
APÊNDICE	120

PRODUÇÃO DE MINITUBÉRCULOS DE BATATA-SEMENTE EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT, DFT E AEROPONIA

RESUMO - Este trabalho teve por objetivo descrever sistemas hidropônicos de cultivo que utilizam as técnicas DFT “Deep Flow Technique” e aeroponia, bem como avaliar o comportamento produtivo e a viabilidade econômica da produção de minitubérculos de batata-semente, cultivares Agata e Monalisa, em comparação ao sistema de Calha Articulada (NFT). O experimento foi realizado em ambiente protegido, no período de maio a setembro de 2005, na Universidade Estadual Paulista (UNESP) - FCAV, Jaboticabal, SP, no Setor de Plasticultura, com latitude de 21°15'15”, longitude de 48°18'09” e altitude média de 595 m. Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo os três sistemas hidropônicos de cultivo os tratamentos principais e as duas cultivares de batata os tratamentos secundários. Os sistemas hidropônicos descritos na presente pesquisa são tecnicamente viáveis, haja vista que as produtividades nos sistemas DFT e Aeroponia foram, respectivamente, semelhante e superior as obtidas no sistema NFT (calha articulada), tradicionalmente utilizado no Brasil. Dentre os sistemas, o aeropônico apresentou maior taxa de multiplicação de minitubérculos e melhor retorno financeiro do investimento. Com a cultivar Monalisa obteve-se maior taxa de multiplicação de minitubérculos quando comparado a Agata. O sistema NFT é considerado mais viável a partir de R\$ 0,40 o minitubérculo para um ciclo de produção ano⁻¹ ou R\$ 0,30 cultivando-se por dois ciclos de produção ano⁻¹. Os sistemas DFT e aeropônico são viáveis economicamente em todas as condições analisadas, inclusive na menos favorável, R\$ 0,20 o minitubérculo e um ciclo de produção ano⁻¹.

Palavras-Chave: *Solanum tuberosum*, cultivo sem solo, colheita escalonada, análise econômica

SEED POTATO MINITUBERS PRODUCTION IN HYDROPONIC SYSTEMS NFT, DFT AND AEROPONIC

SUMMARY - The objective of this work was to describe hydroponics systems that use DFT "Deep Flow Technique" and aeroponic technique, as well to evaluate the productive behavior and the economic viability of the basic seed potato minitubers in these systems, compared to the articulated PVC Gutter (NFT) system, using the 'Agata' and 'Monalisa' cultivars. The experiment was realized in a protected ambient from May to September of 2005, at Universidade Estadual Paulista (UNESP) – FCAV, in Jaboticabal, SP, in the Plasticulture Sector (latitude - 21°15'15", longitude - 48°18'09" and mean altitude - 595 m), following the experimental design randomized blocks in a split plot scheme. The DFT and aeroponic systems, described in this research, are technically feasible and both have shown that the productivity in these systems was similar and superior to the ones reached in the NFT system (articulated gutter), traditionally used in Brazil. Among the systems, the aeroponic presented greater rate of tubers multiplication and better financial return of the investment. It was obtained a bigger multiplication rate of minitubers with "Monalisa" cultivar when compared with the "Agata". The NFT system is considered more feasible from R\$ 0,40 the minituber for one production cycle per year or R\$ 0,30 cultivating for two production cycles per year. The DFT and aeroponic systems are economically feasible in all analyzed conditions, even in the less favorable one, R\$ 0,20 the minituber and one production cycle per year.

Keywords: *Solanum tuberosum*, soilless production, repeated harvesting, economic analysis

1 INTRODUÇÃO

Ao avaliar-se, comparativamente, os indicadores mundiais de competitividade da bataticultura com os nacionais, constata-se que o Brasil pouco avançou nestes últimos 20 anos (1985-2005), mantendo-se em 18º lugar em volume produzido e passando do 67º para 50º lugar entre os países de melhor produtividade. Dentre as principais barreiras que limitam o crescimento da bataticultura no país está, a ineficiência do sistema de comercialização dos tubérculos in-natura, a necessidade de expansão da agroindústria processadora de batata 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 da batata, a batata-semente é o fator que mais onera a produção (30%), seguido dos fertilizantes (25%), defensivos (25%) e custo das operações (20%) (HIRANO, 2003). O elevado custo e a baixa disponibilidade de sementes de padrão adequado no país, são fatores que levam o produtor frequentemente a lançar mão de material propagativo inadequado, que não irá proporcionar a produtividade desejada.

Como a cultura da batata é propagada vegetativamente, uma vez infectados, os tubérculos-semente favorecem a disseminação de doenças, principalmente viroses, levando à degenerescência precoce da cultura com influências diretas sobre a qualidade e produtividade de tubérculos. Por isso, um dos desafios permanentes da cadeia produtiva da batata é a disponibilização periódica, a baixo custo, de quantidades suficientes de material propagativo e com qualidade fitossanitária satisfatória.

No entanto, boa parte da batata-semente básica utilizada no Brasil ainda é importada. E o custo com a importação é alto, sendo que cada caixa de mais ou menos 30 kg, custa de US\$ 30,0 a US\$ 40,0 dependendo da variedade e país exportador (SOUZA DIAS, 2004). Além do alto custo, na importação de batata-semente corre-se o risco de introduzir organismos fitopatogênicos em nosso território, bem como sujeição à variação cambial, greves portuárias, ou pior ainda, não haver disponibilidade de batatas-semente disponíveis para compra.

É nesse contexto que a utilização de técnicas de cultura de meristemas para eliminação de viroses e a propagação in-vitro de plantas sadias e posterior multiplicação em ambientes protegidos telados, ganham cada vez mais importância na cultura da batata (MEDEIROS, 2003a). Todavia, essa técnica que utiliza procedimentos laboratoriais e equipamentos específicos ainda apresenta custos elevados e exigência de mão-de-obra altamente qualificada. Há de se ressaltar também, que a cultura de tecidos tende a induzir a ocorrência de variações somaclonais, sobretudo em condições de repicagens sucessivas (RESENDE & PAIVA, 1985). Portanto, o sucesso da limpeza clonal depende de técnicas eficientes de multiplicação do material desinfectado para que cheguem aos bataticultores em boas condições sanitárias e em breve espaço de tempo. Isto porque os sistemas tradicionalmente utilizados em nosso país, em solo ou substrato, apresentam, como característica comum, baixas taxas de multiplicação dos tubérculos. São produzidos em média, de três a cinco tubérculos por planta (DANIELS et al., 2000), o que contribui sobremaneira para elevar ainda mais os custos de produção da batata-semente.

Uma das principais estratégias atualmente existente e utilizada em diversos países, no sentido de substituir os métodos convencionais de produção de batata-semente, é a produção em sistemas hidropônicos (WHEELER et al., 1990; WAN et al., 1994; MURO et al., 1997; RANALLI, 1997; ROLOT et al., 1999; CHANG et al., 2000a; CHANG et al., 2000b; RITTER et al., 2001; ROLOT & SEUTIN, 2002). Nesses sistemas, por não haver contato dos tubérculos sementes com fitopatógenos de solo, melhor controle sobre os fatores que interferem na nutrição das plantas e, principalmente, devido à possibilidade de se fazer uma colheita escalonada, a produção de minitubérculos apresenta excelente padronização, alta qualidade fitossanitária e maior taxa de multiplicação.

A introdução de novos sistemas de produção de sementes básicas que propiciem maiores taxas de multiplicação de material derivado da propagação in-vitro trará significativos avanços na cadeia produtiva da batata, capaz de produzir reflexos positivos na produtividade, particularmente em regiões onde a qualidade das sementes utilizadas é fator limitante para a obtenção de maiores rendimentos (MEDEIROS et al.,

2002), além da possibilidade de uma diminuição substancial no custo de produção e importação de batata-semente de outros países.

Diante do exposto, de maneira a contribuir para o desenvolvimento de novas opções de sistemas hidropônicos no Brasil aplicados a produção de minitubérculos de batata-semente básica, este trabalho tem como objetivos: a) descrever dois sistemas hidropônicos de cultivo baseado nas técnicas DFT “Deep Flow Technique” (Técnica do fluxo profundo) e aeropônico ou aeroponia (cultivo no ar), desenvolvidos na FCAV/UNESP; b) avaliar em ambiente protegido, o comportamento produtivo e a viabilidade econômica da produção de minitubérculos de batata-semente básica nos sistemas citados acima, comparados ao sistema de calha articulada (NFT – “Nutrient Film Technique”) (MEDEIROS et al., 2002).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma planta dicotiledônea, pertencente à família *Solanaceae*, sendo originária da região próxima ao equador terrestre, nas proximidades do Lago Titicaca, próximo à fronteira entre o Peru e Bolívia (FILGUEIRA, 2003). No entanto, HAWKES (1993) não especifica o local de origem e considera como centro de origem a região dos Andes, do sul do Peru ao norte da Bolívia, onde protótipos silvestres ainda existem.

Nos Andes, a bataticultura tem sido praticada pelo povo indígena nos últimos oito mil anos, havendo oito espécies botânicas cultivadas e mais de 200 espécies tuberosas silvestres. Foi introduzida na Europa no século XVI, por expedições de colonizadores espanhóis, disseminando-se, a partir da Espanha, por todo o continente, principalmente na Inglaterra (PEREIRA et al., 2005).

No Brasil, seu cultivo iniciou-se nos primórdios do século 20, cultivada em pequena escala, em hortas familiares, sendo chamada de batatinha, assim como na

construção de ferrovias, onde ganhou o nome de batata inglesa, por ser uma exigência nas refeições dos técnicos vindos da Inglaterra (PEREIRA et al., 2005).

Sob o ponto de vista nutricional, a batata destaca-se pelo seu alto conteúdo protéico, cujo valor biológico só é superado pelo ovo e pelo leite, e por sua alta eficiência produtiva, de 1,4 Kg/ha de proteína e 55.000 Kcal de energia dia^{-1} , sendo rica em carboidratos e fonte importante de fósforo, vitamina C e vitaminas do complexo B (MIRANDA FILHO et al., 2003). O tubérculo não é apenas rico em carboidratos, como a princípio se possa imaginar, mas também de proteína de alta qualidade, vitaminas e sais minerais, sendo que 100 g desse produto suprem cerca de 10% das necessidades de um adulto em tiamina, niacinas, vitamina B6 e ácido fólico; 50% da vitamina C e 10% da demanda de proteínas, além de 840 mg de potássio, uma das hortaliças mais ricas neste nutriente (PEREIRA et al., 2005).

Medicinalmente, BALDACH (1992) relata que em regiões frias, o suco de batata, desde muito tempo, vem sendo usado pelos esquimós, exploradores polares, navegantes e caçadores para prevenir o escorbuto. Além disso, segundo o mesmo autor, o suco de batata é empregado para aliviar dores de estômago e até mesmo curar úlceras.

Botanicamente, a batata é uma solanácea perene, devido aos seus tubérculos, que se perpetuam no solo. Entretanto, agronomicamente é considerada como planta anual. O sistema radicular é delicado e superficial, com as raízes concentrando-se até 30 cm de profundidade. As folhas são compostas por três ou mais pares de folíolos laterais, um folíolo apical e alguns rudimentares, sendo as flores hermafroditas, reunidas em inflorescências no topo da planta (FILGUEIRA, 2000). O número de hastes varia de duas a cinco por planta, dependendo da brotação e da idade fisiológica do tubérculo-semente, da região produtora e das condições climáticas de cultivo. O caule da planta de batata compreende duas partes distintas que são: aérea e subterrânea. Na parte aérea, os caules são angulosos e ramificados, em disposição ereta, alcançando de 50 a 70 cm de altura, podendo, contudo, chegar até 1,5 m dependendo da cultivar (FORTES & PEREIRA, 2003). A parte subterrânea é de coloração branca e portadora de gemas situadas nas axilas de folhas rudimentares, que originam ramificações

denominadas estolões. Estes estolões terminam em uma porção saliente denominada de tubérculo (PÁRRAGA & CARDOSO, 1981).

O tubérculo é um caule modificado, especialmente adaptado para o acúmulo de reservas, principalmente a fécula. Segundo KODA & OKAZAWA (1988), no início da tuberização, cessa o crescimento longitudinal do estolho, ao mesmo tempo em que se altera o plano de divisão celular na região subapical. Segue-se intensa divisão celular e a incorporação de gemas situadas no estolho em posição basal, com o crescente acúmulo de reservas (STALER, 1963). Essas etapas são afetadas, diferentemente, por condições ambientais e pela regulação hormonal (FONTES & FINGER, 1999).

Dentre os hormônios vegetais, giberelinas têm sido indicadas como controladoras da tuberização, uma vez que condições ambientais que promovem esse processo causam decréscimo da atividade giberelínica em caules. Altas temperaturas estimulam a produção de giberelinas em gemas caulinares mais do que em folhas, o que poderia estar relacionado à inibição da tuberização causada por temperaturas altas (FIGUEIREDO-RIBEIRO & ALMEIDA, 2004).

O início da tuberização é estimulado, inibido ou prorrogado pelo efeito das giberelinas (POINT LEZICA, 1970; VREUGDENHIL & STRUIK, 1989; XIN et al., 1998). Ademais, o decréscimo no nível de giberelina em condições de dia curto provoca dois efeitos: diminuição no desenvolvimento dos estolões e início da tuberização. Não implica, todavia, que a giberelina seja o único fator que determina o início da tuberização, mas indiscutivelmente possui efeito negativo na tuberização (HAMMES & NEL, 1975). O conteúdo de giberelina em folhas e em tubérculos recém formados é significativamente menor que em folhas e estolões antes da formação do tubérculo (BARROTI & HAYASHI, 2005).

O ácido abscísico (ABA) é considerado como um regulador que reduz os efeitos da giberelina em plantas. Mas os efeitos do ABA no alongamento, iniciação e crescimento do tubérculo não estão totalmente claros. O teor endógeno de ABA em condições indutoras de tuberização é alto e uma redução foi observada quando o nitrogênio foi fornecido durante a formação do tubérculo. Talvez o ABA não tenha um

papel direto no processo de tuberização, mas um efeito promotor devido sua ação antagonista a giberelina (BARROTI & HAYASHI, 2005).

O cultivo in-vitro de diferentes cultivares e linhagens transgênicas de *S. tuberosum* indicou que o ácido indol-3-acético (AIA) e cinetina agem de forma diferenciada: o primeiro aumenta o tamanho dos tubérculos e o segundo afeta seu número, sendo o grau de resposta a esses fitormônios dependente dos níveis de sacarose do meio de cultura e do genótipo do cultivar em estudo. Já as citocininas estariam envolvidas na indução de tubérculos por meio de estímulo das divisões celulares, que constituem uma das primeiras alterações morfológicas do processo de tuberização. Contudo, a parada de divisões celulares no meristema apical e posterior alongamento, divisão e deposição do amido nas células do meristema subapical do estolão não têm sido relacionados ao efeito desse hormônio (FIGUEIREDO-RIBEIRO & ALMEIDA, 2004).

O aumento do etileno nos tecidos das plantas depende do tipo e da intensidade do estress. Estolões de batata produzem etileno na presença de uma resistência mecânica presente no solo e, como resultado, a elongação é cessada e pode ser que o nível de giberelina nesse momento não seja suficientemente baixo para promover a tuberização. LUGTH (1964), reporta um crescimento extremamente vigoroso do estolão e atraso da tuberização quando os estolões se desenvolveram em ambiente sem resistência mecânica. Sendo assim, GRAY (1973) mostrou que a remoção da resistência mecânica, já nos estágios iniciais do desenvolvimento das plantas, induz a formação de estolões secundários e numerosos pequenos tubérculos, o que veio a ser confirmado por VREUGDENHIL & STRUIK (1989).

Recentemente foi observado que ácido jasmônico está envolvido na formação do tubérculo, atuando no alargamento do meristema, aumento na expansão celular, redução do comprimento do primórdio foliar e diferenciação inicial do tecido vascular, deste modo facilitando o movimento de substâncias para a ponta do estolão (BARROTI & HAYASHI, 2005).

Como um grande número de genes está envolvido no controle da tuberização, é provável que as condições indutoras do processo desencadeiem, simultaneamente,

mudanças nas concentrações de vários compostos por síntese e degradação destes. O balanço entre essas substâncias é que controlaria a tuberização (FIGUEIREDO-RIBEIRO & ALMEIDA, 2004). Além dos hormônios, outros fatores estão diretamente envolvidos no processo de tuberização, com destaque para os nutricionais (concentrações de nitrogênio (KRAUSS & MARSCHNER, 1982; DIAZ & MEDEIROS, 2005) e de cálcio (BALAMANI et al., 1986; PALTA & KLEINHENZ, 2003)) e ambientais.

Em relação aos fatores climáticos, a temperatura tem influência marcante no crescimento e desenvolvimento da planta de batata. Temperaturas altas estimulam a produção de folhagem, enquanto que as temperaturas mais baixas favorecem o crescimento do tubérculo (ZAAG, 1993).

Não é a capacidade de fotossintetizar que ditará a produção da cultura, e sim a fotossíntese líquida. Quanto maior a fotossíntese líquida maior será a produção. A temperatura é um dos fatores mais importantes, determinante na maior fotossíntese líquida, chegando a ser limitante à produção da batateira. Aceita-se como condições ideais para a cultura: um ambiente que proporcione um maior número de horas de luz, intensidade luminosa e mais dias com a temperatura entre 18 e 23°C durante o dia, noites frias e o mínimo possível de horas do dia com temperaturas maiores que 25°C (FONTES & FINGER, 1999).

O aumento na temperatura tem efeito acelerador sobre os processos químicos e biológicos, alcançando o nível ideal para fotossíntese em torno de 20°C a 25°C, observando um declínio nas temperaturas superiores a esse intervalo. Temperaturas noturnas acima de 20° C por mais de 60 dias podem inibir a tuberização (MIDMORE, 1987).

Em condições de altas temperaturas diurnas/noturnas (30°C/15°C), a produção do carbono na planta é afetada. Assim, a incorporação desse elemento no amido dos tubérculos é reduzida e, aumentada nos componentes da parte aérea, bem como no amido do caule (FONTES & FINGER, 1999).

Temperaturas mais elevadas causam exuberante crescimento da parte aérea, baixa fotossíntese líquida, alta respiração e baixa partição de matéria seca para os tubérculos. Entretanto, outros fatores do sistema de produção (genótipo, controle de

doenças, água, fertilização, manejo da cultura, etc.) interagem com as condições ambientais determinando o crescimento da parte aérea e a produção de tubérculos pela planta (FONTES & FINGER, 1999).

O comprimento do dia afeta o início da formação de tubérculos com respostas diferenciais entre cultivares. Geralmente, a redução no fotoperíodo acarreta redução no desenvolvimento vegetativo, supressão da floração, início precoce da tuberização, rápido desenvolvimento do tubérculo e maturação mais precoce, sendo estes efeitos mais marcantes em cultivares tardias do que as de maturação precoce (SOUZA, 2003).

O fotoperíodo e a intensidade luminosa, além do genótipo, podem interagir com a temperatura, o que torna mais difícil comparar resultados de diferentes estudos. Entretanto, uma intensidade luminosa reduzida, resultante do sombreamento ou da presença constante de nuvens, acarreta maior alongamento do caule e altura da planta, reduz o tamanho da folha, atrasa a iniciação do tubérculo e a senescência das folhas, e ainda diminui a produção de tubérculos por planta. Já uma alta intensidade luminosa, aumenta a fotossíntese, estimula a floração, aumenta a produção de matéria seca pela planta e acelera a iniciação e o desenvolvimento dos tubérculos (FONTES & FINGER, 1999).

Com relação a temperatura do solo, KINCAID et al. (1993) verificaram que, na faixa de 17° a 21°C e a 15 cm de profundidade, a cada incremento de 1°C na temperatura, houve 5% de decréscimo na porcentagem dos tubérculos de maior tamanho, com 10% de incremento nas batatas imprestáveis para o consumo após fritura. Resultados mostraram que a 17°C, a porcentagem de tubérculos de maior padrão foi de 94% do total produzido e apenas 6% da produção total foi inadequada para consumo após fritura, porém, estes números mudaram para 54 a 66%, respectivamente, em temperatura do solo de 21°C. Essa variação de temperatura foi conseguida com o manejo da irrigação.

CHIL et al. (2001) avaliaram a influência da temperatura da solução nutritiva (15°C, 20°C, 25°C e 30°C) na produção de minitubérculos de batata, cultivares Atlantic e Superior, em canteiros suspensos contendo areia e observaram um maior número de tubérculos planta⁻¹, da ordem de 30,7 e 40,2 para as cultivares Atlantic e Superior,

respectivamente, obtidos na temperatura de 15°C, significativamente superior às demais temperaturas avaliadas. Os menores valores, da ordem de 18,7 e 19,3 tubérculos planta⁻¹, para a mesma ordem de cultivares citadas, respectivamente, foram verificadas na temperatura de 30°C.

Segundo MORGAN (2005), em sistemas hidropônicos, a temperatura da zona radicular interfere na temperatura da solução nutritiva ao qual esta intimamente relacionada com a quantidade de O₂ dissolvida na solução. Com o aumento da temperatura da solução, o O₂ dissolvido que estava “aprisionado” desprende-se, em uma relação inversamente proporcional. O mesmo autor encontrou valores que, para as temperaturas em torno de 10°C, a oxigenação da solução era da ordem de 13 ppm, a 20°C a concentração de O₂ ficou na faixa de 10 ppm e, em soluções com temperaturas de 30°C a concentração de O₂ era de 7 ppm.

A temperatura média do solo mais favorável para produção de tubérculos é de 15°C a 18°C (HORTON, 1987). Temperaturas do solo abaixo de 12°C e acima de 28°C impediram a brotação da batata-semente, que ocorre melhor entre 21°C e 24°C. Durante a fase de formação dos tubérculos, a melhor faixa de temperatura média do solo situa-se entre 15 e 24°C. Temperaturas do solo muito elevadas podem estimular deformações tais como embonecamento ou formação de tubérculos secundários (LOVATO, 2005).

No Brasil, devido a nossa grande diversidade climática e grande extensão territorial, as condições climáticas permitem plantar e colher batata em todos os meses do ano, numa escala sucessiva de safras. Dependendo do clima de cada região de cultivo, podem ser realizadas três safras distintas: safra das águas (plantio de agosto a novembro); da seca (plantio de janeiro a março); e safra de inverno (abril a julho) (MIRANDA FILHO et al., 2003; FILGUEIRA, 2003).

2.2 Importância socioeconômica

O valor da produção mundial de batata foi de aproximadamente US\$ 63 bilhões, em 2003. Em 2005, foram produzidas 300 milhões de toneladas de batata em uma área

de 18 milhões de hectares, com a Europa participando com 42,4%, Ásia 39,2%, América do Norte e Central 9,1%, América do Sul 4,7% e África 4,1%. Na América do Sul, o Brasil é o segundo maior produtor de batata e está muito próximo do primeiro, o Peru. Enquanto o Brasil produziu cerca de 3 milhões de toneladas entre os anos de 2003 e 2005, o Peru produziu 3,15 milhões de toneladas (NAKANO & DELEO, 2006).

A batata é componente essencial na dieta da maioria das pessoas em todo o mundo, sendo base alimentícia de vários países, principalmente os de clima temperado. Considerado um alimento popular, depois do arroz, trigo e milho, esta cultura apresenta a maior fonte de subsistência da população mundial. É cultivada em mais de 125 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas (PEREIRA et al., 2005). Embora considerada a quarta fonte alimentar da humanidade, não constitui alimento básico para os brasileiros. Assim, enquanto que nos países europeus o consumo anual por pessoa ultrapassa 100 Kg, no Brasil não atinge 15 Kg. Uma das razões para esse baixo consumo é o preço elevado pago pelo consumidor, decorrente do elevado custo de produção no campo e por deficiências no abastecimento e na comercialização (FILGUEIRA, 2005).

Mesmo assim, no Brasil, a batata se destaca como a cultura olerácea de maior relevância econômica para o país. Contudo, muito há de se fazer para a expansão e o aprimoramento dessa cultura, o que envolve esforços da pesquisa, empresários rurais e autoridades (FILGUEIRA, 2005). Em 2004, a área cultivada com esta hortaliça foi de 138 mil ha, com uma produção aproximada de 3 milhões de toneladas e produtividade média de 21 t ha⁻¹ (IBGE, 2005). As regiões Sul e Sudeste são as principais produtoras brasileiras de batata. O estado de Minas Gerais vem desde 1995 ocupando a liderança nacional em produção, seguido pelos estados de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os quais responderam em conjunto, no ano de 2003, por aproximadamente 93% da produção nacional. Em relação as maiores produtividades, estas foram observadas nos estados de Goiás e Bahia com 34,9 e 29,2 t ha⁻¹, respectivamente; sendo as menores produtividades, no mesmo ano, observadas nos estados de Pernambuco e Paraíba, 5,2 t ha⁻¹ e 8,1 t ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2005). Mais recentemente, no entanto, vem ocorrendo um movimento migratório da

cultura no país, de regiões tradicionais do Paraná e São Paulo para o Triângulo Mineiro e a região do Alto Paranaíba, assim como para a Chapada Diamantina, na Bahia (AGRIANUAL, 2004).

A batata figura entre os dez principais produtos agrícolas brasileiros, representando um importante gerador de divisas para o agronegócio nacional. Em termos gerais, a cultura da batata responde por cerca de US\$ 400 milhões do Produto Interno Bruto (PIB) (MIRANDA FILHO et al., 2003).

O estado de São Paulo responde atualmente por aproximadamente 25% da produção nacional. A região de São João da Boa Vista, incluindo os grandes municípios produtores de Casa Branca e Vargem Grande do Sul responderam, no ano de 2004, por 30% de toda a batata produzida no estado, seguida de perto pela região de Itapetininga (27%). Juntas estas duas regiões produziram mais da metade da batata produzida no estado de São Paulo, cerca de 57%. Em seguida aparecem as regiões de Avaré (11%), Itapeva (8%), Bragança Paulista (8%) e outras (15%) (IEA, 2005).

Além de sua importância econômica, a bataticultura reveste-se, ainda, de grande importância social, evidenciando os benefícios dessa hortaliça para sociedade como alimento substancialmente nutritivo e potente fonte de geração de emprego e renda. Embora tecnificada, a cultura da batata ainda é praticada em muitos estados por pequenos produtores com modos de exploração típica de agricultura familiar. Estudos desenvolvidos pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA-SP), no ano de 1997, revelam que só no setor de produção, cada hectare de batata pode gerar anualmente de 3 a 4 empregos diretos. Com base nesta estimativa, calcula-se que a área total cultivada com batata pode sustentar, anualmente, mais de 415 mil empregos diretos na agricultura, sem contar os empregos em outras atividades da cadeia produtiva relacionados à produção e distribuição (VILELA et al., 2005).

2.3 Batata-semente

Cerca de 15% da produção mundial de batata destina-se às sementes, podendo ser menor este percentual, cerca de 10%, em países onde a produtividade é considerada alta. A Holanda e o Chile chegam a destinar 25% e 15% da produção,

respectivamente, para sementes, devido à exportação deste insumo para outros países. No Brasil, cerca de 13% da produção é destinada a sementes, mas, infelizmente, apenas 20% a 30% deste total representam sementes de qualidade controlada (PEREIRA & DANIELS, 2003).

A qualidade da batata-semente é medida pelo índice de degenerescência, que é o grau de perda de capacidade produtiva da semente quando utilizada em gerações sucessivas. A degenerescência é devida a duas causas: a fisiológica, que é afetada pela idade da semente, condições climáticas durante a tuberização e condições de armazenamento; e a fitopatológica, que é afetada pela infecção de vírus, bactérias, fungos e nematóides, durante o ciclo vegetativo e o armazenamento (HIRANO, 2003).

Após dois anos consecutivos de cultivo, a incidência de PVY em áreas de produção a partir de batata-semente pré-básica, hoje denominada de básica, nas regiões produtoras do Rio Grande do Sul e Santa Catarina apresentou índices da ordem de 58% das plantas amostradas, atingindo níveis altíssimos de até 67% em alguns cultivares específicos (DANIELS et. al., 2002). A presença de vírus na batata-semente e posterior transmissão pelo plantio sucessivo de material infectado é um dos fatores que contribui para a rápida degenerescência da cultura. Tem-se como exemplo, a alta incidência do vírus-do-enrolamento-da-folha (PLRV), que pode determinar redução de até 40% na produtividade (HIRANO, 1987).

É nesse contexto que a utilização de sementes de alto padrão genético e fitossanitário é fundamental para exploração comercial da batata e merece atenção especial por parte do produtor. Dentre outras razões, isso se faz necessário por ser também a semente o componente mais alto no custo de produção (30 a 40%) e por ter reflexos diretos na produtividade e qualidade dos tubérculos (ASSIS, 1999).

A cultura da batata começou a apresentar maior expressão no Brasil a partir de 1900, mas foi somente após a década de 1950 que medidas foram tomadas para efetuar a certificação da batata-semente. HIRANO (2003) cita que a produção de batata semente certificada no Brasil começou na Cooperativa Agrícola de Cotia, no final da década de 50, com a multiplicação de batata-semente importada da Europa, por seus

associados. Em seguida, este processo atingiu parte do estado de São Paulo, Paraná e, na década de 70, o estado de Santa Catarina.

Paralelamente, nos anos 70, foi criada a Comissão Técnica de Batata-Semente no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, tendo início, dessa forma, a normatização dos critérios de produção de batata-semente. Após a instalação desta comissão, vários estados iniciaram programas de certificação, como Minas Gerais, São Paulo, Paraná e outros (HIRANO, 1987).

As normas de produção variam de acordo com as classes e envolvem a origem e qualidade da semente inicial, isolamento do campo, época de plantio, controle preventivo de pragas e doenças, inspeções periódicas e erradicações, arranquio ou dessecação precoce das ramas, colheita, classificação, embalagem e armazenamento, durante o qual está sujeita a novos testes de sanidade. A adesão do produtor ou empresas aos programas de produção de semente é facultativa e o seu credenciamento depende tanto da infra-estrutura física, de mão-de-obra qualificada, do material disponível e da sua localização.

No Brasil, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução de Serviço CSM/DFIA/SDA/MAPA Nº 02/05, no processo de certificação, a batata-semente genética é aquela proveniente de material de reprodução sob a responsabilidade e controle direto de seu obtentor ou introdutor. A partir da semente genética tem-se a semente básica que pode ser multiplicada por até quatro gerações: G0 (muda, planta in-vitro e minitubérculo), G1 (primeira colheita em campo), G2 (segunda colheita em campo), G3 (terceira colheita em campo). Em seguida, a batata-semente certificada, que pode ser multiplicada por mais duas gerações, sendo denominada de certificada de primeira geração (quarta colheita no campo) e certificada de segunda geração (quinta colheita no campo). Quando se tratar de broto, este pertencerá à categoria do tubérculo que o originou. E, ainda, na inscrição de campos, o material de reprodução utilizado, quando importado, será enquadrado na categoria Básica G1, se atender ao padrão de categoria básica, constatado na análise de internalização.

Em 2005, foram importadas 2.233 toneladas de batata-semente. Os países baixos foram os principais abastecedores do mercado brasileiro (57,3%), seguido do Chile (16,6%), Canadá (14,9%), Reino Unido (5,5%), sendo o restante distribuído entre outros países europeus e a Argentina (AGRIANUAL, 2007). Contudo, de acordo com ANDREATTA (2006) há uma tendência de aumento na importação de batata-semente para os próximos anos, dada a necessidade constante de material de alta sanidade no país.

Na prática, há duas formas de obter material propagativo livre de viroses: a) pelo cultivo de sementes verdadeiras ou botânicas, visto que as viroses, em sua maioria, não são transmitidas pelas sementes, e b) pelo isolamento de ápices caulinares (meristemas), pressupostamente livres de patógenos e em meio de cultura artificial, sob condições controladas em laboratório (RESENDE & PAIVA, 1985).

No entanto, na maioria dos países produtores de batata, incluindo o Brasil, o uso de sementes verdadeiras se restringe apenas aos trabalhos com melhoramento genético, devido, principalmente, à variabilidade que este tipo de material pode apresentar quando utilizado em cultivo comercial, além dos problemas relacionados a falta de tecnologia de produção a partir deste tipo de material propagativo. Por conta disso, a introdução de técnicas de micropropagação e indexação de plantas, por meio da utilização de métodos de cultivo in-vitro e testes rápidos e sensíveis na detecção de vírus, tem proporcionado notáveis avanços na produção de batata-semente de alta qualidade no país (FORTES & PEREIRA, 2003).

Embora sendo rotineiramente utilizada na cultura da batata, a micropropagação ainda apresenta elevados custos, sendo importante, portanto, a busca de novos métodos que permitam o aumento da taxa de multiplicação de materiais comprovadamente livres de patógenos (FORTES & PEREIRA, 2003).

Para que os materiais de alta sanidade cheguem aos bataticultores em boas condições sanitárias e em breve espaço de tempo, devem ser multiplicados de maneira rápida e de forma que se previna a reinfecção por diversos patógenos (PEREIRA et al., 2001; MEDEIROS et al., 2001).

2.4 Sistemas hidropônicos

O sucesso da limpeza clonal por meio da técnica da cultura de meristemas, como estratégia de controle de doenças transmitidas via semente, depende de sistemas eficientes de multiplicação do material livre de fitopatógenos, de maneira a não comprometer a rápida disponibilização da semente deles originada (MEDEIROS, 2003).

Dentre os métodos empregados em diferentes países, como forma de substituir os métodos convencionais de produção de tubérculos-semente, destacam-se os sistemas hidropônicos (WHEELER et al., 1990; WAN et al., 1994; MURO et al., 1997; RANALLI, 1997; CHANG et al., 2000a; CHANG et al., 2000b; RITTER et al., 2001; ROLOT et al., 1999, 2002).

A utilização de técnicas de micropropagação e indexação de plantas aliadas a procedimentos mais eficientes, para multiplicação de batata-semente, dentre estas a utilização da hidroponia, tiveram impacto positivo no aumento da oferta, bem como na melhoria da qualidade do produto (PEREIRA & DANIELS, 2003).

Comparando os sistemas de cultivo em canteiro suspenso, vaso e hidroponia em colheita escalonada na produção de sementes pré-básicas de batata para as cultivares Monalisa e Agata, CORRÊA (2005), constatou que a produção de tubérculos de batata-semente por planta e por m^2 , no cultivo em hidroponia alcançou valores significativamente superiores na comparação com os demais sistemas. Em média, o número de tubérculos planta⁻¹ no cultivo em hidroponia foi superior em 288%, sendo a produtividade cerca de 3 e 5 vezes maior que nos cultivos em canteiros e em vasos, respectivamente. Na hidroponia foi possível obter cinco colheitas, duas a mais que nos outros sistemas de cultivo, além do que a retirada das plantas do substrato para colheita escalonada dos tubérculos nos sistemas de canteiros e vasos causaram injúrias no sistema radicular e conseqüente estresse na planta como um todo. Já na hidroponia, a colheita dos tubérculos foi feita sem a retirada das plantas do local, não danificando o sistema radicular.

ROLOT et al. (2002) trabalhando com um sistema hidropônico do tipo NFT modificado, listam como vantagens da produção hidropônica de batata-semente em

relação ao cultivo feito em substrato: a) economia de 60% de material originário da cultura de tecidos; b) um sensível aumento no número de minitubérculos por unidade de área; c) obtenção de minitubérculos de qualidade sanitária excelente; d) obtenção em quantidade satisfatória de minitubérculos de diâmetro padronizado; e) possibilidade de automação no manejo da solução nutritiva (ajuste do pH e da condutividade elétrica).

Segundo STRUIK & LOMMEN (1999) o uso de micro e minitubérculos de batata nos programas de produção de batata-semente pode reduzir o número de multiplicações no campo. VANDERHOFSTADT (1999), menciona que a produção de batata-semente em Mali, França, usando micro e tubérculos de batata nas condições daquele país, variou de 6 a 12 t ha⁻¹ para microtubérculos e 8 a 14 t ha⁻¹ para tubérculos.

CORRÊA (2005) não constatou diferenças significativas no que diz respeito ao número e comprimento de brotos de tubérculos produzidos em canteiros, vasos e hidroponia (NFT), e ressalta que devido aos mais altos índices de multiplicação e qualidade de tubérculos, o sistema hidropônico é considerado mais promissor para a cadeia produtiva da batata-semente.

O termo hidroponia ou hidropônico “hydroponics” (hydro-água, ponos-trabalho), foi utilizado pela primeira vez em 1937 pelo Dr. Willian F. Gerike, na Universidade da Califórnia, Estados Unidos. Este pesquisador foi quem popularizou o cultivo de plantas na ausência de solo (JONES JR., 1982). Entretanto, as primeiras experiências científicas com cultivo de plantas sem solo datam por volta do século XV. Porém há relatos na literatura que nos jardins suspensos da Babilônia; nos jardins astecas, no México, e nos jardins da China Imperial, plantas já eram cultivadas sem o uso do solo (RESH, 1995).

O primeiro sistema, desenvolvido pelo Dr. Gerike, considerado quase comercial e que também foi utilizado, por muitos anos, nas pesquisas científicas, era composto de tanques de concreto ou de plástico de 50 a 80 cm de largura, 15 a 25 cm de profundidade e de 1 a 10 metros de comprimento. Sobre os tanques foi colocada uma tela metálica para suportar uma camada de 3 cm de substrato (serragem, turfa ou palha). Como medida complementar, no sentido de melhorar o arejamento da solução

nutritiva, foi feito o borbulhamento com ar comprimido. Contudo, este sistema foi experimentado em diferentes países, mas não obteve sucesso comercial inicialmente, provavelmente devido às dificuldades encontradas na aeração de uma solução nutritiva profunda e aos problemas para apoiar as plantas num volume grande de líquido. No Japão, SUZUKI et al. (1984), descobriram que através da circulação da solução e da aeração forçada, poder-se-ia melhorar os resultados obtidos no sistema de canais profundos de Gericke.

As modificações para aperfeiçoar o sistema proposto por Gericke, deram origem aos atuais sistemas de cultivo hidropônicos. Segundo MARTÍNEZ (1999), essa diversidade é função da adaptação dos sistemas aos requerimentos morfológicos e fisiológicos de cada espécie cultivada. Segundo CASTELLANE & ARAÚJO (1994), todos os sistemas hidropônicos são adaptações de um único princípio básico de cultivo, onde os nutrientes são colocados a disposição do sistema radicular das plantas na forma de uma solução nutritiva.

Os sistemas hidropônicos podem, portanto, ser divididos em dois grupos quanto ao reaproveitamento da solução nutritiva: a) Sistemas fechados, estáticos ou recirculantes: quando a solução que banha as raízes não é perdida após passar pelo sistema e b) Sistemas abertos: quando a solução aplicada às plantas não retorna ao sistema de cultivo. Nesta última modalidade de cultivo pode haver o uso de substrato para sustentação das plantas (COSTA & GRASSI FILHO, 1999).

Mais recentemente, a utilização de sistemas de cultivo fechados tem crescido bastante. Como descrito por BAARS (1992), a nova legislação ambiental europeia indica que os produtores que utilizam ou que cultivam em ambiente protegido invistam em sistemas fechados de produção, pois o efluente das casas de vegetação pode ser mais facilmente captado, tratado e reutilizado.

Em relação aos sistemas de irrigação, RODRIGUES (2002) menciona que podem ser do tipo: a) gotejante: a solução nutritiva é distribuída por meio de tubos perfurados ou gotejadores; b) subirrigação: a solução nutritiva localizada em um reservatório abaixo do nível do suporte de sustentação das plantas é bombeada para os canais de cultivo e, ao atingir o nível desejado, retorna ao reservatório por gravidade; c)

nebulização: as raízes são pulverizadas intermitentemente com uma solução nutritiva; d) NFT: as raízes das plantas são dispostas no fundo dos canais de cultivo e recebem continuamente ou intermitentemente um filme de solução nutritiva; e) cultivo em tanques: o sistema radicular, ou uma parte dele se desenvolve em um tanque continuamente ou intermitentemente inundado com uma solução nutritiva bem arejada; f) Pavio: a solução nutritiva é fornecida às raízes por meio de substratos ou tiras capilares, pela ação da capilaridade.

Estes sistemas podem ser classificados, ainda, em ativos e passivos. Os sistemas que utilizam a pulverização, o bombeamento da solução nutritiva para os canais de cultivo ou oxigenação da solução nutritiva por meio de compressores de ar são denominados sistemas ativos. Nos sistemas passivos a solução nutritiva é levada às raízes pela capilaridade, utilizando substratos com esta atribuição ou tiras capilares (RODRIGUES, 2002).

Muitos dos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, principalmente em função do desconhecimento dos aspectos nutricionais desse sistema de produção que requer formulação e manejo adequado da solução nutritiva. Outro aspecto que interfere igualmente nos resultados está relacionado ao sistema de cultivo. Para se instalar um sistema de cultivo hidropônico é necessário que se conheça detalhadamente a estrutura básica que o compõe (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994; COOPER, 1996; FAQUIN et al., 1996, MARTINEZ & SILVA FILHO, 1997; FURLANI, 1998; FURLANI et al., 1999).

2.4.1 Técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT)

Dentre os diversos sistemas hidropônicos que não utilizam substratos, a Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT) “Nutrient Film Technique”, é a mais difundida no Brasil e no mundo (MORAES & FURLANI, 1999). Esta técnica preconiza a circulação contínua ou intermitente da solução nutritiva em canais de cultivo, os quais podem ter dimensões variadas e serem confeccionados por materiais diversos, sendo o PVC, polietileno, polipropileno, amianto e alvenaria os mais usuais (RESH, 1995).

Desenvolvida em meados da década de 60 pelo inglês Alan Cooper no Glasshouse Crops Research Institute (GCRI), na Inglaterra, as pesquisas com esta técnica também influenciaram outros sistemas hidropônicos (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994). No sistema NFT, a planta desenvolve seu sistema radicular de modo que 2/3 deste deve permanecer parcialmente submerso, retirando os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura da solução nutritiva, que é colocada à disposição da planta, na forma de um fluxo intermitente, e o 1/3 restante deve desenvolver-se ao ar livre, absorvendo oxigênio (FOSSATI, 1986).

O sistema hidropônico de cultivo “NFT” é fechado, ou seja, o fornecimento de solução nutritiva estocada em um reservatório é feito para os canais de cultivo por um conjunto moto-bomba, sendo que o retorno ao depósito ocorre por gravidade após circular pelo sistema radicular das plantas (FURLANI et al., 1999).

Os componentes básicos do sistema são formados por: a) uma série de canais paralelos onde se cultivam as plantas e que têm uma inclinação de 1% a 2%, para que a solução nutritiva flua constantemente no sistema; b) um tanque coletor, que tem como função armazenar a solução; c) bomba de impulsão da solução nutritiva desde o tanque coletor até a rede de distribuição que está localizada na parte superior dos canais de cultivo; d) canos coletores que recolhem a solução nutritiva e a conduzem de volta ao tanque (COOPER, 1973; BURRAGE, 1992; SCHWARZ, 1995).

Os reservatórios têm por finalidade armazenar a solução nutritiva em condições adequadas. Os que são utilizados em hidroponia podem ter diversas formas e serem formados de vários materiais. Entretanto, todos os tipos devem ter em comum a característica de não liberarem substâncias que interfiram na solução hidropônica e que não sejam tóxicas para as plantas. A forma, o tamanho e a localização dos reservatórios dependem da disponibilidade no mercado e da estrutura do sistema hidropônico adotado. Todos os reservatórios devem ter em comum a existência, em suas bases, de orifícios para o esgotamento, o que facilita a substituição da solução e a limpeza dos mesmos (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994).

Segundo FURLANI et al. (1999), a capacidade, em volume, do reservatório está diretamente relacionado ao número de plantas e o consumo de água e de solução

nutritiva da espécie a ser cultivada. Os mesmos autores ressaltam, ainda, que quanto maior a relação entre o volume de solução nutritiva do tanque e o número de plantas, menor serão as alterações químicas e de temperaturas no meio de crescimento. Entretanto, estas relações possuem um limitante, pois depósitos superdimensionados, além de proporcionar a elevação indesejada do custo do sistema, dificultam o manejo da solução. MEDEIROS (2003a) sugere como indicativo de volume do depósito a necessidade aproximada de dois litros de solução nutritiva por planta de batata.

Quanto ao fluxo de solução nutritiva no sistema NFT, RESH (1995), recomenda de 1 a 2 litros por minuto por canal. FURLANI et al. (1999) apresentam uma faixa mais ampla e variável em função das fases de desenvolvimento da cultura de trabalho. Recomendam os fluxos de 0,5; 1,5 e 5,0 litros por minuto para mudas, plantas de ciclo curto e plantas de ciclo longo, respectivamente. Especificamente para produção de batata-semente em sistema NFT, MEDEIROS (2003a) recomenda de 1 a 2 litros por minuto por canal.

RESH (1995) relaciona ainda o fluxo de solução ao comprimento dos canais de cultivo, recomendando fluxos maiores para canais mais longos. Um volume maior de solução nutritiva circulando veicula maiores teores de nutrientes e oxigênio, atendendo assim, de maneira uniforme, todas as plantas ao longo da linha. Contudo, CASTELANE & ARAÚJO (1994), FAQUIM & FURTINI NETO (1996) e FURLANI (1998), recomendam canais com no máximo 25 m de comprimento, a fim de evitar a formação de gradientes negativos na disponibilidade de oxigênio e nutrientes. Além disso, também sugerem que a declividade desses canais deve se situar na faixa de 1 a 3%.

No manejo do sistema deve-se considerar a inclinação correta dos canais, a altura da lâmina de solução, a frequência de funcionamento, bem como a parada do sistema para os diferentes estádios fenológicos, e condições climáticas da cultura. Além disso, deve-se enfatizar de maneira especial a resolução dos problemas que causam as elevadas temperaturas da solução nutritiva nos meses de verão e a falta de oxigênio que acarreta esta situação (RODRIGUES, 2002).

A temperatura da solução nutritiva é considerada a maior causa de instabilidade durante a produção e na qualidade do produto cultivado. Em locais com temperaturas

altas, o sistema NFT pode provocar aumento excessivo da temperatura na região do sistema radicular (LEE & TAKAKURA, 1995). Esse fato despertou o interesse de MATTOS et al. (2001), ao analisarem diferentes tipos de cobertura de bancada na produção de alface em sistema NFT. Eles observaram que as temperaturas no interior das canaletas de cultivo, independente do material de cobertura, foram sempre superiores às verificadas no ar ambiente e que a cobertura com o material Tetrapak® proporcionou menor temperatura no interior das canaletas e maior acúmulo de massa da matéria fresca das plantas.

A flexibilidade do sistema NFT possibilitou a sua adaptação a uma grande diversidade de culturas. Ao longo dos anos, conseguiu-se melhorias no sistema que proporcionaram alto rendimento e qualidade. Esta técnica é muito útil para a experimentação visando a determinação das necessidades de água e nutrientes das plantas. Também, a facilidade para controlar o ambiente radicular, através de práticas de aquecimento, variações da condutividade elétrica e programação de fluxos da solução nutritiva, permite um controle eficiente do crescimento da cultura. As mínimas quantidades de água e nutrientes empregadas fizeram com que esta técnica fosse altamente desejável em regiões com escassez de recursos hídricos. O menor emprego de água e nutrientes e o alto nível de automatização obtidos possibilitam um alto rendimento econômico e um rápido retorno do investimento (BURRAGE, 1992; SCHWARZ, 1995).

Em um dos primeiros trabalhos com a produção de batata em hidroponia, HONGLAND (1950) descreveu um sistema de produção que consistia de tanques de cerâmica de aproximadamente $0,1 \text{ m}^3$, cobertos por uma de tampa de madeira, ambos com 0,36 m de diâmetro. No interior do recipiente e fixado a um orifício na tampa para o desenvolvimento da planta, foi construída uma câmara de tuberização com aproximadamente 0,1 m de profundidade, contendo na sua parte inferior uma tela plástica responsável pelo suporte das plantas. A solução nutritiva nesse sistema era aerada continuamente por meio de um tubo perfurado ligado a um compressor, na proporção de 6 litros de ar por hora. Segundo o autor, os resultados mostraram ser o cultivo viável, além de servir como instrumento para o estudo de deficiências

nutricionais em batata, bem como possíveis relações entre patógenos de solo e sistema radicular.

WHEELER et al. (1990), na estação da NASA – EUA “Kenedy Space Center”, conduziram um experimento no qual foram utilizadas bandejas de PVC de aproximadamente 0,18 e 0,41 m nas faces superior e inferior, respectivamente, 0,84 m de comprimento e 0,05 m de profundidade, cobertas com um filme de polietileno opaco na face inferior e preto na superior e em condições controladas de temperatura e luminosidade. Utilizando o princípio hidropônico NFT, estudaram o comportamento de duas cultivares ‘Denali’ e ‘Norland’, em duas densidades de plantio, 1 e 2 plantas por bandeja, respectivamente. Os resultados observados indicaram que para a cultivar ‘Denali’, não houve diferença em termos de produtividade, utilizando 1 ou 2 plantas por bandeja, aproximadamente 2,8 kg, diferentemente para a ‘Norland’ que obteve produtividade 25% maior quando se utilizou 2 plantas em comparação a 1 planta, 2,6 e 2,1 kg, respectivamente. Em relação ao número de tubérculos por planta, ambas as cultivares obtiveram maior número quando foi utilizado 2 plantas por bandeja, 50 e 40 tubérculos por planta para as cultivares ‘Denali’ e ‘Norland’, respectivamente; contra 36 e 26 tubérculo por planta, para a mesma seqüência de cultivares e 1 planta por bandeja.

ROLOT & SEUTIN (2002) descreveram um sistema hidropônico para produção de minitubérculos de batata que combinava a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) para distribuição da solução nutritiva e o uso de areia em recipientes ‘containers’ como zona de tuberização. Eles concluíram que minitubérculos de batata-semente podem ser produzidos neste sistema e que esta técnica aumenta o número de minitubérculos por área quando comparado aos métodos tradicionais de produção em solo.

MEDEIROS et al. (2002), trabalhando com pesquisas relacionadas a sistemas hidropônicos para produção de batata-semente na região Sul do Brasil, descreveram dois sistemas que utilizam a técnica de hidroponia NFT (Nutrient Film Technique). O primeiro, chamado de telha de fibrocimento, baseia-se numa plataforma de telhas de cimento amianto, com canais de 0,06 m de altura e espaçados de 0,18 m, recobertas

por um filme de polietileno, e assentadas sobre estrutura de madeira, a qual confere ao sistema uma declividade de 4%. Os canais da telha são preenchidos com uma camada de granito fragmentado (brita) de tamanho médio, utilizada como meio físico de sustentação das plantas. Sobre a brita é colocado um outro filme de polietileno, com o objetivo de evitar a penetração da luz no sistema radicular das plantas em desenvolvimento, o que prejudicaria a tuberização. Nesse sistema, a colheita é efetuada por ocasião do final do ciclo da cultura, por essa razão, de forma semelhante às condições de campo, os tubérculos formados apresentam grande variabilidade de tamanho e peso, podendo atingir valores superiores a 250 g ou mesmo serem descartados pelo tamanho excessivamente reduzido. Há uma predominância de tubérculos grandes, com mais de 50% do material sendo classificado como tipo I e II, o que indica sua adequação para produção de tubérculos destinados a um subsequente plantio em condições de campo.

O segundo, denominado de calha articulada, consiste na sobreposição de duas calhas de PVC, montadas sobre suportes de madeira numa declividade de 4%. A calha superior é fixa, com orifícios de 25 mm de diâmetro espaçados de 0,15 a 0,20 m. A calha inferior, por onde circula a solução nutritiva, é articulada, podendo ser afastada, expondo dessa forma os tubérculos em formação. Neste sistema, os minitubérculos podem ser colhidos tão logo atinjam o tamanho desejado, ou seja, a colheita é escalonada. Segundo MEDEIROS et al. (2002), essa prática estimula a diferenciação e formação de outros tubérculos e, ainda, a energia que seria normalmente utilizada para o aumento do tamanho dos mesmos, com a eliminação dessa demanda, é carregada para a formação de novos tubérculos, propiciando maiores taxas de multiplicação.

A comparação entre os sistemas evidencia a superioridade do sistema de calha articulada que proporcionou uma produção de 32,4 e 23,0 minitubérculos por planta para as cultivares 'Baronesa' e 'Eliza', respectivamente, quando comparado ao sistema de telhas de fibrocimento que proporcionou uma produção de apenas 10,9 e 8,6 minitubérculos por planta, para a mesma ordem de cultivares, respectivamente (MEDEIROS et al. 2002).

2.4.2 Técnica do fluxo profundo (DFT)

Ao longo da trajetória do desenvolvimento dos sistemas hidropônicos e tentando aperfeiçoar o sistema do Dr. Gericke, em razão dos problemas ligados à falta de arejamento (principalmente em regiões de clima excessivamente úmido), e a área limitada dos tanques (em razão do peso do substrato) chegou-se ao sistema DFT (Deep Flow Technique) ou Técnica do Fluxo Profundo.

De acordo com VESTERGAARD (1984), estas modificações, principalmente no sentido de melhorar a eficiência no fornecimento de oxigênio para as raízes com a introdução da solução circulante no sistema de Gericke, foram a base do sistema DFT. Nesse sistema, as plantas são cultivadas em recipientes cuja profundidade da solução nutritiva varia, dependendo da cultura, de 0,05 a 0,25 m, podendo, inclusive, em alguns casos, ser mais profundos.

Segundo FURLANI et al. (1999), no sistema DFT ou “floating”, a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (0,05 a 0,20 m), na qual as raízes ficam submersas. Não existem canais e, sim, uma mesa plana em que a solução circula por meio de um sistema de entrada e drenagem característico. No entanto, RODRIGUES (2002) menciona que existem diversos sistemas hidropônicos desenvolvidos em diferentes países e baseados na técnica DFT, dentre eles: o sistema de cultivo flutuante “floating” (JENSEN, 1981), sistema de bandeja flutuante com fluxo intermitente (THOMAS, 1993), sistema de fluxo e refluxo (BUWALDA et al., 1994), sistema hidropônico japonês (SUZUKI & SHINOHARA, 1984) e sistema hidroaeropônico (SOFFER & LEVINGER, 1980).

No Japão, por exemplo, os tanques ou canais de cultivo são construídos de concreto revestidos com plásticos ou são unidades pré-fabricadas de plástico com dimensões padronizadas, podendo variar de 3 a 20 m de comprimento por 0,6 a 1 m de largura e de 0,06 a 0,20 m de profundidade (SUZUKI et al., 1984). Em todos os sistemas a preocupação básica é com a oxigenação. Nesse caso, pode ser utilizado ar comprimido bombeado até os canais de cultivo ou a oxigenação se dá por meio da circulação da solução através de venturês.

Dentre as principais vantagens do sistema DFT em relação ao NFT pode-se citar: 1) o menor custo na construção; 2) o alto poder tampão pela utilização de um volume muito grande de solução nutritiva por planta; 3) a menor possibilidade de perda total da produção devido a problemas no sistema de alimentação ou falta de energia quando o produtor não possuir um gerador, em função da constante camada de solução nutritiva que fica à disposição das plantas (ZERONI et al., 1983).

Embora a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) seja predominante no cultivo hidropônico, principalmente de hortaliças folhosas no Brasil, é possível que alguns estados do Nordeste já estejam apresentando tendência em adotar a técnica do fluxo profundo (DFT), em razão das temperaturas mais altas encontradas nestes estados (RODRIGUES, 2002).

2.4.3 Aeroponia

Aeroponia é um sistema hidropônico onde o sistema radicular das plantas é confinado em um ambiente que é continuamente ou descontinuamente saturado com pequenas gotas (névoa ou aerosol) de solução nutriente (RODRIGUES, 2002; CRISTIE & NICHOLS, 2004;).

Esta técnica pode ser aplicada com sucesso, obtendo ótimas produtividades para diferentes espécies, incluindo a alface (JENSEN & COLLINS, 1985) tomate (BIDDINGER et al., 1998), pepino (PARK et al., 1997), plantas ornamentais e flores (MOLITOR et al., 1999), assim como para plantas medicinais (HAYDEN, 2004). Estudos estão sendo desenvolvidos com outras culturas como aspargo e batata-doce (CHRISTIE & NICHOLS, 2004).

Trabalhando com a cultura da batata, RELLOSO et al. (2000) estudaram a produção de minitubérculos de semente pré-básica, cultivar 'Nagore', em sistemas de cultivos convencional (bancadas de 1,55 x 11 m, contendo camada de 0,2 m de substrato), hidropônico (bancadas com a mesma dimensão da anterior, mas preenchidas com perlita de 2 a 6 mm) e aeroponia (caixas de formato retangular com 0,59 m de altura, 0,41 m de largura e 0,79 m de comprimento). Segundo os autores, o

rendimento médio foi de 6,6; 5,2; e 11,6 minitubérculos por planta, para os sistemas convencional, hidropônico e aeropônico, respectivamente. A maior produtividade no sistema aeropônico, em termos de minitubérculos planta⁻¹, deve-se ao maior número de colheitas (colheita escalonada) realizadas nesse sistema, evitando com isso tubérculos excessivamente grandes.

O sistema aeropônico pode ser encontrado na forma de módulos retangulares, painéis inclinados ou armações do tipo A e em tubos verticais de PVC que, além de servir de suporte para as plantas, mantém as raízes suspensas no escuro para serem pulverizadas com uma solução nutritiva a intervalos regulares. Esse sistema tem sido utilizado também para estudos sobre deficiências nutricionais, processos bioquímicos e moleculares nas raízes, desenvolvimento e exsudação das raízes e resposta da planta à salinidade (BIDDINGE, 1998).

Geralmente, nos sistemas de cultivo sem solo, um fator limitante ao desenvolvimento das plantas é o teor de oxigênio disponível. Devido ao excesso de água nos substratos e o pequeno volume dos canais de cultivo, o processo de respiração pelas raízes fica seriamente comprometida. No sistema aeropônico, esta é uma premissa superada e uma vantagem já na concepção do sistema de cultivo. Além disso, no sistema aeropônico, por não haver nenhum tipo de impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, sugere-se que a emissão de novas raízes e estolões seja facilitada, contribuindo para o aumento no número de minitubérculos por planta (FACTOR & ARAÚJO, 2005).

Dentre os sistemas de produção que mais se adaptam às condições tropicais, estão o sistema DFT ou “floating”, por permitir uma maior estabilidade da temperatura ideal para a solução nutritiva, e a aeroponia, pela oxigenação do sistema radicular. Porém, as desvantagens para aplicação destes sistemas no Brasil são: o alto custo inicial, para o caso da aeroponia, e a grande profundidade do reservatório de solução nutritiva, para o DFT, que consome grandes quantidades de sais e possui elevado consumo de energia elétrica para a oxigenação da solução nutritiva, realizada por sistema venturi e moto-bomba (MARY, 2005). Outra desvantagem da aeroponia é 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).

No entanto, NICHOLS (2005) menciona que altas produtividades no campo começam com a produção e utilização de batata-semente de alta qualidade sanitária e, invariavelmente, a chave nesse processo é a redução do número de gerações de multiplicação necessária para se formar um estoque de batatas-semente consideradas de elite. Nesse sentido, a multiplicação em sistemas aeropônicos pode diminuir o número de gerações de batata-semente no campo, diminuir os custos de produção e aumentar a qualidade fitossanitária das sementes para a primeira geração de produção de batata-consumo no campo. No mesmo trabalho, o autor cita produtividades de até 37,34 minitubérculos por planta, com peso médio de 2,45 g, em sistema de aeroponia, na Universidade de Massey, Nova Zelândia.

Segundo RODRIGUES (2002), não restam dúvidas que a aeroponia é uma técnica bastante promissora, apesar das desvantagens e, para seu aperfeiçoamento, estão faltando estudos, principalmente, sobre: a) aproveitamento de luminosidade pelas plantas; b) cultivares mais adaptadas; c) densidade de plantio; d) duração e intervalo entre pulverizações; e) a influência dos fatores ambientais e f) a solução nutritiva mais adequada.

2.5 Viabilidade econômica

No momento atual, é importante ampliar o número de opções, seja com novos produtos e/ou diferentes métodos de cultivo, sendo essencial um estudo de viabilidade econômica que auxilie o produtor a decidir por uma cultura ou tecnologia que proporcione menores riscos do capital investido e garanta sua permanência na atividade agrícola. Assim sendo, a incorporação de tecnologia visando produtividade, qualidade e eficiência é fundamental para garantir um produto competitivo no mercado (BUENO, 1996). Dentre as novas tecnologias utilizadas, o cultivo sem solo, neste caso

a hidroponia, vem se apresentando como meio alternativo para a produção de hortaliças, visando maximizar a produção e obter plantas de alto nível de sanidade.

No Brasil, trabalhos com produção de batata-semente hidropônica foram realizados inicialmente na EMBRAPA (MEDEIROS et al., 2002). A utilização de sistemas hidropônicos para produção de sementes pré-básicas de batata mostra-se como uma técnica vantajosa, pois aumenta substancialmente a produtividade, reduz custos e pode eliminar riscos de contaminação por patógenos de solo (CORRÊA, 2005).

Os custos de implantação de um sistema hidropônico para alface, segundo FAQUIN et al. (1996) e MARTINS & SILVA (1997) são bastante variáveis, especialmente em função da estrutura utilizada. Geralmente, esse custo é estimado em 15 a 20 mil reais para uma estrutura capaz de produzir dez mil plantas por mês.

De acordo com CORRÊA (2005), o preço médio de mercado da batata-semente pré-básica, hoje denominada básica, segundo pesquisadores da EMBRAPA Clima Temperado, é de R\$ 0,20 o tubérculo (dados do ano de 2004). No sistema de hidroponia é possível reduzir este custo para R\$ 0,02 o tubérculo e, ainda, a técnica dispensa a rotação de culturas dentro da propriedade, precaução necessária para que patógenos do solo não comprometam a safra seguinte.

Analisando a viabilidade econômica da produção de alface em hidroponia, de cinco estufas na região de Colombo - PR, SILVA & SCHWONKA (2001) obtiveram um tempo de retorno do investimento de 2,5 anos, considerando que 50% do lucro mensal era convertido em pagamentos do financiamento do projeto. O componente de maior expressão no custo de implantação do projeto foi a aquisição e montagem das estufas e o que menos onerou foram os insumos. Porém, BUENO (1996) obteve um tempo de retorno de um ano e sete meses e 59% de taxa interna de retorno (TIR) ao final do projeto, ressaltando-se que neste caso a atividade se mostrou bastante atrativa perante outras atividades agrícolas.

No estudo do custo de produção, deve-se realizar uma análise de rentabilidade e viabilidade econômica da atividade. Para tanto, alguns indicadores são utilizados, como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício/custo, os

quais são obtidos a partir do fluxo de caixa da atividade. O VPL, que corresponde a soma algébrica dos valores do fluxo líquido do projeto, subtraído da taxa de desconto atualizada referente à atividade ou projeto é o indicador básico de análise de viabilidade de projetos, sendo considerado economicamente inviável se o VPL for menor que zero (AZEVEDO FILHO et al., 1995).

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros que iguala o valor dos benefícios do projeto ao valor presente de seus custos, sendo um projeto economicamente viável se apresentar TIR superior ao custo de oportunidade do investidor. Entretanto, a TIR possui algumas limitações, razão pela qual não deve ser utilizada como único método de avaliação de projetos, mas, sim, estar sempre acompanhada do VPL (ROSS et al., 1996). A relação benefício/custo (B/C) representa o rendimento do projeto em valores atuais absolutos, para cada unidade de custo.

No processo de adoção de um sistema de cultivo hidropônico que melhor se adapte às condições exigidas pelo produtor, devem ser levadas em consideração as variações de clima da região, a disponibilidade de material para construção, a necessidade de gerador para cobrir eventuais falhas de energia elétrica, a oferta de mão-de-obra, a produtividade do sistema, o mercado consumidor e, principalmente, a relação benefício/custo (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994; RODRIGUES, 2002). No Brasil, pela recente introdução da hidroponia na produção de minitubérculos de batata-mente, muitas pesquisas necessitam ser realizadas, principalmente no que diz respeito a viabilidade econômica de diferentes sistemas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no período de maio a setembro de 2005, em área experimental do Setor de Plasticultura, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural, nas dependências da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, cujas coordenadas geográficas são 21°15'15" Latitude Sul,

48°18'09" Longitude Oeste e altitude média em torno de 595 m. O clima de Jaboticabal - SP é classificado como subtropical com chuvas de verão, inverno relativamente seco, com precipitação pluvial média de 1.424,6 mm anuais e temperatura média anual de 22,2°C, temperatura máxima média anual de 28,9°C e mínima de 16,8°C (ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA, 2005).

Os dados climáticos, radiação solar global e temperaturas máxima, mínima e média do ar, observados no ambiente protegido durante a condução do experimento, encontram-se apresentados na Figura 1.

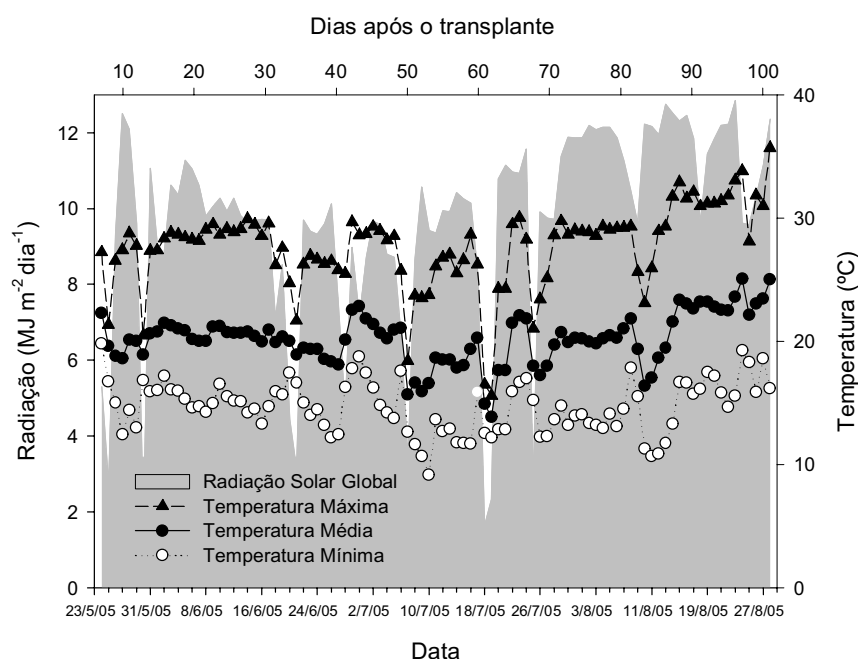


Figura 1. Radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) e temperaturas máximas, mínimas e médias ($^{\circ}\text{C}$), registrados diariamente durante o período experimental e no interior do ambiente protegido. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

3.2 Ambiente protegido

A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido do tipo capela não-climatizado, com orientação Leste-Oeste e inclinação da cobertura de 22° em relação a horizontal, construído em estrutura metálica (ferro galvanizado), possuindo dimensões 10 x 10 m e altura do pé direito de 4,0 m. Na cobertura da estrutura foi utilizado o polietileno de baixa densidade (PEBD) transparente com espessura de 0,150 mm. Nas laterais, tela

antiafídica branca da superfície do solo à extremidade do plástico de cobertura. Para cobertura do solo foi utilizado uma camada de 5 cm com pedra brita nº 2.

3.3 Cultura e cultivares

A cultura utilizada nesta pesquisa foi a batata (*Solanum tuberosum* L.), sendo estudadas as cultivares Agata e Monalisa, de origem holandesa. A cultivar Monalisa possui hábito de crescimento semi-ereto, hastes pouco numerosas, com folhas e folíolos grandes. O ciclo varia de 90 a 110 dias e produz tubérculos de formato oval-alongado, uniformes, com película amarela lisa, olhos superficiais e cor de polpa amarelo-clara. A cultivar Ágata possui plantas com bom desenvolvimento vegetativo, porte baixo e decumbente, hastes finas e numerosas, com folhas grandes e coloração verde claro. A planta é de maturação precoce a muito precoce e alto rendimento produtivo. Os tubérculos são graúdos, ovalados, uniformes, tendo película amarela e lisa-brilhante, olhos superficiais e polpa também amarelo-clara. Atualmente é a cultivar mais plantada no Brasil.

3.4 Sistemas hidropônicos

Para produção de minitubérculos foram utilizados os sistemas hidropônicos NFT (Nutrient Film Technique) ou Técnica do Filme de Nutrientes, DFT (Deep Flow Technique) ou Técnica do Fluxo Profundo e aeroponia (Cultivo no ar), conforme descrição a seguir:

3.4.1 Sistema hidropônico NFT

O sistema NFT (calha articulada) seguiu as orientações e descrição citadas por MEDEIROS et al. (2002), onde a estrutura básica constitui-se de duas calhas de PVC (125 mm) sobrepostas, sustentadas por suporte de madeira de 2 m de comprimento e 1,2 m de altura na extremidade mais alta, posicionadas com declividade de 4%. A calha

superior, com função de tutoramento das plantas é fixa, possuindo orifícios de 25 mm de diâmetro, espaçados de 15 cm. A inferior é móvel e fixa nas laterais do suporte de madeira por uma barra de ferro de ½ polegada que atravessa o eixo de maior comprimento da calha, proporcionado a articulação da mesma.

O plantio foi feito na calha inferior, região por onde circula a solução nutritiva e local no qual raízes e tubérculos se desenvolvem. Como medida complementar, no sentido de evitar a entrada de luz no sistema radicular das plantas, que prejudicaria a emissão de estolões e tubérculos, foi fixado um filme de polietileno preto, com 0,4 m de largura e 2 m de comprimento, ao longo de toda a borda da calha superior, envolvendo posteriormente a calha inferior e prendendo-o na borda externa daquela calha.

Para condução das plantas foram fixados sarrafos de madeira de 50 x 20 mm nas extremidades dos canais de cultivo, estendendo-se, posteriormente, arames (nº 14) por toda a linha de cultivo, espaçados de 10 cm. A distribuição da solução nutritiva foi feita com auxílio de uma bomba centrífuga elétrica, marca KSB®, de 0,5 cv e controlada por um temporizador do tipo eletromecânico, marca Cohel®, sendo que o fluxo de solução foi da ordem $1,5 \text{ L min}^{-1}$ por canal. O tempo de funcionamento do sistema foi de 15 minutos ligado e 15 minutos desligado, das 6:00 às 21:00 h e no período noturno este período foi aumentado para intervalos de 30 min das 21:00 às 6:00 h, conforme recomenda MEDEIROS et al. (2002).

3.4.2 Sistema hidropônico DFT

Nesse sistema foram utilizadas duas canaletas de fibrocimento trapezoidais, com dimensões de 0,18 m, 0,40 m e 0,20 m, para a base menor, base maior e altura, respectivamente; e comprimento de 2 m (Figura 2A), recobertas por um filme de polietileno preto e sustentadas por uma estrutura metálica de 1 m de altura mantida no nível, sem declividade (Figura 2B). No interior destas canaletas foi colocado um suporte (tela) metálico com malha de 2 polegadas a 8 cm de altura, sob o qual foi fixado uma tela de polipropileno preto (30%), de maneira a permitir que o sistema radicular atinja a camada de solução nutritiva, mas não a maioria dos estolões, formando uma zona de

tuberização e facilitando com isso a diferenciação dos estolões e a colheita escalonada sobre a tela (Figura 2F). No intuito de manter uma camada permanente de solução nutritiva, o que caracteriza o sistema DFT, foram instalados “ladrões” de 6 cm de altura nas saídas das canaletas de cultivo. No espaço entre a tela e a lâmina de solução nutritiva de 6 cm, formou-se uma camada de ar de aproximadamente 2 cm, responsável por auxiliar na respiração das raízes (Figura 2D).

O recalque da solução nutritiva foi feito com o auxílio de uma bomba centrífuga elétrica, marca KSB®, de 0,5 cv e conduzida até as bancadas de cultivo por meio de tubos de PVC de $\frac{3}{4}$ de polegada. O retorno desta solução ocorria através de uma tubulação de polietileno preto de $\frac{3}{4}$ de polegada, ligada a uma tubulação de PVC de 100 mm, instalada abaixo de cada bancada de cultivo e interligada com o reservatório de armazenamento. Para oxigenação da camada de solução nutritiva foram adaptados injetores do tipo “venturi”, construídos na extremidade da própria tubulação de distribuição de solução nutritiva com tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ polegada e na forma de tê (T), aproveitando a pressão e vazão da bomba e evitando com isso a instalação de um sistema auxiliar de injeção de ar (Figura 2C).

De maneira a evitar entrada de luz no sistema radicular das plantas foi colocado um filme dupla face de polietileno com a cor branca para cima e preta para baixo sobre as canaletas de cultivo. Posteriormente as plantas foram transplantadas em orifícios abertos na forma de cruz neste filme plástico, no espaçamento de 0,15 x 0,15 m. Para condução das plantas foram fixadas duas chapas de ferro fundido (20 x 5 mm) nas extremidades das canaletas de cultivo e, na medida em que as plantas se desenvolviam, foi sendo estendido arames (nº 14) por toda linha de cultivo e no intervalo de 10 cm, de maneira a evitar o acamamento das mesmas (Figura 2E). A circulação da solução nutritiva foi controlada por um temporizador do tipo eletromecânico, marca Cohel®, com escala de 15 min, sendo que o fluxo de solução foi da ordem $5,0 \text{ L min}^{-1}$ por canal. O tempo de funcionamento do sistema foi de 15 minutos ligado e 45 minutos desligado das 6:00 às 21:00 h e 15 minutos ligado a cada 2 horas no período noturno das 21:00 às 6:00 h, de maneira a permitir a renovação e oxigenação da solução nutritiva.



Figura 2. Detalhes do sistema DFT desenvolvido para a produção de minitubérculos de batata semente básica. A) Canaletes de fibrocimento utilizados para confecção do sistema; B) Operação de revestimento dos canaletes; C) Detalhe do sistema de distribuição e oxigenação da solução nutritiva; D) Camada de ar abaixo da tela de suporte; E) Sistema de tutoramento e visão geral do desenvolvimento das plantas aos 50 D.A.T; F) Detalhe da tuberação sobre a tela. FCAV/UNESP, 2006.

3.4.3 Sistema aeropônico (Aeroponia)

No sistema aeropônico, as plantas se desenvolveram em uma câmara (caixa) de fibra de vidro, com dimensões de 2,0 m de comprimento, 0,5 m de largura, 0,6 m de altura e de 3 a 5 mm de espessura de parede (Figura 3A).

A solução nutritiva foi nebulizada em pequenas gotas por meio de nebulizadores de alta pressão e baixa vazão diretamente no sistema radicular, que crescia dentro da caixa e suspensos na câmara de ar (Figura 3C). Os nebulizadores, marca NAADANN®, modelo Fogger, com vazão de 14 L h^{-1} a 4 atm, foram dispostos em número de três por linha lateral, num total de 4 linhas laterais e, conseqüentemente, 12 nebulizadores e 168 L por caixa (Figura 3B). Na tampa das caixas foram feitos orifícios de 0,05 x 0,05 m e no espaçamento de 0,15 x 0,15 m, a semelhança do sistema NFT e DFT. Apoiadas nestes orifícios foram construídas pequenas estruturas metálicas de 0,05 m de largura e 0,10 m de altura, de maneira a acondicionar e promover suporte para as mudas, formadas em espuma fenólica (Figura 3D).

Na condução das plantas foram utilizados fios de arame (nº 14) fixados nas extremidades por meio de cantoneiras de ferro fundido (20 x 20 x 5 mm) e dispostos paralelamente às caixas em intervalos de 10 cm (Figura 3E).

A colheita dos minitubérculos foi feita através de janelas laterais construídas para tal finalidade. As janelas, com dimensões de 60 cm de comprimento por 40 cm de largura, foram fixadas por meio de dobradiças e dispostas em número de duas por caixa de cultivo (Figura 3F).

Para distribuição da solução nutritiva nesse sistema foi utilizada uma bomba submersa elétrica, marca Anauger®, de 0,3 cv. A solução nutritiva foi conduzida até as bancadas de cultivo por meio de tubos de polietileno preto de $\frac{3}{4}$ de polegada. O retorno da solução nutritiva se deu por gravidade por meio de uma tubulação de polietileno preto de $\frac{3}{4}$ de polegada, ligada a uma tubulação de PVC de 100 mm, instalada abaixo de cada bancada de cultivo e interligada com o reservatório de armazenamento.



Figura 3. Detalhes do sistema Aeropônico desenvolvido para a produção de minitubérculos de batata semente básica. A) Construção do sistema aeropônico; B) Sistema de nebulização em funcionamento e detalhes das linhas laterais; C) Desenvolvimento do sistema radicular aos 14 D.A.T; D) Estrutura de acondicionamento das mudas; E) Sistema de tutoramento e visão geral do desenvolvimento das plantas aos 40 D.A.T; F) Janelas laterais para auxiliar na colheita dos minitubérculos. FCAV/UNESP, 2006.

O tempo de nebulização adotado no sistema aeropônico foi modificado em função do ciclo e necessidade fisiológica da cultura, através de observações visuais do estado de turgescência das plantas e por meio de um temporizador eletrônico conectado a um microcomputador. Do início aos 15 D.A.T., o tempo de funcionamento do sistema foi de 15 s ligado e 15 s desligado. A partir dos 15º e até o 60º D.A.T., 15 s ligado e 30 s desligado e, finalmente, do 60º até os 100º D.A.T., 15 s ligado e 60 s desligado, no horário das 6:00 às 21:00 h. No período noturno, ou seja, das 21:00 às 6:00 h, o tempo de funcionamento foi de 15 s ligado a cada 5 min, durante todo o período experimental.

3.5 Composição e manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva utilizada foi a mesma para os três sistemas hidropônicos estudados, adaptada de MEDEIROS et al. (2002) e ROLOT et al. (2002), cujas concentrações encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Concentrações de macro e micronutrientes em mg L⁻¹ utilizada na presente pesquisa.

Nutriente (mg.L ⁻¹)												
NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	B	Cu	Mo
145	29	40	295	162	40	64	2,0	0,3	1,0	0,3	0,05	0,05

O manejo da solução nutritiva constou da reposição diária da quantidade de água consumida pelas plantas e perdida por evaporação, bem como a correção do pH e condutividade elétrica da solução nutritiva (C.E.), conforme a necessidade de ajuste, mantendo o pH entre 5,5 a 6,0 e C.E. entre 1,8 e 2,3 mS cm⁻¹, por meio da adição de ácido ou base e solução estoque concentrada (5x).

3.6 Condução e manejo fitotécnico da cultura

As plântulas (mudas) foram adquiridas em laboratório de produção de mudas “in-vitro”, originadas a partir de meristemas e posteriormente formadas em bandejas de espuma fenólica de 54 células com dimensões de 5,0 x 5,0 x 3,8 cm.

Para aclimação das mudas, antes do transplante, foi construída uma mini-estufa no interior da própria estrutura de produção, possuindo dimensões de 3,0 x 2,0 x 2,5 m, com cobertura de tela termorefletora, piscina para acondicionamento das mudas e sistema de nebulização, de maneira a permitir um bom pegamento das mesmas. Durante esse período foi utilizada uma solução nutritiva com 25% da concentração total de nutrientes constantes na Tabela 1.

O transplante das mudas ocorreu aos 15 dias após aquisição das plântulas, em 18/05/2005, quando as plantas apresentavam de 4 a 5 folhas e aproximadamente 12 cm de altura.

O controle fitossanitário foi realizado de forma preventiva, utilizando-se para tanto os produtos Deltamtrim (Decis) na dose 1,0 L ha⁻¹, Metamidophós (Tamaron) na dose de 1,0 L ha⁻¹ e Abamectina (Vertimec) na dose de 0,5 L ha⁻¹ para o controle de pragas. No controle de doenças foram feitas aplicações de oxicloreto de cobre (Recop) na dose de 1,2 L ha⁻¹, Clorothalonil (Dacostar) na dose de 1,2 kg ha⁻¹, Metalaxyl-M+Mancozeb (Ridomil Gold Mz) na dose de 2,0 kg ha⁻¹, Femoxadone+Mancozeb (Midas-BR) na dose de 1,2 kg ha⁻¹, Azostrobin (Amistar) na dose de 1,2 kg ha⁻¹ e Piraclostrobina + Metiran (Cabrio Top) na dose de 3,0 kg ha⁻¹. No total foram feitas 15 pulverizações objetivando o controle fitossanitário.

3.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo os três sistemas de cultivo hidropônico (NFT, DFT e aeroponia) os tratamentos principais e as duas cultivares de batata (Agata e Monalisa) os tratamentos

secundários. Cada bloco continha duas repetições de cada sistema, num total de quatro blocos, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Esquema de análise de variância da presente pesquisa.

Fonte de Variação	G.L.
Blocos	3
Rep. (Blo)	4
Sistemas de Cultivo (SC)	2
Resíduo (a)	14
Parcelas	(23)
Cultivares (C)	1
SC X C	2
Resido (b)	21
Sub-Parcelas	(47)

Os resultados foram submetidos à análise com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS, 1996), utilizando-se o teste F para análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade e as interações, quando significativas, através de análise de regressão que melhor representou o comportamento da variável.

3.8 Colheita

As colheitas foram realizadas semanalmente, adotando-se o critério de colher os minitubérculos do tipo V (EMBRAPA, 2000), na faixa de 16 a 23 mm, conforme recomenda RELLOSO et al. (2000) e MEDEIROS (2003a), tendo início no dia 17/06/2005 e término dia 26/08/2005, num total de 11 colheitas.

3.9 Monitoramento e avaliação de elementos meteorológicos

As condições climáticas no interior do ambiente protegido foram monitoradas com o auxílio de um coletor de dados “Datalogger”, da marca Campbell Scientific Inc.

modelo CR 10X. O equipamento foi programado para coletar os dados de 10 em 10 segundos e armazenar as médias de 10 em 10 minutos. Esses dados foram descarregados com o auxílio de um display, modelo CR 10KD, da marca Campbell Scientific Inc. e de um módulo de memória, modelo SM 192, da mesma marca.

As variáveis micrometeorológicas monitoradas durante o período experimental foram:

a) Radiação solar global

Registrada por meio de um piranômetro da marca Ly-Cor modelo PY 23291, acoplado ao coletor de dados “Datalogger” CR 10X, instalado no centro do ambiente protegido e a 1,5 m de altura do solo.

b) Temperatura do ar

Obtida também a 1,5 m de altura e em 4 pontos distintos, um em cada quadrante do ambiente protegido, por meio de termopares do tipo T, confeccionados a partir da fusão de fios de cobre-constantan.

c) Temperatura nos sistemas hidropônicos

No interior de cada sistema hidropônico, na região do sistema radicular das plantas, aproximadamente 5 cm abaixo do nível da bancada, foram instalados sensores do tipo termopar de cobre-constantan e da mesma maneira das avaliações anteriores, acoplado ao “datalogger” CR 10X.

3.10 Características agronômicas avaliadas

3.10.1 Avaliação do crescimento das plantas

A análise do crescimento foi realizada com o objetivo de descrever as condições fitométricas das plantas de batata em diferentes intervalos de tempo, acompanhando a

dinâmica de produção de fotoassimilados em relação aos diferentes sistemas hidropônicos de cultivo e cultivares.

Para a determinação deste parâmetro, foram realizadas avaliações de crescimento e desenvolvimento das plantas aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após o transplante (D.A.T), conforme descrição abaixo:

a) Altura média das plantas

Nessa avaliação foram demarcadas cinco plantas representativas de cada parcela e de cada planta foi escolhida a maior haste para proceder as medições. Na determinação do comprimento médio das plantas utilizou-se uma régua graduada em centímetros, medindo-se a altura do início do colo da haste até o ápice desta, mantendo-a ereta durante o procedimento.

b) Número de hastes

Utilizando-se as mesmas plantas demarcadas para avaliação do item anterior, foi contado o número de hastes de cada planta em cada parcela experimental ao longo das sucessivas avaliações.

c) Número de folhas

Utilizando também as mesmas plantas demarcadas anteriormente, contou-se o número de folhas compostas em todas as hastes de cada planta, ao longo das cinco avaliações.

3.10.2 Características de produção dos minitubérculos

a) Peso médio dos minitubérculos

Este parâmetro foi obtido a partir da relação entre a produção total (g) e o número de minitubérculos colhidos por planta, em cada sistema hidropônico, e ao longo das sucessivas colheitas, com auxílio de uma balança digital, marca Bel Enggineering, modelo 3100 e precisão de 0,01g.

b) Diâmetro longitudinal e transversal dos minitubérculos

As medidas do comprimento longitudinal e transversal foram determinadas com auxílio de um paquímetro digital, marca Mitutoyo, modelo CD 6", série 500, com precisão de 0,1 mm, em uma amostra de, no máximo, 3 minitubérculos por planta escolhidos aleatoriamente, por ocasião das colheitas.

c) Número de minitubérculos por planta

A contagem do número de minitubérculos por planta foi obtida de forma manual e individualizada, separando-se os minitubérculos para os diferentes tratamentos em sacos plásticos previamente identificados, por ocasião das sucessivas colheitas.

d) Número de minitubérculos por m²

A partir da contagem do número de minitubérculos por planta foi possível determinar o número de minitubérculos por m² para os diferentes sistemas, em função da relação entre o número de plantas e a área ocupada por cada sistema, levando-se em consideração corredores de acesso e colheita.

3.10.3 Consumo e eficiência no uso da água/solução nutritiva

O consumo de água/solução nutritiva foi determinado por meio da medição diária do volume repostos nos tanques de armazenagem das soluções, com o auxílio de uma proveta graduada em mililitros e um balde graduado em litros, completando-se o volume para 1.000 L, ao longo de todo experimento.

A eficiência no uso da água/solução nutritiva foi obtida pela relação entre a produtividade, no que se refere ao número médio de minitubérculos planta⁻¹, nos diferentes sistemas hidropônicos e cultivares e o consumo de água/solução nutritiva durante o ciclo de cultivo, como mostra a equação (1), adaptada de DOORENBOS & KASSAN (1994).

$$EUA = \frac{P}{C} \quad (1)$$

em que:

EUA = eficiência no uso da água/solução nutritiva (minitubérculos L^{-1})

P = produtividade (minitubérculos planta $^{-1}$)

C = Consumo médio de água/solução nutritiva durante o ciclo da cultura (L planta $^{-1}$)

3.11 Análise econômica

Para avaliação econômica dos diferentes sistemas hidropônicos estudados utilizou-se como base os dados e resultados obtidos durante a realização desta pesquisa, a partir dos quais foi simulado a implantação de uma estrutura (ambiente protegido) de produção de 312,0 m², ou seja, um módulo de 8 m de largura e 39 m de comprimento, por se tratar de uma estrutura com dimensões consideradas comerciais.

3.11.1 Análise de investimento

3.11.1.1 Investimentos

O investimento refere-se ao capital empregado para construção do ambiente protegido, compra de materiais, equipamentos e acessórios necessários à montagem dos sistemas hidropônicos estudados. O horizonte do estudo de viabilidade econômica foi estimado em sete anos e, portanto, o valor residual refere-se ao valor dos bens com vida útil superior ao horizonte considerado. Deve-se salientar que o valor final foi considerado como zero, para todos os itens considerados como investimentos.

As especificações de cada item, bem como os dados e valores calculados foram obtidos da seguinte forma:

a) Custo de preparo e isolamento do terreno

Considerou-se um terreno com área de 1000 m², sendo 20 m de largura e 50 m de comprimento e declividade de 1,85%. Foi considerada a realização da terraplanagem para deixar o terreno em nível, sendo o pagamento estimado por hora máquina. Assim sendo, considerou-se R\$ 70,00 a hora máquina e 2 dias de 8 horas

para execução do serviço. No perímetro desta área estimou-se a instalação de uma cerca de alambrado de 2,0 m de altura, com postes de dimensões de 0,12 x 0,12 x 2 m distanciados 3 m um do outro, e malha metálica de 5 x 5 cm, de maneira a não permitir a entrada de animais e pessoas não autorizadas na unidade de produção.

b) Construção do ambiente protegido (estufa)

No que diz respeito ao ambiente protegido, comum para todos os sistemas hidropônicos de cultivo, considerou-se uma estrutura de 312 m², ou seja, um módulo de 39 x 8 m, construído em ferro galvanizado, com pé-direito de 4,0 m de altura e cobertura com filme plástico de polietileno de baixa densidade, com aditivos contra UV e difusor de luz de 150 µm de espessura. Nas laterais, tela antiafídica com malha de 0,2 x 0,2 mm e fixa em uma mureta de alvenaria com 30 cm de altura.

No interior desta estrutura (piso), uma camada de 5 cm de pedra brita nº 2. Na entrada da estufa, anti-sala com dimensões de 6 x 2 m e pé-dilúvio de 0,8 x 0,5 m, também revestida nas laterais por tela antiafídica e cobertura de polietileno de 150 µm de espessura.

c) Instalações para insumos e funcionários

Os funcionários, antes de adentrarem na estufa deverão estar vestidos adequadamente de maneira a diminuir os riscos de contaminação com patógenos. Para tanto, considerou-se a construção de um barracão com duas salas, com dimensões de 4 x 4 m (16 m²), com dois banheiros (masculino e feminino), sendo uma sala para funcionários e outra para acondicionamento dos insumos.

d) Instalações de abastecimento de água

Para o abastecimento de toda a estrutura de produção com água considerou-se a instalação de um reservatório externo de 20.000 L, ao lado do ambiente protegido, próximo ao reservatório interno de solução nutritiva, de maneira a agilizar o processo de reposição e manejo da solução nutritiva com água de boa qualidade.

e) Sistemas hidropônicos

No estudo foram considerados três sistemas hidropônicos de cultivo: NFT, DFT e aeroponia. Os detalhes de construção de cada sistema encontram-se apresentados nas páginas 31, 32 e 35, respectivamente, deste trabalho. Para fins de estudo de viabilidade econômica, contudo, será simulada a implantação de sistemas hidropônicos necessários a uma estrutura (estufa) de 312 m², conforme mencionado acima.

3.11.1.2 Despesas operacionais

As despesas operacionais incluem despesas com mudas (plântulas), mão-de-obra, insumos, materiais e outras despesas diretamente vinculadas ao processo produtivo, conforme detalhamento a seguir:

a) Mudas (plântulas)

Há uma variação nos preços das mudas provenientes da cultura de meristemas, principalmente em função das cultivares e volume adquirido. No entanto, nesta pesquisa foi adotado o preço médio de R\$ 1,00 por plântula de batata, conforme pesquisa realizada junto a empresas e laboratórios especializados, e referem-se ao mês de setembro de 2006.

b) Mão-de-obra

Para manutenção diária de uma estrutura de 312 m² seria necessário mão-de-obra de um funcionário fixo. Porém, alguns serviços não podem ser feitos por apenas um funcionário, havendo necessidade de contratação por empreitada ou diarista de mais um ou dois funcionários dependendo do sistema hidropônico de cultivo. Além da mão-de-obra de um profissional capacitado, que prestaria consultoria no manejo cultural e fitossanitário da cultura, uma vez por semana.

O salário médio mensal da mão-de-obra pesquisado em empresas e produtores especializados de batata-semente foi de R\$ 450,00. Considerando-se os encargos sociais assumidos pelo empregador, que equivalem a 43% do valor do salário, 25 dias

úteis no mês e 277 dias de trabalho no ano, o custo da mão-de-obra foi estimado em R\$ 25,74 por dia para mensalistas, R\$ 25,00 para diaristas e R\$ 100,00 o dia do técnico.

c) Insumos e materiais

Para a produção de minitubérculos de batata-semente de qualidade, uma série de precauções quanto à sanidade e qualidade do material a ser utilizado devem ser tomadas e conseqüentemente o uso de produtos e insumos adequados. Os preços dos insumos de todos os itens envolvidos foram obtidos em revendas e lojas especializadas na região de Jaboticabal, no mês de setembro de 2006.

O custo de energia elétrica (CE) foi calculado conforme a Equação (2), sugerida por MENDONÇA (2001):

$$CE = V_{Kwh} T \frac{736 Pot}{1000 \eta} \quad (2)$$

em que:

CE= Consumo de energia elétrica (R\$)

V (Kwh)= valor do Kwh, R\$ 0,30, conforme tarifa da Companhia Paulista de Força e Luz/CPFL)

T= Tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h), variável para cada sistema hidropônico

Pot= potência do conjunto moto-bomba (cv)

η = rendimento do conjunto moto-bomba, decimal.

d) Despesas de manutenção das estufas

Considerou-se como despesas, neste item, a troca do plástico de cobertura a cada 2 anos e tela das laterais a cada 5 anos. Também foi considerado um valor de R\$ 500,00, a cada dois anos, a partir do 1º ano, para cobrir despesas não previstas no custo.

e) Outros custos

Foram considerados como outros custos as despesas com análises fitossanitárias relacionadas a viroses para cada lote produzido, taxas referentes a inscrição e comercialização de batata-semente, bem como despesas com transporte do local de produção até o consumidor final.

3.11.1.3 Receita bruta

Considerou-se o preço de venda dos minitubérculos de batata-semente básica de R\$ 0,30 a unidade, levando-se em consideração a média de preço levantado junto às principais empresas que comercializam este tipo de material propagativo. Estimou-se que toda a produção será comercializada e que as perdas representarão 5% do total.

3.11.1.4 Indicadores de viabilidade econômica

Com os dados de investimentos, despesas operacionais e receitas, elaborou-se um fluxo de caixa para cada tipo de sistema hidropônico de cultivo estudado, considerando-se um horizonte de projeto de sete anos, definido em função da vida útil da grande parte dos itens relacionados a hidroponia.

A diferença entre o fluxo de saída e de entrada representou o fluxo líquido do projeto. Os indicadores de viabilidade econômica foram: Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Recuperação do Capital (PAYBACK Períod) simples e econômico, Valor Presente Líquido (VPL) e Razão Benefício/Custo.

3.11.1.5 Análise de sensibilidade

Para avaliar a sensibilidade da atividade nos diferentes sistemas hidropônicos estudados, analisou-se três situações de preço: R\$ 0,20, R\$ 0,40 e R\$ 0,50 o minitubérculo, baseados no mercado brasileiro de minitubérculos de batata-semente básica. Considerou-se, ainda, a situação de se conseguir produzir por um, dois e três

ciclos ano⁻¹, o que teoricamente é possível dependendo das condições de clima da região de produção e manejo da cultura.

3.11.2 Custo de produção e rentabilidade

Para determinação do custo operacional total (COT), utilizou-se a estrutura do custo operacional descrita por MATSUNAGA et al. (1976), usado pelo Instituto de Economia Agrícola – IEA. Esta estrutura leva em consideração todos os itens que implicam em desembolsos efetivos representados pelos dispêndios em dinheiro, englobando despesas com mão-de-obra, operações de máquinas e equipamentos e insumos, cujo total refere-se ao custo operacional efetivo (COE) que, somado aos valores referentes à depreciação da estrutura de produção, resulta no custo operacional total (COT). A depreciação é o custo necessário para substituir os bens de capital quando tornados inúteis, seja pelo desgaste físico ou econômico. O método utilizado foi o linear, onde o bem é desvalorizado durante sua vida útil a uma cota constante, conforme a equação (3):

$$D = \frac{Va - Vr}{Vu} \quad (3)$$

em que:

D= depreciação em R\$ ano⁻¹

Va= valor atual do recurso em R\$

Vr= valor residual (o valor de revenda ou valor final do bem, após ser utilizado de forma racional na atividade)

Vu= vida útil (período em anos que o bem é utilizado na atividade)

Determinou-se o COT por ciclo e o custo unitário do minitubérculo (R\$ minitubérculo⁻¹) pela relação entre o COT e a quantidade de minitubérculos produzida em cada sistema hidropônico estudado.

Para determinar a lucratividade da produção, nos diferentes sistemas hidropônicos, foram calculados, segundo MARTIN et al. (1997), o lucro operacional (LO), como a diferença entre a Receita Bruta (RB) e o custo operacional total de produção (COT) e o índice de lucratividade, obtido por meio da razão entre LO e RB, correspondendo a taxa de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura nos diferentes sistemas hidropônicos

Para melhor compreensão da influência da temperatura no interior dos sistemas hidropônicos sobre o desenvolvimento e produção de minitubérculos de batata-mente, foi realizado o monitoramento desta variável durante o período experimental, com início de registro dia 21 de maio de 2005 prolongando-se até o dia 26 de Agosto do mesmo ano.

4.1.1 Temperatura máxima

Os valores referentes às temperaturas máximas obtidas nos diferentes sistemas hidropônicos, a 5 cm de profundidade, encontram-se ilustrados na Figura 3, e revelam que os valores máximos entre os sistemas hidropônicos assumem comportamento semelhante até o dia 30/07 (73 D.A.T), havendo sobreposição de linhas e pequenas diferenças durante esse período. A partir do dia 31/07 (74 D.A.T), houve um ligeira superioridade da temperatura máxima do sistema NFT em relação aos demais, superioridade essa suficiente para promover diferença significativa, em valores médios, do sistema NFT (32,3°C) em relação aos demais sistemas hidropônicos e do ar ambiente (Figura 4).

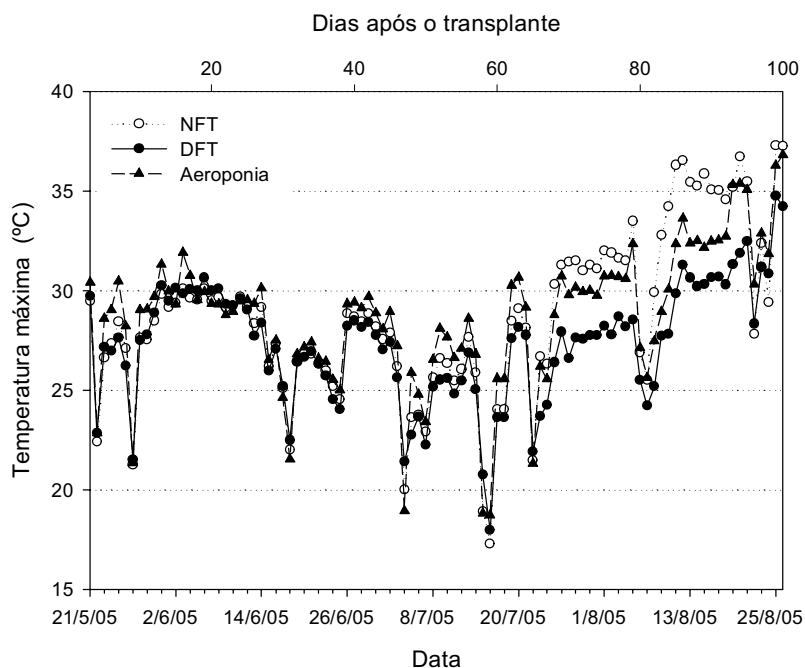


Figura 3. Valores de temperaturas máximas (°C) diárias obtidos a 5 cm de profundidade durante o período de 21/05/2005 a 26/08/2005, nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia. FCAV/UNESP - Jaboticabal (SP), 2006.

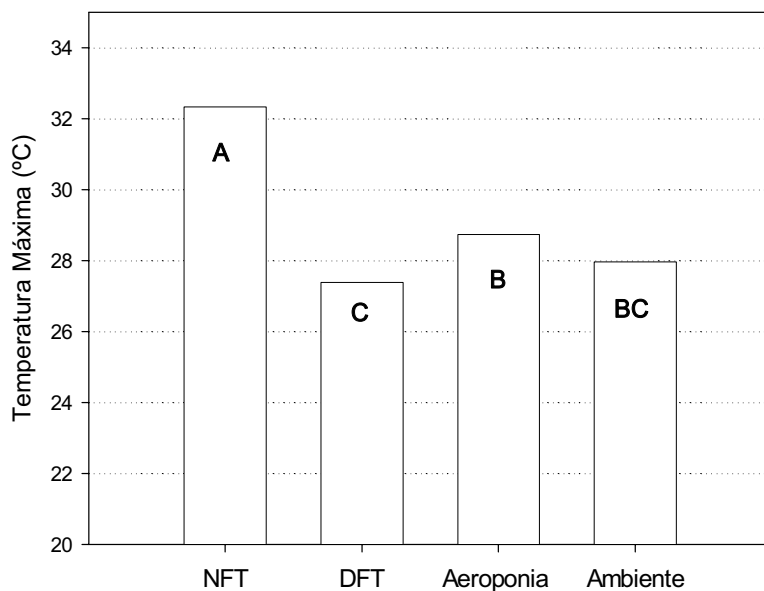


Figura 4. Médias de temperaturas máximas (°C) obtidas nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia e no ambiente. Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

A comparação das temperaturas máximas médias revelou, ainda, que o sistema aeropônico (28,7°C) e a temperatura máxima do ar ambiente (27,9°C) não apresentaram diferenças significativas entre si e que o sistema DFT apresentou os menores valores médios, cerca de 27,4°C, não diferindo da temperatura máxima média do ar no ambiente, registrado no interior do ambiente protegido.

Os menores valores de temperatura máxima observada no sistema DFT quando comparado ao NFT e aeroponia, podem estar relacionados, dentre outros fatores, ao maior volume de água permanente neste sistema, conseqüentemente uma maior relação entre água e volume de ar a resfriar no sistema. Segundo relata GARZOLI (1989), para cada litro de água evaporado, 2.189 BTUs de energia são absorvidos do ar pela água na mudança do líquido para vapor, ou pode-se dizer que a cada 1,0 g de água evaporada em 1 m³ de ar chega a reduzir a temperatura em até 2,5 °C.

Ao analisar a diferença entre a média da temperatura máxima nos diferentes sistemas em relação ao ar ambiente, verifica-se que no NFT esta diferença foi de aproximadamente 4,6°C, inferior aos 7,9°C verificados por MATTOS et al. (2001), porém superiores aos 3,8°C observados por FERNANDES JÚNIOR (2001). Embora trabalhando com culturas e épocas diferentes, estes autores confirmam a tendência de que as temperaturas máximas no sistema NFT são superiores as observadas no ar ambiente. Segundo LEE & TAKAKURA (1995), o sistema NFT pode provocar aumento excessivo da temperatura na região do sistema radicular em locais ou épocas de temperaturas altas, concordando com o ocorrido neste trabalho, no qual verificou-se que a partir de uma maior elevação das temperaturas máximas, principalmente a partir dos 74 D.A.T (31/07), o sistema NFT se destacou, alcançando os maiores valores em relação aos demais sistemas e ao ar ambiente.

O maior valor de temperatura registrado durante a realização da pesquisa ocorreu no sistema NFT, no dia 26/08 (100 D.A.T) e foi de 37,3°C, quando a máxima na mesma data, no sistema DFT, aeroponia e ambiente foram de 34,3°C, 36,8°C e 36,1°C, respectivamente.

4.1.2 Temperatura mínima

Em relação à temperatura mínima, verifica-se que no sistema NFT houve uma ligeira tendência de menores valores para a variável analisada, ao longo de todo o período experimental, quando comparado aos sistemas DFT e aeroponia (Figura 5). Ao avaliar as médias, ficou clara a diferença do sistema NFT em relação aos demais sistemas e o ambiente. A temperatura mínima média no sistema NFT foi de 14,1°C, significativamente inferior aos sistemas de aeroponia (14,9°C) e ambiente (14,9°C), que por sua vez não diferiram entre si; no entanto, apresentaram valores médios significativamente inferiores ao sistema DFT, que apresentou os maiores valores médios, cerca de 17,2°C (Figura 6).

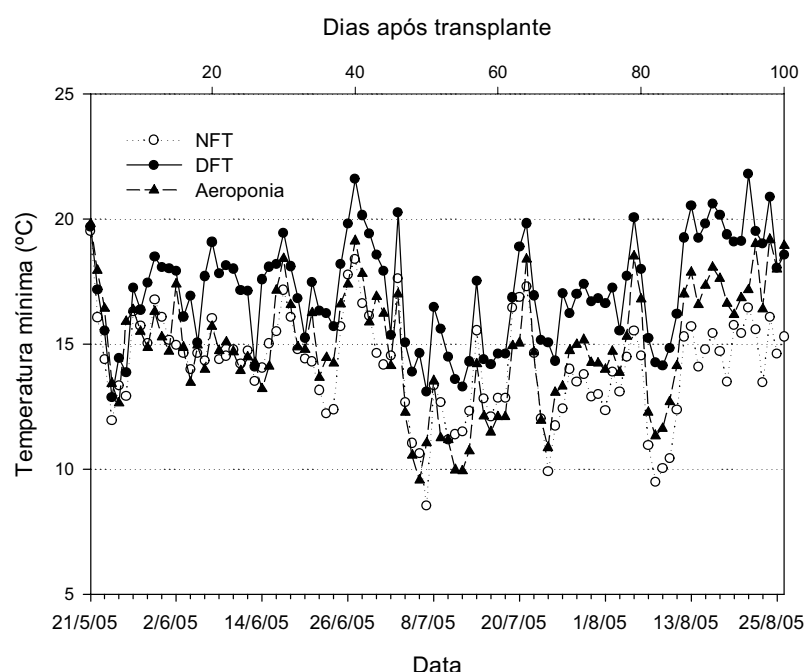


Figura 5. Valores de temperaturas mínimas (°C) diárias obtidos a 5 cm de profundidade durante o período de 21/05/2005 a 26/08/2005, nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia. FCAV/UNESP - Jaboticabal (SP), 2006.

O menor valor de temperatura mínima registrada ocorreu no sistema NFT, no dia 10/07 (53 D.A.T), e foi de 8,5°C, quando a mínima registrada nos sistemas aeroponia, DFT e ambiente foram, respectivamente, 11,1°C, 13,1° e 9,1°C. FERNANDES JÚNIOR

(2001) obteve valores de temperatura mínima no sistema NFT inferiores as verificadas no ar ambiente, porém com o cultivo de morango em hidroponia, corroborando os obtidos neste trabalho.

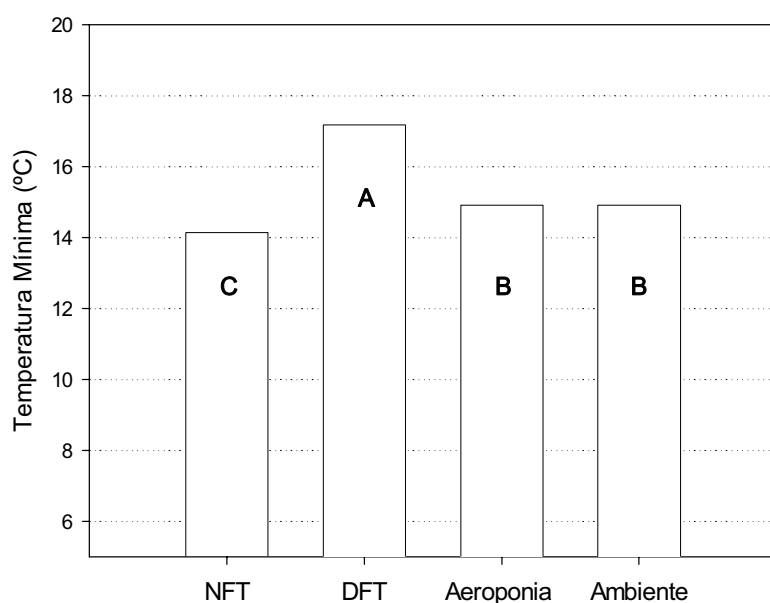


Figura 6. Médias de temperaturas mínimas (°C) obtidas nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia e ambiente. Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

4.1.3 Temperatura média

Quando estudada a temperatura média nos diferentes sistemas verifica-se, no entanto, que praticamente não ocorreram diferenças substanciais durante todo o período experimental (Figura 7). Contudo, os valores médios revelaram que embora ocorreram valores muito próximos, o sistema DFT (21,6°C) apresentou temperatura média significativamente superior ao sistema NFT (21,0°C), que por sua vez não diferiu do sistema aeropônico (20,8°C). A média da temperatura média do ar ambiente (20,5°C) apresentou menores valores, não diferindo apenas do sistema aeropônico (Figura 8).

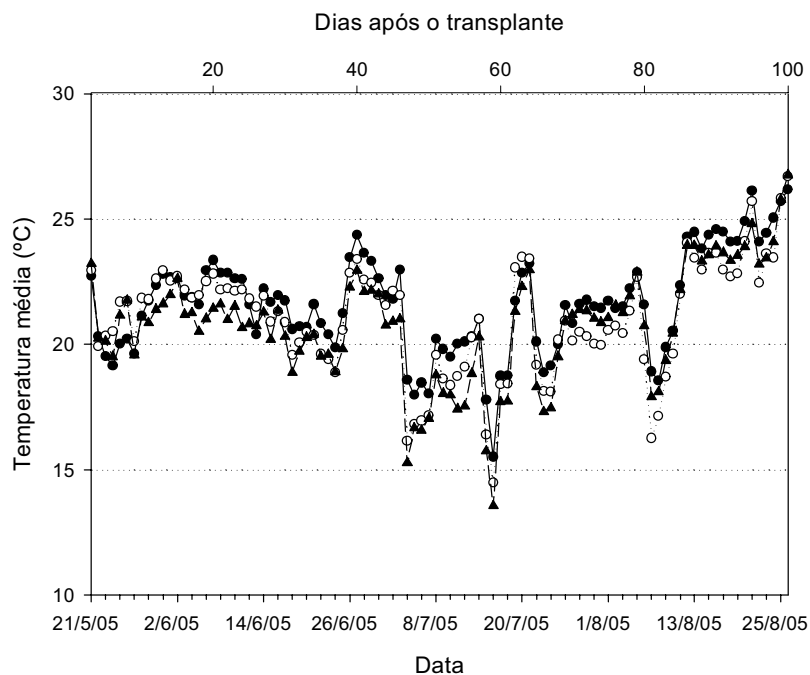


Figura 7. Valores de temperaturas médias (°C) diárias obtidos a 5 cm de profundidade durante o período de 21/05/2005 a 26/08/2005, nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

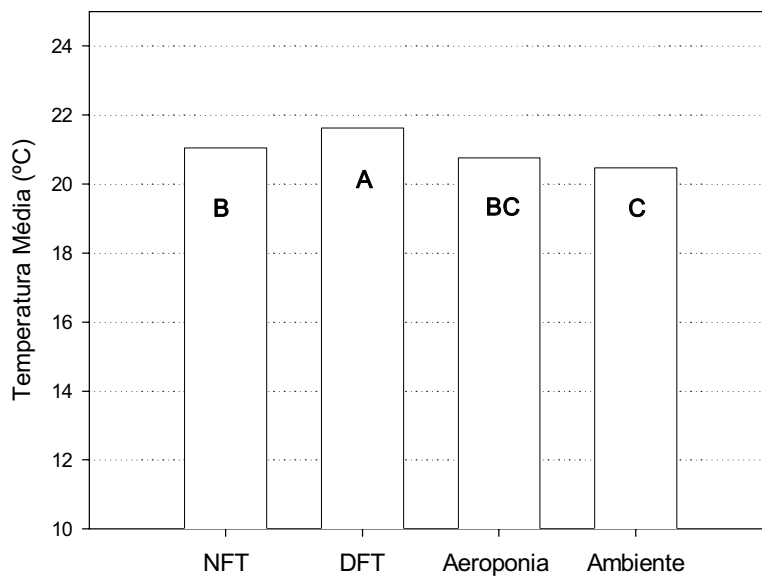


Figura 8. Médias de temperaturas médias (°C) obtidas nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia e ambiente. Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2006.

De maneira geral, para cultura da batata, os resultados de temperaturas médias observados neste trabalho são superiores aos recomendados por HORTON (1987), no entanto, considerados adequados segundo LOVATO (2005). Porém, ambos os autores, referem-se ao cultivo em solo.

4.1.4 Amplitude de temperatura

Para a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas constatou-se comportamento similar às temperaturas máximas, ou seja, entre os sistemas, pequenas diferenças ocorreram até o dia 30/07 (73 D.A.T), havendo, inclusive, sobreposição de linhas em grande parte do período analisado. A partir do dia 31/07 (74 D.A.T), houve um ligeira superioridade da amplitude de temperatura no sistema NFT, acompanhada pelos sistemas aeropônico e DFT (Figura 9).

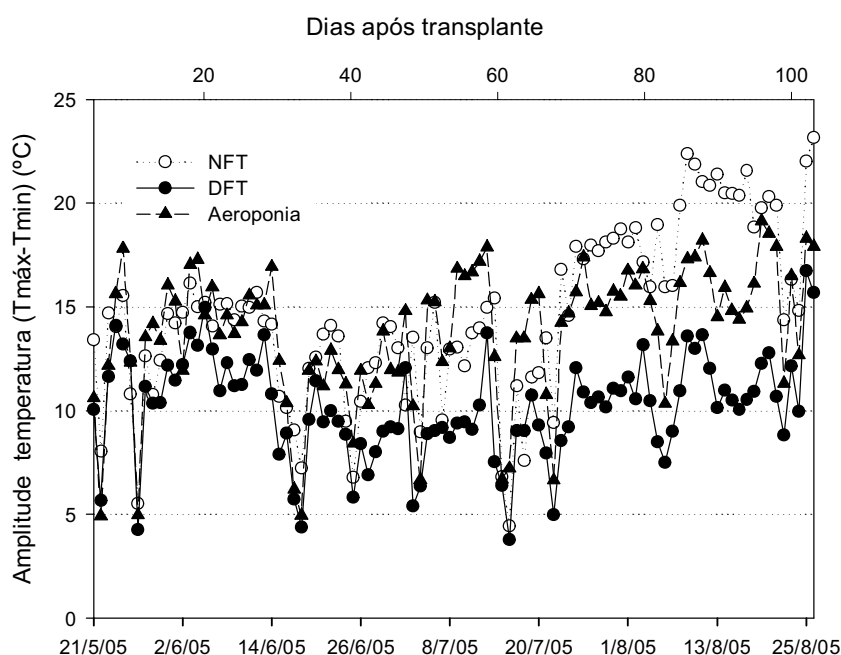


Figura 9. Valores da diferença entre as temperaturas máximas e mínimas (°C) diárias obtidos durante o período de 21/05/2005 a 26/08/2005, nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia. FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2006.

Por meio da comparação de médias, a maior amplitude média de temperatura foi realmente confirmada em favor do sistema NFT, que apresentou valores significativamente superiores ao sistema de aeroponia e do ar ambiente. Estes últimos não apresentaram diferenças entre si; entretanto, foram superiores ao verificado para o sistema DFT, que apresentou a menor amplitude de variação entre temperaturas máxima e mínima (Figura 10). Os resultados obtidos vão ao encontro com que afirma MARY (2005) que menciona que dentre os sistemas hidropônicos de produção que mais se adaptam às condições de climas tropicais está o “Floating ou DFT”, por permitir maior estabilidade e menor amplitude de variação da temperatura da solução nutritiva. O maior valor de amplitude de temperatura constatado ocorreu no sistema NFT, no dia 28/08, e foi de 23,1°C, quando o maior valor no ambiente, sistema aeropônico e DFT, na mesma data, foram 22,9°C, 17,9°C e 15,7°C, respectivamente.

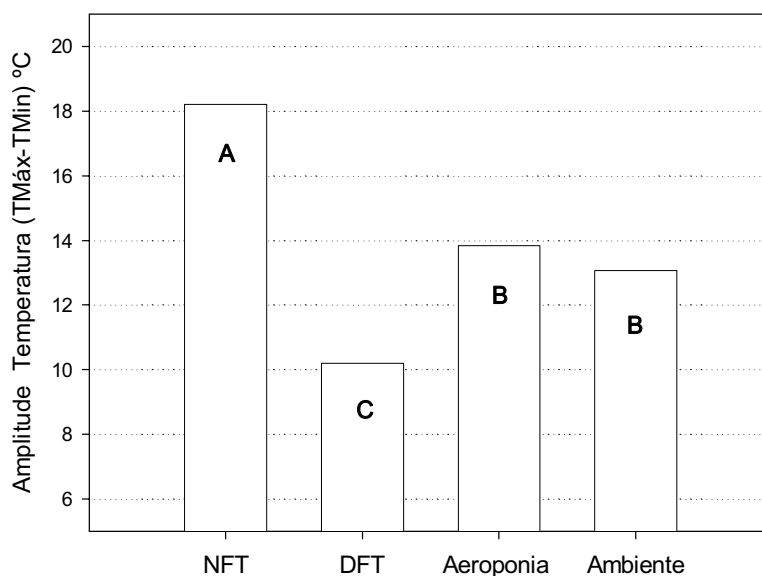


Figura 10. Médias da diferença entre as temperaturas máximas e mínimas (°C) obtidas nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia e ambiente. Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2006.

4.2 Características agronômicas avaliadas

Os resultados para as avaliações de crescimento das plantas e de produção de minitubérculos estão dispostos com o seguinte arranjo: a análise de variância com os fatores isolados e suas interações se encontram apresentados no Apêndice, Tabela 1A; os estudos de regressão e comparação de médias para as diversas características analisadas, bem como os desdobramentos das interações, quando ocorreram, encontram-se apresentados na forma de Figuras e Tabelas dentro de cada tópico estudado.

4.2.1 Avaliação do crescimento das plantas

De acordo com a análise de variância (Tabela 1A), verificou-se que ocorreram diferenças significativas entre os sistemas de cultivo (à exceção para o número de hastes planta⁻¹), cultivares e para as interações sistema de cultivo x cultivares, bem como para épocas de amostragem x sistema de cultivo e épocas de amostragem x cultivares, para todas as características de crescimento avaliadas.

Para a interação sistemas de cultivo e cultivares foram feitas comparações entre as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e os resultados encontram-se apresentados na Tabela 3. No que diz respeito às interações épocas de amostragem x sistema de cultivo, assim como épocas de amostragem x cultivares, foram realizadas regressões que melhor representaram o comportamento da variável analisada, cujos resultados estão apresentados nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16.

4.2.1.1 Número de hastes planta⁻¹

Verifica-se, por meio da Figura 11A, que houve um aumento exponencial do número de hastes planta⁻¹ até aproximadamente aos 60 D.A.T, a partir do qual ocorreu uma estabilização de valores nos três sistemas de cultivo estudados, ajustando-se melhor a um modelo sigmoidal de regressão.

Na comparação entre as médias, apenas aos 20 D.A.T, verificou-se que o sistema aeropônico apresentou maior número de hastes planta⁻¹ (3,0) e diferiu estatisticamente do sistema DFT (1,7), que por sua vez diferiu do sistema NFT, que apresentou menor valor para a característica analisada (1,2). A partir dos 40 D.A.T, constatou-se que não houve resposta significativa entre os diferentes sistemas de cultivo, estabilizando-se os valores em torno de 5,6 hastes planta⁻¹.

Esses resultados são superiores aos verificados por FAVORETO (2005), no qual encontrou valores de no máximo 4 hastes planta⁻¹, aos 40 D.A.T, porém trabalhando com a cultivar Atlantic e em sistema semi-hidropônico (com o uso de substrato) e inferiores aos verificados por MELO et al. (2003), que obtiveram valor médio de 10,1 hastes planta⁻¹, aos 30 D.A.P (dias após o plantio), para a cultivar Agata. Entretanto, a comparação deve ser cuidadosa, pois, segundo os autores, foi determinado o número total de hastes e não o de hastes principais, fisiologicamente a unidade de produção (GRANJA, 1995), além do fato do trabalho ser conduzido em condições de campo aberto. FELTRAN (2005), também em condições de campo, encontrou valores 2,8 hastes planta⁻¹ para a cultivar Agata, aos 30 D.A.E (dias após a emergência).

Em relação às cultivares, ocorreu o mesmo comportamento exponencial de aumento até os 60 D.A.T. No entanto, verifica-se um maior número de hastes por planta na cultivar Agata já a partir dos 40 D.A.T, prolongando-se até os 100 D.A.T, o que pode ser confirmado por meio da comparação de médias que revelou não ocorrer diferenças significativas entre as cultivares apenas aos 20 D.A.T (Figura 11B). Para as cultivares Agata e Monalisa, os valores máximos se estabilizaram na faixa de 6,6 e 4,6 hastes planta⁻¹, respectivamente.

O número de hastes planta⁻¹ é determinado por fatores tais como: tamanho e peso dos tubérculos (WURR et al. 1974; POGI & BRINHOLI, 1995), idade fisiológica e número de brotos nos tubérculos-semente, densidade de plantio e preparo do solo (ZAAG, 1993), e, principalmente, pelas diferenças entre as cultivares plantadas (SUSNOCHI, 1982; DE LA MORENA et al., 1994; FILGUEIRA, 1987).

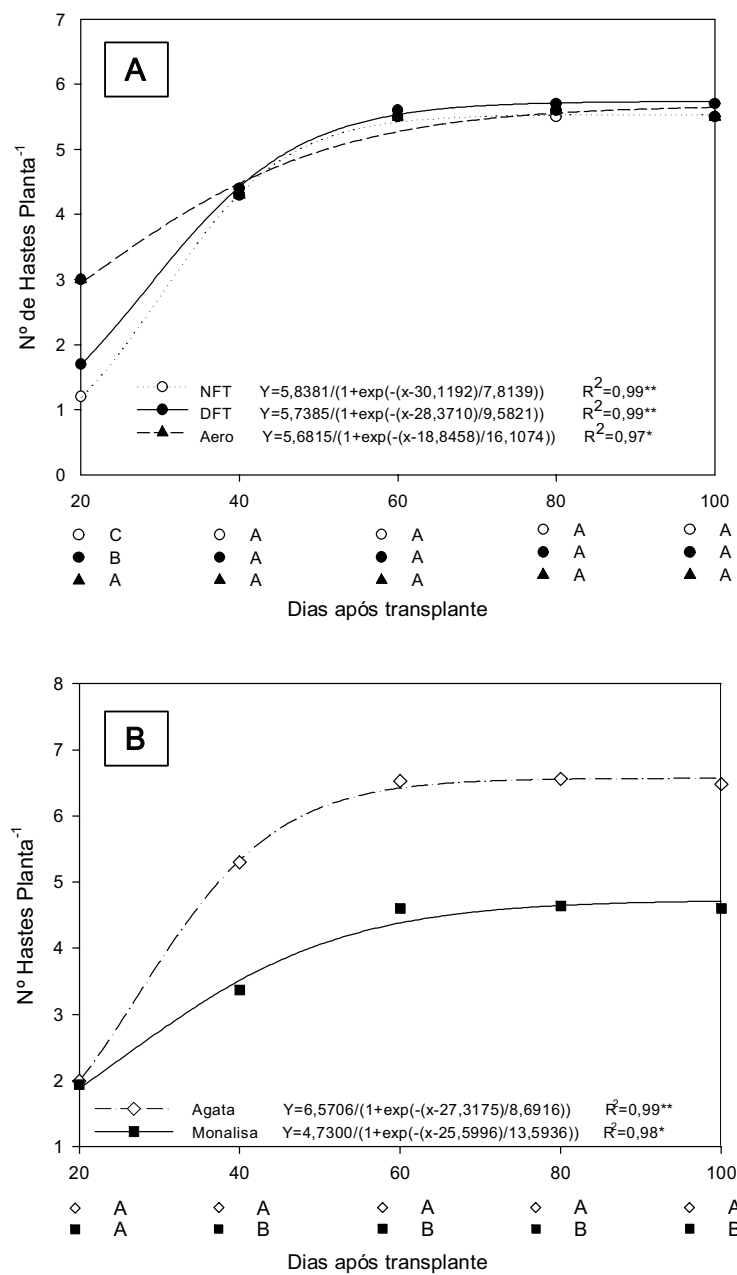


Figura 11. Número hastes planta⁻¹ de batata em função dos sistemas hidropônicos de cultivo (A) e cultivares (B) ao longo de cinco avaliações de crescimento (20, 40, 60, 80 e 100 D.A.T). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2006.

4.2.1.2 Altura das plantas

A evolução do crescimento das plantas nos diferentes sistemas hidropônicos mostra uma tendência exponencial de crescimento até os 60 D.A.T e posterior estabilização de valores, ajustando um modelo sigmoidal de regressão, a semelhança do número de hastes planta⁻¹. Verificou-se, contudo, uma ligeira tendência de superioridade do sistema aeropônico em relação aos demais ao longo do período analisado (Figura 12A).

Na comparação entre as médias observou-se que o sistema aeropônico apresentou valor significativamente superior (18,2 cm) ao DFT (13,4 cm) na avaliação dos 20 D.A.T, porém não significativo ao sistema NFT (17,73 cm). Nas avaliações subseqüentes, aos 40 e 60 D.A.T, foi superior (41,5 e 69,9 cm) aos sistemas NFT e DFT, que apresentaram valores da ordem de 33,4 e 64,6 cm e 35,3 e 64,3 cm, respectivamente. A partir dos 80 D.A.T. não foram verificadas diferenças significativas entre os sistemas de cultivo.

Esses resultados são inferiores aos verificados por RITTER et al. (2001), na Espanha, que encontraram valores da ordem de 150 a 180 cm de altura para plantas cultivadas em aeroponia e de 90 a 110 cm em substrato de perlita, trabalhando com a cultivar 'Nagore' e, no caso da aeroponia, ciclo de 6 meses. Porém superiores aos verificados por FAVORETTO (2005), que observou valores de altura aos 53 D.A.T. de 32,63 cm para a cultivar Atlantic em sistema semi-hidropônico.

No que diz respeito às cultivares obedeceu ao mesmo comportamento exponencial verificado no item anterior, entretanto, verificou-se que a cultivar Monalisa apresentou valores significativamente superiores de altura média de plantas em relação a cultivar Agata durante todo o período analisado (Figura 12B).

Os maiores valores de altura das plantas, alcançados aos 60 D.A.T, foram de 63,0 cm e 69,7 cm, respectivamente, para as cultivares Agata e Monalisa. Esses resultados são superiores aos 60 cm verificados por MELO et al. (2003) também para a cultivar Agata, porém alcançados aos 50 D.A.T., e aos 55,2 cm obtido por FELTRAN (2005) aos 30 D.A.E, ambos em trabalhos em condições de campo.

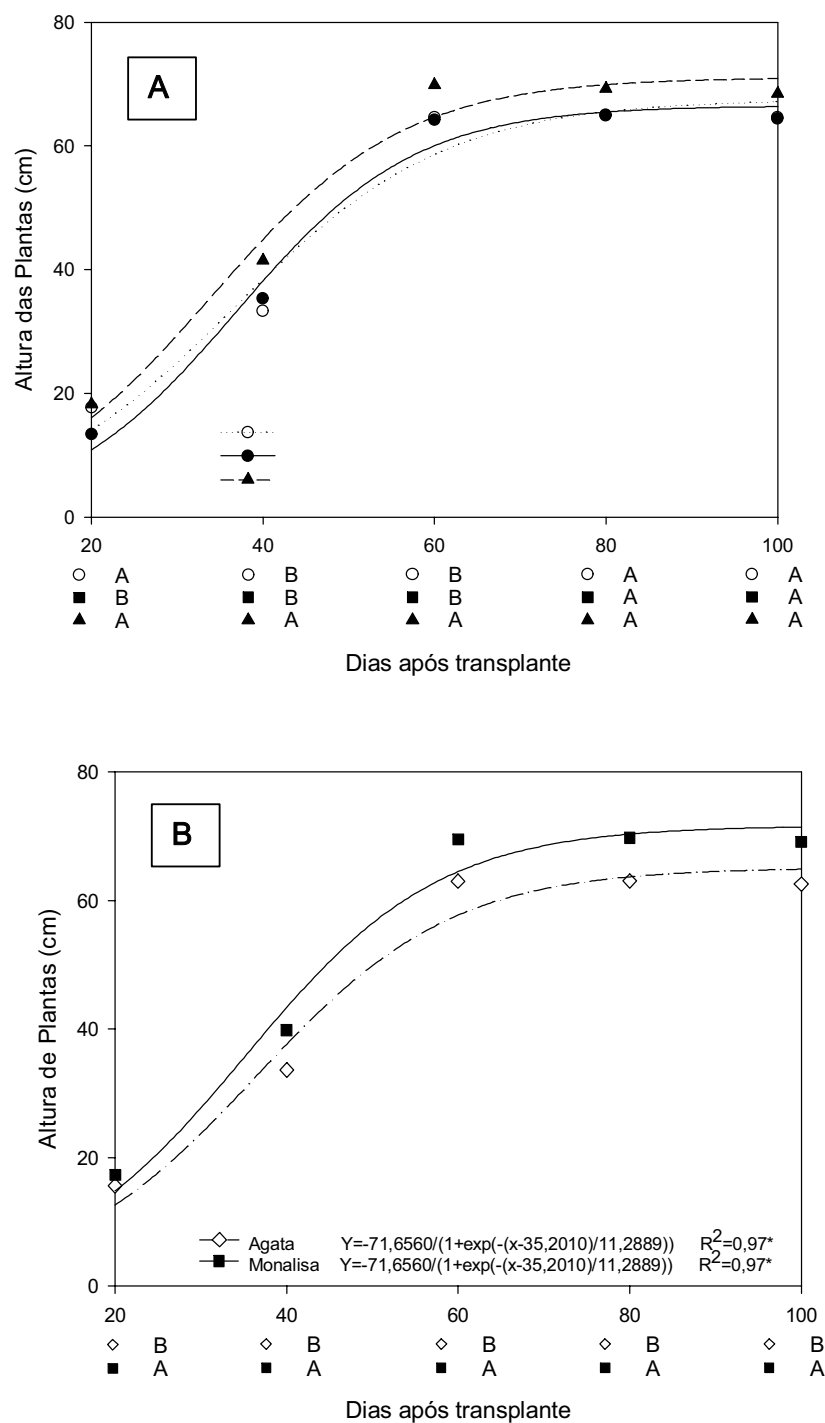


Figura 12. Altura média de plantas (cm) em função dos sistemas hidropônicos de cultivo (A) e cultivares (B) ao longo de quatro avaliações de crescimento (20, 40, 60, 80 e 100 D.A.T). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2006.

4.2.1.3 Número de folhas planta⁻¹

Os valores referentes ao número de folhas planta⁻¹ nos diferentes sistemas de cultivo estudados assumiram uma tendência do tipo polinomial quadrático (Figura 13A), sendo observado ao longo de todo período analisado uma ligeira superioridade do sistema aeropônico em relação aos demais sistemas. Essa superioridade foi revelada na comparação entre médias aos 20 e 40 D.A.T, na qual observou-se que no sistema aeropônico obteve-se um maior número de folhas planta⁻¹ (25,1 e 48,3), diferindo significativamente dos sistemas NFT, que apresentou 11,6 e 30,8 folhas planta⁻¹, e DFT que alcançou valores de 13,7 e 32,2 folhas planta⁻¹, respectivamente aos 20 e 40 D.A.T.

O maior valor estimado de folhas planta⁻¹ foi de 58, 62 e 69 e ocorreu aos 63, 66 e 61 D.A.T para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeropônico, respectivamente.

De maneira geral, para os três sistemas de cultivo estudados, o número de folhas planta⁻¹ atingiu um ponto máximo, no intervalo de 60 a 70 D.A.T, ao mesmo tempo em que as hastes atingiram sua maior altura (Figura 12A), a semelhança do constatado por MELO et al. (2003). Até esse momento as folhas da parte baixa das plantas se mantinham ativas, não tendo sofrido efeito do sombreamento. Segundo ZAAG (2003), a taxa de fotossíntese diminui consideravelmente a medida que a folhagem envelhece, ou seja, quando estiverem com mais de 50 dias, e ressalta, ainda que, quanto mais alta a temperatura, tanto mais rápido é o envelhecimento das folhas.

Em relação às cultivares, constatou-se também um ajuste do tipo quadrático de regressão, sendo o maior valor estimado obtido aos 63 D.A.T, da ordem de 73,0 e 54,0 folhas planta⁻¹, para as cultivares Agata e Monalisa, respectivamente. Na comparação de médias verifica-se que apenas aos 20 D.A.T a cultivar Agata não foi superior a Monalisa quanto ao número de folhas plantas⁻¹ (Figura 13B).

No que diz respeito a cultivar Agata, os resultados obtidos neste trabalho são inferiores aos verificados por MELO et al. (2003) para a mesma variedade, porém em campo aberto, no qual alcançou cerca de 100 folhas planta⁻¹, pouco antes dos 50 D.A.P. Trabalhando com a cultivar Atlantic em sistema semi-hidropônico, FAVORETO (2005) obteve 59 folhas planta⁻¹, alcançado aos 48 D.A.T.

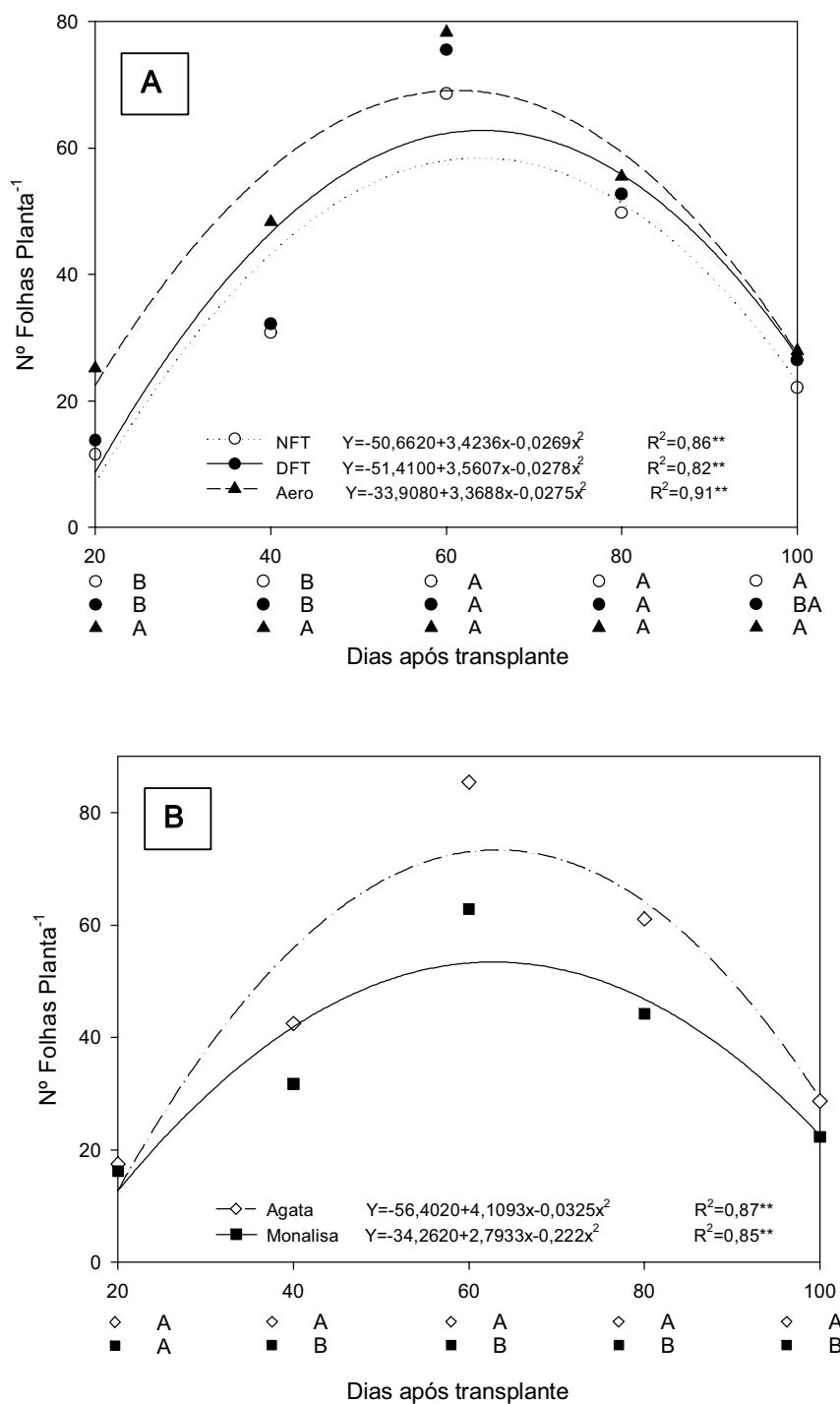


Figura 13. Número de folhas planta⁻¹ em função dos sistemas hidropônicos de cultivo (A) e cultivares (B) ao longo de quatro avaliações de crescimento (20, 40, 60, 80 e 100 D.A.T). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. FCAV/UNESP, Jaboticabal, 2006.

Na tabela 3 encontram-se apresentados os valores médios do número de hastes planta⁻¹, número de folhas planta⁻¹ e altura das plantas (cm) das cinco avaliações de crescimento.

Quando se analisa o número de hastes planta⁻¹ verifica-se que ocorreram diferenças significativas apenas entre cultivares e para a interação sistemas de cultivo e cultivares, não havendo diferenças entre sistemas de cultivo (Tabela 1A).

Na comparação entre cultivares, observou-se que a cultivar Agata obteve um maior número de hastes planta⁻¹ (5,37), significativamente superior a Monalisa, com valor médio da ordem de 3,83 hastes planta⁻¹ (Tabela 3).

Quando da interação sistemas de cultivo e cultivares, pode-se observar que nos sistemas DFT e aeroponia ocorreram diferenças significativas entre cultivares, sendo que a Agata apresentou maiores valores médios (5,76 e 5,64) quando comparados a Monalisa (3,47 e 3,90), respectivamente, para a mesma ordem de sistemas citados acima.

Para o número de folhas planta⁻¹ foram verificadas diferenças entre sistemas de cultivo, cultivares e para a interação sistema de cultivo e cultivares (Tabela 1A). Verifica-se, por intermédio da Tabela 3, que as plantas conduzidas no sistema aeropônico apresentaram maiores valores para esse parâmetro analisado (47,01), significativamente superior ao sistema DFT (40,09), que por sua vez foi superior ao sistema NFT (36,56). Em relação às cultivares, constatou-se maior número de folhas planta⁻¹ na cultivar Agata (47,01) quando comparada a Monalisa (35,44).

Na interação sistemas de cultivo e cultivares, verificou-se novamente diferenças significativas entre cultivares apenas nos sistemas DFT e aeroponia, sendo significativamente superiores os valores de número de folhas planta⁻¹ encontrados para a cultivar Agata (48,73 e 54,06) quando comparado a Monalisa (31,45 e 39,97) para a mesma ordem de sistemas citados acima.

Já na comparação de médias entre cultivares, foram verificadas diferenças entre sistemas de cultivo apenas para a cultivar Agata, sendo que no sistema aeropônico obteve-se os maiores valores (54,06), não diferindo do sistema DFT (48,73),

que por sua vez não diferiu do sistema NFT, que apresentou os menores valores (38,25).

Os valores médios para altura de plantas mostraram haver diferenças significativas entre sistemas de cultivo e cultivares (Tabela 1A).

A comparação entre as médias aponta que as plantas conduzidas no sistema aeropônico apresentaram os maiores valores (53,46 cm), significativamente superiores aos verificados para os sistemas NFT (49,07 cm) e DFT (48,44 cm), que não apresentaram diferenças entre si (Tabela 3).

No que diz respeito às cultivares, observa-se nesta característica comportamento inverso, ou seja, a cultivar Monalisa apresentou maior altura de planta (53,09 cm) significativamente superior a cultivar Agata, com valores da ordem de 47,56 cm de altura.

Tabela 3. Valores médios para as características de crescimento de plantas: número de hastes planta⁻¹, número de folhas planta.⁻¹ e altura das plantas (cm), em função da interação entre sistemas hidropônicos de cultivo e cultivares. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Sistemas de Cultivo	Cultivares		Média
	Agata	Monalisa	
Número de hastes planta ⁻¹			
NFT	4,71±0,33 Ab ¹	4,12±0,25 Aa	4,42±0,21 a
DFT	5,76±0,35 Aa	3,47±0,17 Ba	4,61±2,46 a
Aeroponia	5,64±0,22 Aab	3,90±0,14 Ba	4,77±2,29 a
Média	5,37±0,18 A	3,83±0,11 B	
Número de folhas planta ⁻¹			
NFT	38,25±3,89 Ab ¹	34,88±3,03 Aa	36,56±0,23 c
DFT	48,73±4,48 Aab	31,45±2,65 Ba	40,09±2,76 b
Aeroponia	54,06±3,75 Aa	39,97±2,73 Ba	47,01±2,40 a
Média	47,01±2,40 A	35,44±1,64 B	
Altura das plantas (cm)			
NFT	46,47±3,18	51,67±3,03	49,07±0,16 b
DFT	45,13±3,21	51,75±2,65	48,44±2,44 b
Aeroponia	51,08±3,75	55,84±2,73	53,46±2,36 a
Média	47,56±1,84 B	53,09±1,97 A	

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2.2. Características de produção dos minitubérculos

Para a massa fresca e diâmetro longitudinal dos tubérculos, verifica-se na Tabela 1A, que não houve efeito significativo entre sistemas de cultivo e para interação sistema de cultivo e cultivares, sendo possível verificar diferenças significativas apenas entre cultivares.

No que se refere ao diâmetro transversal, utilizado como referência para colheita, pode-se dizer que a operação se mostrou eficiente, pois constatou-se que não ocorreram diferenças significativas entre sistemas de cultivo, cultivares e para a interação sistema de cultivo e cultivares (Tabela 1A). Como foi adotado o critério de colher os tubérculos com o mesmo tamanho, aproximadamente 20 mm de diâmetro transversal, de maneira a uniformizar a produção, a diferença na massa fresca média dos tubérculos ficou mais a critério do diâmetro longitudinal dos mesmos, em função das características próprias de cada cultivar, do que do sistema de cultivo.

Verifica-se, pela análise da Tabela 4, que a cultivar Monalisa apresentou maior diâmetro longitudinal dos tubérculos (32,15 cm), valor este significativamente superior ao verificado para Agata (28,64 cm), a semelhança do constatado para a massa fresca dos tubérculos, na qual a cultivar Monalisa apresentou valor significativamente superior (7,06 g) ao verificado para a Agata (5,81g).

CORRÊA (2005), trabalhando com produção de minitubérculos em sistema hidropônico NFT, verificou, de forma semelhante a deste trabalho, diferenças significativas para o peso fresco (8,6 e 9,9 g) e comprimento médio (30 e 37 cm) dos tubérculos entre as cultivares Agata e Monalisa, respectivamente, utilizando-se colheitas escalonadas.

Maior massa fresca e comprimento médio dos tubérculos da cultivar Monalisa em relação a Agata também foi verificado por CORRÊA et al. (2004), porém em sistema de canteiros suspensos contendo substrato orgânico e em colheita única. Em colheita escalonada, não se obteve diferenças significativas entre as cultivares utilizando o mesmo sistema citado acima. VERMEER (1990), no entanto, ressalta que existe uma

resposta genotípica diferencial de cultivares de batata quanto ao tamanho e forma dos tubérculos independente das condições de cultivo.

De maneira geral, para os três sistemas hidropônicos de cultivo, os valores da massa fresca dos minitubérculos variaram de 6,21 a 6,77g. Esses resultados são superiores ao verificado por PEREIRA et al. (2001), em sistema de calha articulada (NFT), 3,8 g e 4,9 g para as cultivares Baronesa e Eliza, respectivamente, e inferiores aos verificados por RITTER et al. (2001), 13,3 g e 8,9 para os cultivos em substrato de perlita e sistema aeropônico, respectivamente. Entretanto, encontra-se na faixa adequada de peso de colheita para minitubérculos segundo MEDEIROS (2003).

Tabela 4. Valores médios para massa fresca, diâmetro longitudinal e transversal de minitubérculos de batata-semente, cultivares Agata e Monalisa, cultivado em sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Tratamentos	Massa Fresca -----g-----	Diâmetro Longitudinal -----mm-----	Diâmetro Transversal -----mm-----
Sistemas de Cultivo (SC)			
NFT	6,21 ± 0,31 A ¹	30,19 ± 0,70 A	19,44 ± 0,19 A
DFT	6,32 ± 0,20 A	30,00 ± 0,61 A	19,50 ± 0,07 A
Aeroponia	6,77 ± 0,19 A	30,99 ± 0,45 A	19,43 ± 0,12 A
CV (%)	12,59	4,77	2,80
DMS (5%)	0,75	1,34	0,50
Cultivares (C)			
Agata	5,81 ± 0,09 B	28,64 ± 0,21 B	19,37 ± 0,07 A
Monalisa	7,06 ± 0,19 A	32,15 ± 0,42 A	19,54 ± 0,14 A
CV (%)	10,51	5,23	2,68
DMS (5%)	0,41	0,96	0,31

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação ao número de minitubérculos planta⁻¹, ao longo das sucessivas colheitas, verifica-se por intermédio da Figura 14, que nos diferentes sistemas de cultivo estudados os valores assumiram uma tendência do tipo polinomial quadrático, concordando com os resultados obtidos por RELLOSO (2002), CORRÊA (2005) e FAVORETO (2005).

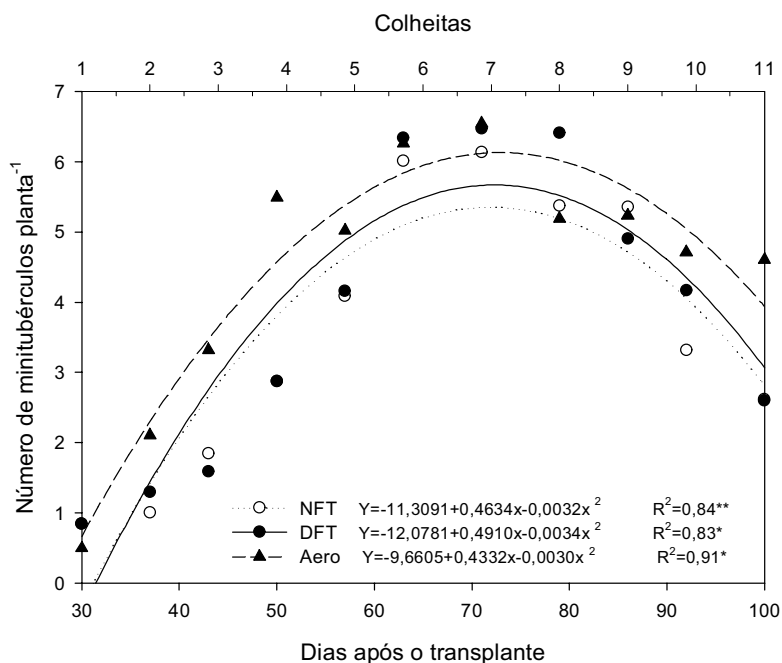


Figura 14 . Número de minitubérculos planta⁻¹ para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia ao longo das 11 colheitas realizadas. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

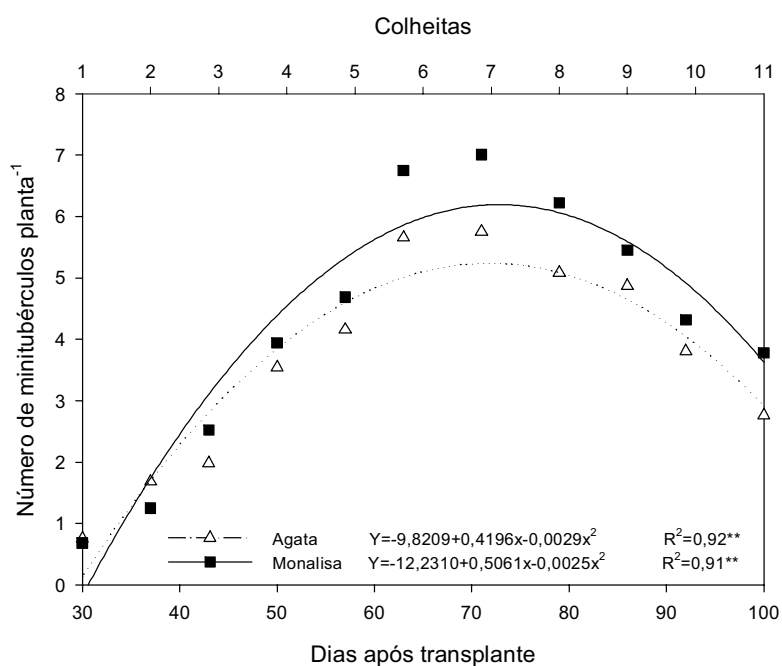


Figura 15. Número de minitubérculos planta⁻¹ para as cultivares Agata e Monalisa cultivadas em diferentes sistemas hidropônicos e ao longo das 11 colheitas realizadas. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Por meio das equações de regressão estimadas, verifica-se que o sistema aeropônico apresentou maiores valores para a característica analisada durante todo o período experimental. Os sistemas DFT e NFT apresentaram valores semelhantes até a 3ª colheita, aproximadamente 45 D.A.T, a partir da qual constatou-se uma ligeira superioridade do DFT em relação ao NFT, o que não refletiu em diferença significativa em termos de número total de minitubérculos planta⁻¹ ao final do experimento (Tabela 5).

A maior taxa de multiplicação de tubérculos ocorreu aos 72, 73 e 74 D.A.T, período compreendido entre a 6ª e 7ª colheitas, com valores da ordem de 5,3; 5,6 e 6,0 minitubérculos planta⁻¹, respectivamente, para os sistemas NFT, DFT e aeroponia. Resultados semelhantes foram encontrados por RELLOSO et al. (2000) que obtiveram maior taxa de multiplicação por volta da 6ª colheita, porém diferentes do constatado por MEDEIROS (2003), que verificou que o pico de produção se dá por volta da 4ª colheita, declinando a partir daí, adotando-se colheitas semanais, na região sul do país. De acordo com CORRÊA (2005), o declínio na produção de tubérculos, principalmente após os 60 dias, é explicado pela redução na taxa fotossintética líquida, ou seja, a fotossíntese bruta tende a se igualar a fotossíntese de manutenção, em que a planta utiliza os fotoassimilados para sua sobrevivência, reduzindo a taxa de exportação.

Quanto ao comportamento das cultivares ao longo das sucessivas colheitas, constatou-se também um ajuste do tipo quadrático de regressão (Figura 15), não verificando-se maiores diferenças por meio da equação de regressão estimada, até aproximadamente a 5ª colheita ou aos 57 D.A.T, a partir do qual nota-se uma tendência de superioridade de valores de número de tubérculos planta⁻¹ da cultivar Monalisa em relação a Agata.

A maior taxa de multiplicação ocorreu próxima a 7ª colheita, aproximadamente aos 73 D.A.T e foi de 5,3 e 6,1 minitubérculos planta⁻¹ para as cultivares Agata e Monalisa, respectivamente. CORRÊA (2005), no entanto, obteve maior taxa de multiplicação aos 58 D.A.T, com valores da ordem de 9,0 e 12,0 minitubérculos planta⁻¹ para as cultivares Agata e Monalisa, respectivamente, porém trabalhando com colheitas quinzenais.

Os valores referentes ao número de minitubérculos m^{-2} para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia assumiram, à semelhança do número de minitubérculo planta^{-1} , tendência do tipo polinomial quadrático (Figura 16). De acordo com as equações de regressão estimadas, observa-se que o sistema aeropônico alcançou uma expressiva superioridade em relação ao sistema DFT, que por sua vez foi superior ao sistema NFT, ao longo das sucessivas colheitas realizadas.

O maior valor estimado para a característica analisada ocorreu aos 72, 73 e 74 D.A.T, período próximo a 7ª colheita e foi de 33, 61 e 108 minitubérculos m^{-2} para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente.

Em relação às cultivares, ajustou-se também o modelo quadrático de regressão (Figura 17), cujos valores revelam haver maiores diferenças a favor da cultivar Monalisa em relação a Agata a partir, principalmente, da 5ª colheita, aproximadamente 57 D.A.T.

A maior taxa de multiplicação ocorreu próximo a 7ª colheita, aproximadamente aos 73 D.A.T e foi de 62 e 73 minitubérculos m^{-2} para as cultivares Agata e Monalisa, respectivamente.

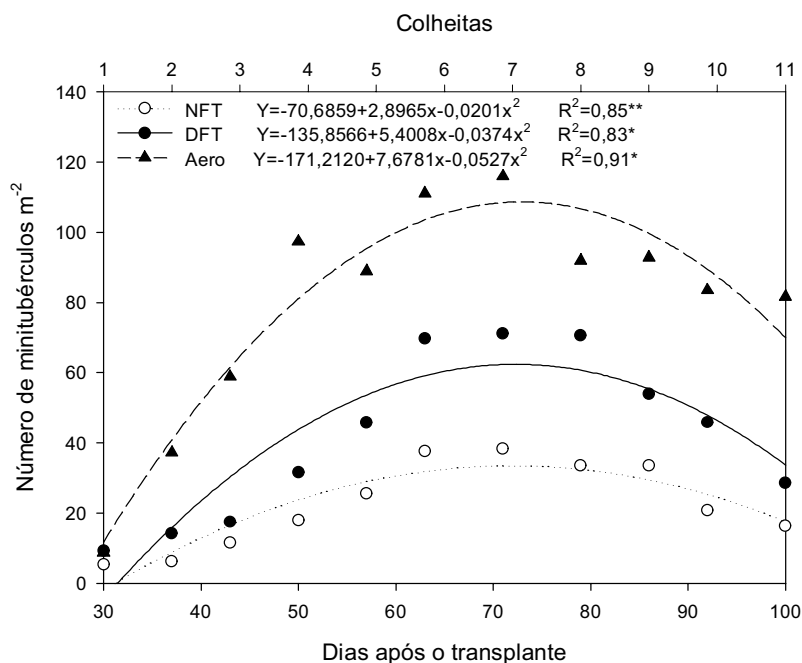


Figura 16. Número de minitubérculos por m^2 para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia ao longo das 11 colheitas realizadas. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

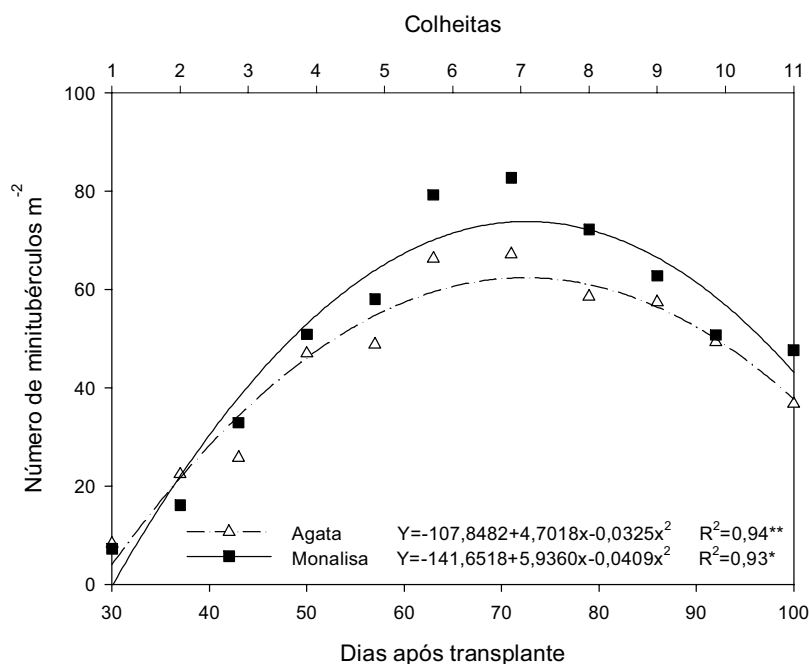


Figura 17. Número de minitubérculos m^{-2} para as cultivares Agata e Monalisa cultivadas em diferentes sistemas hidropônicos e ao longo das 11 colheitas realizadas. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Quanto ao número total médio de minitubérculos $planta^{-1}$, obtido ao final do experimento, verificou-se diferenças significativas entre os sistemas hidropônicos e cultivares, no entanto, não se observou efeito significativo da interação sistemas de cultivo e cultivares (Tabela 1A).

A comparação entre os três sistemas hidropônicos de cultivo evidencia que o sistema aeropônico apresentou valor significativamente superior (49,32) aos verificados nos sistemas NFT (39,45) e DFT (41,63) para a característica analisada, sendo que os dois últimos sistemas não apresentaram diferenças entre si. Embora não constatada diferença entre os dois últimos sistemas, o menor valor observado no sistema NFT pode estar relacionado, dentre outros fatores, às maiores temperaturas máximas verificadas nesse sistema (Figura 3), principalmente a partir dos 70 D.A.T, período de intensa tuberização, no qual o excesso de temperatura e, conseqüentemente, a baixa oxigenação da solução nutritiva (MORGAN, 2001) podem ter influenciado negativamente na produtividade do referido sistema. CHIL et al. (2001) obtiveram produtividades de 30,7 e 40,2 tubérculos $planta^{-1}$ trabalhando com a temperatura da

solução nutritiva de 15°C, 18,7 e 19,3 tubérculos planta⁻¹ na temperatura de 30°C, para as cultivares Atlantic e Superior, respectivamente.

No tocante as cultivares, verifica-se que a cultivar Monalisa apresentou número estatisticamente superior de minitubérculos planta⁻¹ (46,62) quando comparado à cultivar Agata (40,32) (Tabela 5).

Esses resultados corroboram os obtidos por CORRÊA (2005), que observou uma diferença, em termos de número de minitubérculos planta⁻¹, de 16% em favor da cultivar Monalisa quando comparada a Agata, próximos aos 14% verificados neste trabalho.

Tabela 5. Valores médios totais para número de minitubérculos planta⁻¹, número de minitubérculos m⁻², cultivares Agata e Monalisa, cultivado em sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Tratamentos	Número de minitubérculos (Planta)	Número de minitubérculos (m ²)
Sistemas de Cultivo		
NFT	39,45 ± 1,13 B ¹	246,58 ± 7,12 C
DFT	41,63 ± 1,51 B	457,97 ± 16,67 B
Aeroponia	49,32 ± 1,09 A	874,42 ± 9,45 A
C.V. (%)	5,85	6,03
DMS (5%)	2,35	29,37
Cultivares		
Agata	40,32 ± 1,29 B	492,12 ± 53,90 B
Monalisa	46,62 ± 1,05 A	560,12 ± 56,65 A
C.V.(%)	11,17	11,97
DMS (5%)	2,92	37,84

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No sistema aeropônico, por não haver nenhum tipo de impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, sugere-se que a emissão de novas raízes e estolões seja facilitada, contribuindo sobremaneira para o aumento no número de minitubérculos planta⁻¹. RITTER et al. (2001), trabalhando com a produção de minitubérculos em sistemas hidropônicos na Espanha, relata que além de um maior

crescimento da parte aérea da planta, o que também pode ser verificado neste trabalho (Figura 12A), houve um incremento no volume do sistema radicular e comprimento dos estolões no sistema aeropônico, porém neste caso comparado ao sistema tradicional (cultivo em substrato de perlita) daquele país.

Além disso, VREUGDENHIL & STRUIK (1989) mencionam que estolões de batata produzem etileno quando encontram resistência mecânica ao crescimento e, como resultado, o desenvolvimento do estolão é cessado e pode ser que, nesta ocasião, as concentrações de giberelina não sejam suficientemente baixas para promover o estímulo à tuberização.

A tuberização é estimulada, inibida ou prorrogada pela ação de giberelinas (PONT LEZICA, 1970; VREUGDENHIL & STRUIK, 1989, XIN et al., 1998). O decréscimo no nível de giberelina provoca dois efeitos: decréscimo no desenvolvimento dos estolões e início da tuberização. O conteúdo de giberelina em folhas e em tubérculos recém formados é significativamente menor que em folhas e estolões antes da formação do tubérculo (BARROTI & HAYASHI, 2005). Não implica, todavia, que a giberelina é o único fator que determina a tuberização, a interação com outras substâncias hormonais, bem como fatores ambientais e nutricionais estão diretamente relacionados (HAMMES & NEL, 1975).

LUGT et al. (1964) reportam um crescimento extremamente vigoroso de estolões e atraso na tuberização quando o sistema radicular se desenvolve em um ambiente sem resistência mecânica ao crescimento. Comportamento semelhante foi observado nesta pesquisa, no qual o sistema aeropônico favoreceu o crescimento livre dos estolões e um pequeno atraso na tuberização, observado no menor número de tubérculos obtidos na 1ª colheita, o que foi compensado nas colheitas subseqüentes (Figura 14). GRAY (1973) menciona que a remoção da resistência mecânica ainda nos estágios iniciais do desenvolvimento do sistema radicular de plantas de batata induz a formação de estolões secundários e maior número de tubérculos pequenos. Além disso, SOFFER & BURGER (1988) atribuem a maior aeração do sistema radicular das plantas nos sistemas aeropônicos como um dos fatores principais no aumento da produtividade quando comparado aos sistemas hidropônicos tradicionais de produção.

A semelhança do verificado neste trabalho, embora com valores inferiores, RITTER et al. (2001) obtiveram maior taxa de multiplicação de tubérculos no sistema aeropônico (11,6), quando comparado aos sistemas NFT (5,2) e em substratos (tradicional) (6,6), porém trabalhando com a cultivar Nagore e colhendo-se os tubérculos na faixa de 30 a 35 mm. Já NICHOLS (2005) apresenta valores mais próximos aos verificados neste trabalho, porém ainda inferiores, que variam de 37,34 e 19,34 tubérculos planta⁻¹ em duas épocas distintas de cultivo em sistema aeropônico de cultivo.

De maneira geral, para os três sistemas hidropônicos estudados, no que diz respeito à colheita escalonada, os resultados obtidos neste trabalho corroboram os encontrados por MEDEIROS et al. (2002, 2003) e CORRÊA (2005), ou seja, obtem-se expressivo aumento no número de tubérculos por planta colhendo os tubérculos tão logo atinjam o tamanho desejado. Isto se deve, segundo os autores, a um estímulo a diferenciação e formação de novos tubérculos e, ainda, a energia que seria normalmente utilizada para o aumento do tamanho dos mesmos, que, com a eliminação dessa demanda é carregada para formação de novos tubérculos, propiciando maiores taxas de multiplicação quando comparado aos sistemas de cultivo no solo ou substrato, que de acordo com DANIELS et al. (2000) não ultrapassam os 5 minitubérculos planta⁻¹. No entanto, FAVORETTO (2005) obteve 6,7 com a cultivar Atlantic e ANDRIOLO et al. (2003) alcançou até 7,4 minitubérculos planta⁻¹ com o clone SMIJ319-1, ambos trabalhando com a produção em substrato.

Em relação à quantidade de minitubérculos produzidos por m², esta foi substancialmente influenciada pelos sistemas hidropônicos de cultivo. Foram observadas também diferenças significativas entre cultivares, porém não significativas na interação sistema de cultivo e cultivares (Tabela 1A).

A comparação entre as médias aponta a expressiva quantidade de 874,42 minitubérculos m⁻² produzidos no sistema aeropônico, significativamente superior ao número de minitubérculos m⁻² obtido no sistema DFT (457,97), que por sua vez, diferiu significativamente do sistema NFT (246,58), no qual apresentou os menores valores (Tabela 5).

Uma das razões que leva a uma expressiva diferença na taxa de multiplicação por m^2 entre os sistemas está no fato de, embora adotado o mesmo espaçamento entre plantas (15 cm), possuírem características construtivas distintas e conseqüentemente acondicionarem maior ou menor número de plantas por m^2 . O sistema NFT, por exemplo, pode conter no máximo 6,25 plantas por m^2 , ao passo que o DFT, 11,0 plantas por m^2 e o aeropônico, 17,70 plantas por m^2 , levando-se em consideração, evidentemente, a mesma área destinada a corredores de acesso e colheita. Esta característica, própria de cada sistema, aliada ao fato de haver diferenças significativas relacionadas ao número de minitubérculos por planta entre os sistemas (Tabela 5), permitem ao sistema aeropônico obter uma taxa de multiplicação cerca de 2 vezes maior que o sistema DFT e, aproximadamente, 3,5 vezes maior que o sistema NFT.

No que se refere às cultivares, verifica-se uma maior taxa de multiplicação em favor da cultivar Monalisa (560 minitubérculos m^{-2}), significativamente superior a obtida para a Agata, que foi de 492,2 minitubérculos m^{-2} .

4.2.3 Consumo e eficiência no uso da água/solução nutritiva

Na Figura 18 estão plotados os resultados dos valores médios, para sete dias, do consumo diário de água/solução nutritiva pelas plantas de batata nos diferentes sistemas hidropônicos estudados e ao longo do ciclo da cultura.

Observa-se que os valores de consumo de água/solução nutritiva nos diferentes sistemas de cultivo assumem comportamento semelhante até o dia 01/06, aproximadamente 15 D.A.T, havendo sobreposição de linhas e pequenas diferenças durante esse período. A partir do dia 08/06 observa-se uma expressiva superioridade dos valores registrados no sistema DFT em relação aos sistemas NFT e aeropônico, que apresentaram valores muito próximos entre si, porém com uma ligeira tendência de superioridade em favor do sistema NFT.

O maior consumo de água/solução nutritiva no sistema DFT se deve, possivelmente, a grande superfície exposta de água (lâmina 6 cm) que esse sistema

hidropônico comporta (Figura 2C), o que facilita a perda de água por evaporação para a atmosfera.

Nota-se no período de 08/06 a 20/07 (22 a 64 D.A.T), caracterizado pelo intenso crescimento e acúmulo de fotoassimilados pelas plantas de batata (Figuras 12 e 14), independente do sistema de cultivo, expressivo acréscimo no consumo de água/solução nutritiva, interrompido por uma queda na tendência de aumento próximo ao dia 06/07 (49 D.A.T), possivelmente em função dos menores valores de temperatura e radiação solar registrados nesta semana (Figura 1) e, em seguida, a partir do dia 13/07 (57 D.A.T), com o aumento novamente dos valores dessas variáveis meteorológicas uma nova retomada evapotranspirativa pode ser observada (Figura 18) até atingir o máximo de reposição diária de solução/água, por volta dos 64 D.A.T (20/07), com valores da ordem de 278,75, 437,01 e 247,25 mL planta⁻¹ dia⁻¹ para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente.

Após atingir o máximo, ou seja, a partir do dia 27/07 (71 D.A.T), os valores de consumo de água/solução nutritiva assumem um comportamento do tipo decrescente; contudo, o sistema DFT continua apresentando os maiores valores para a característica analisada.

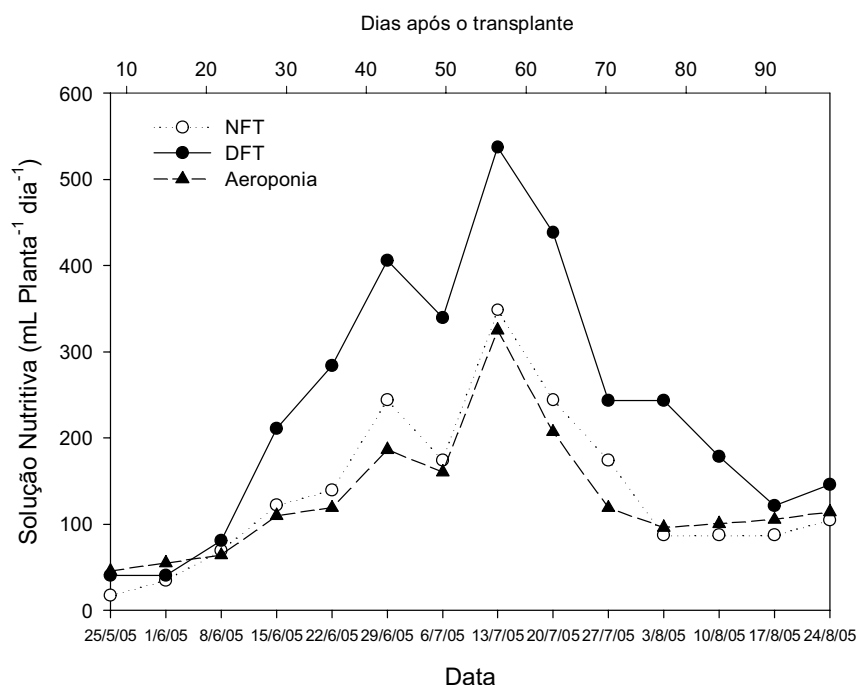


Figura 18. Consumo de água/solução nutritiva médio (mL planta⁻¹ dia⁻¹), da cultura da batata, cultivada em três diferentes sistemas hidropônicos de cultivo. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Avaliando o consumo de água/solução nutritiva na produção de batata em sistema NFT, WHELLER et al. (1990) verificaram incremento no consumo até aproximadamente aos 60 D.A.T, a partir do qual verificou-se uma queda nos valores, semelhante aos observados neste trabalho.

O decréscimo no consumo de água/solução nutritiva, principalmente a partir dos 64 D.A.T (ponto de máximo), se deve, possivelmente, a menor atividade das folhas baixas das plantas, aquelas que ainda encontram-se ativas (Figura 13).

Durante o período experimental (ciclo de 100 dias), a cultura da batata em hidroponia apresentou consumo total de água/solução de 13,54, 23,18 e 12,66 L planta⁻¹ e médio de 0,135, 0,127 e 0,232 L planta⁻¹, para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente.

Esses resultados corroboram os obtidos por EL-SHINAWY et al. (1996) que não verificaram maiores diferenças entre os sistemas NFT e aeroponia no que se refere ao total de água consumida pelas plantas, porém trabalhando com a cultura da alface. Na produção de batata-semente em hidroponia NFT, REISSER JÚNIOR et al. (2005) encontraram valores de consumo de água/solução nutritiva na faixa de 0,11 a 0,15 L planta dia⁻¹, dependendo do nível de nitrogênio na solução nutritiva, próximos aos verificados neste trabalho, a exceção do sistema DFT, que obteve valores acima dos mencionados pelo referido autor.

De maneira geral, o valor do consumo total de água/solução nutritiva pelas plantas no sistema hidropônico DFT foi em média 71,2% e 83,1% superior aos obtidos nos sistemas NFT e aeropônico, respectivamente.

Em relação à eficiência no uso da água/solução nutritiva, observa-se na Tabela 6 que o sistema aeropônico apresentou os menores valores de consumo de solução nutritiva por tubérculo formado e, conseqüentemente, maior eficiência na conversão, com valores médios da ordem de 3,90 tubérculos L⁻¹ de água/solução consumida, seguido do sistema NFT, com 2,92 tubérculos L⁻¹ e DFT, com valores da ordem de 1,80 tubérculos L⁻¹.

Tabela 6. Eficiência no uso da água/solução nutritiva (tubérculos L⁻¹) na produção de minitubérculos de batata-semente básica, em função dos diferentes sistemas hidropônicos de cultivo e cultivares. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Sistema de Cultivo	Cultivares		Média
	Agata	Monalisa	
NFT	2,63	3,21	2,92
DFT	1,66	1,93	1,80
Aeroponia	3,70	4,09	3,90
Média	2,66	3,07	

Na comparação entre cultivares, verifica-se que, devido a uma maior produtividade, em termos de número de minitubérculos planta⁻¹, da cultivar Monalisa em relação a Agata (Tabela 5), para um mesmo volume de água/solução nutritiva consumida, obteve-se uma maior eficiência no uso da água/solução nutritiva em favor da primeira, cerca de 3,07 tubérculos L⁻¹, 15,4% superior quando comparado a segunda, que alcançou 2,66 tubérculos L⁻¹.

4.3 Análise econômica

4.3.1 Análise de Investimento

4.3.1.1 Investimento

O valor do investimento em infra-estrutura de produção, comum aos diferentes sistemas hidropônicos estudados, incluindo serviços terceirizados de terraplagem e construção de cercas, instalações para insumos e funcionários e o ambiente protegido (estufa) propriamente dito, encontram-se apresentados na Tabela 7.

De acordo com as informações contidas nesta tabela, as despesas com o preparo do solo e cercas de proteção representam 7,7% do total investido em infra-estrutura de implantação. A construção do ambiente protegido propriamente dito, com a instalação de um reservatório suplementar externo de 20.000 L gira em torno de 50 %

do total, sendo que na construção de uma estrutura para funcionários e acondicionamento de insumos são gastos 42,3% dos recursos investidos. Apesar do elevado valor para construção da instalação para funcionários e insumos na composição das despesas totais em infra-estrutura, é de fundamental importância para o adequado armazenamento de insumos e, principalmente para as melhores condições de higiene e trabalho dos funcionários, haja vista que necessitarão de trocas periódicas de uniforme para evitar possíveis contaminações no sistema de produção.

Tabela 7. Investimento em infraestrutura para implantação de um módulo de produção de minitubérculos de batata-semente de 312 m² (estufa), em R\$ de setembro de 2006, FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Itens	Unid.	Quant.	Valor Total (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (R\$)
Terreno/terraplanagem	m ²	1000	1.120,00	-	-
Cercas de proteção	m	140	1.780,00	25	1.281,60
Barracão de 32 m ² (8 x 4 m) para acondicionamento de insumos e necessidades de funcionários	un.	1	16.000,00	25	11.520,00
Estrutura de ferro galvanizado (estufa) de 312 m ² (8 x 39 m), com anti-câmara, tela anti-afídica nas laterais e plástico de cobertura de 150 µm.	un.	1	15.000,00	20	9.750,00
Reservatório externo de 20.000 L	un.	1	3.220,00	20	2.093,00
Pedra brita nº 2	m ³	20	670,00	7	-
Total			37.790,00		24.644,60

No que tange ao valor do investimento em sistemas hidropônicos, verifica-se, por intermédio das Tabelas 8, 9, e 10, que para instalação de um sistema de aeroponia é necessário a maior quantidade de recursos financeiros, da ordem de R\$ 38.421,00, seguido do sistema NFT com investimento de R\$ 25.320,22 e DFT estimado em R\$ 17.941,44.

Tabela 8. Investimentos para construção de um sistema NFT “Nutrient Film Technique” (Técnica do Filme de Nutrientes) necessários para a produção de batata-semente em uma estrutura (estufa) de 312 m², em (R\$) de setembro de 2006. UNESP/FCAV – Jaboticabal (SP), 2006.

Itens		Unid.	Quant.	Valor Total (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (R\$)
Calhas de Cultivo						
Calhas de PVC de 125mm (Aquapluv®)		m	780	11.791,00	15	6.288,53
Barra ferro de ½"		m	360	1.170,00	10	351,00
Lona polietileno preto/branco de 100µm		m ²	150	192,00	2	-
Bancada de Suporte						
Madeira	Sarrafos (12 x 2,5 cm)	m	410	1.435,00	7	-
	Ripas (5 x 2,5 cm)	m	282	211,15	7	-
Pregos		kg	2	13,80	7	-
Corrente		m	70	161,00	7	-
Arame galvanizado nº 14		un.	40	272,00	3	-
Irrigação e Drenagem						
Tubulações	Tubo de PVC branco de 100 mm	m	140	938,00	7	-
	Tubo de PVC marrom de ¾"	m	150	375,00	7	-
	Mangueira de polietileno preta de ¾"	m	100,0	114,00	7	-
Conectores	Curvas de ¾"	un.	30	31,24	7	-
	Cap de ¾"	un.	120	72,00	7	-
	Tês de ¾"	un.	115	66,70	7	-
Base de polietileno preto, rosca de 3/8"		un.	1750	840,00	7	-
Filtro de tela 1"		un.	2	100,00	7	-
Válvulas de saída d'água de ¾"		un.	70	203,00	7	-
Caixa d'água de 6.000 L		un.	1	1.655,00	20	1.075,75
Lixa		un.	10	18,00	7	-
Cola (175 mL)		un.	5	26,10	7	-
Conjunto moto-bomba e gerador						
Moto-bomba de 1,5 cv Schneider		un.	1	864,43	10	259,33
Fios Elétricos		m	50	72,50	7	-
Timer analógico		un.	1	105,30	4	-
Gerador a Diesel Toyama TK4000C		un.	1	2.785,00	15	1.485,33
Mão-de-obra para construção		-	-	2.000,00	7	-
TOTAL				25.320,22		9.459,94

Tabela 9. Investimentos para construção de um sistema DFT “Deep Flow Technique” (Técnica do Fluxo Profundo) necessários para a produção de batata-semente em uma estrutura (estufa) de 312 m², em (R\$) de setembro de 2006. UNESP/FCAV – Jaboticabal (SP), 2006.

Itens		Unid.	Quant.	Valor Total (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (R\$)
Calhas de Cultivo						
Canaletas de Fibrocimento (49 x 18cm)		m	312	7.872,80	15	4.198,82
Lona polietileno preta/branca de 100µm		m²	300	384,00	3	-
Bancada de Suporte						
Barras de ferro (20 x 20 mm)		m	462	1.270,50	15	677,60
Mão-de-obra serralheria		-	-	800,00	7	-
Arame galvanizado nº 14		un.	32	217,60	3	-
Irrigação e Drenagem						
Tubulações	Tubo de PVC branco de 100 mm	m	144	964,80	7	-
	Tubo de PVC marrom de ¾"	m	316	395,00	7	-
	Tubo de PVC marrom de 1,5"	m	18,0	78,48		
Conectores	Mangueira de polietileno preta de ¾"	m	100,0	114,00	7	-
	Curvas de ¾"	un.	96	119,04	7	-
	Tês de ¾"	un.	54	31,32	7	-
Filtro de tela 1"		un.	2	100,00	7	-
Caixa d'água de 10.000 L		un.	1	2.750,00	20	1.787,50
Lixa		un.	10	18,00	7	-
Cola (175 mL)		un.	5	26,10	7	-
Conjunto moto-bomba e gerador						
Moto-bomba de 3 hp Schneider		un.	1	1.122,00	10	598,40
Fios Elétricos		m	50	72,50	7	-
Timer analógico		un.	1	105,30	4	-
Mão-de-obra para construção		-	-	1.500,00	7	-
TOTAL				17.941,44		7.262,32

Tabela 10. Investimentos para construção de um sistema aeropônico (cultivo no ar) necessários para a produção de batata-semente em uma estrutura (estufa) de 312 m², em (R\$) de setembro de 2006. UNESP/FCAV – Jaboticabal (SP), 2006.

Itens		Unid.	Quant.	Valor Total (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (R\$)
Caixas de Cultivo						
Caixas de fibra de vidro		m ²	500	15.000,00	20	9.750,00
Tela de 7 x 5 cm (Suporte plantas)		m ²	132	1.454,00	7	-
Barra ferro chato 5/8" x 1/8"		m	201,6	252,00	7	126,00
Dobradiças de ferro		un.	576	288,00	7	-
Lona plástica preta/branca de 100µm		m ²	150	192,00	3	-
Bancada de Suporte						
Barras de ferro (20 x 20 mm)		m	456,6	1.255,65	20	251,13
Mão-de-obra serralheria		-	-	800,00	7	-
Arame galvanizado nº 14		un.	40	272,00	3	-
Irrigação e Drenagem						
Tubulações	Tubos de PVC branco de 100 mm	m	144	964,80	7	-
	Tubo de PVC de ¾"	m	318	397,50	7	-
	Tubo de PVC de 1,5"	m	18,0	78,48	7	-
	Mangueira de polietileno preta de ¾" (2,5 mm)	m	100,0	114,00	7	-
Conectores	Curvas de PVC de ¾"	un.	20	24,80	7	-
	Cap de PVC de ¾"	un.	288	172,80	7	-
	Cruzeta de PVC de ¾"	un.	144	410,40	7	-
	Tês de PVC de ¾"	un.	10	5,80	7	-
Conjunto Nebulizadores		un.	1750	4.375,00	7	-
Filtro de tela 1"		un.	4	200,00	7	-
Válvulas de saída d'água de ¾"		un.	96	278,40	7	-
Caixa d'água de 10.000 L		un.	1	2.750,00	20	1.375,00
Lixa		un.	15	27,00	7	-
Cola (175 mL)		un.	10	52,20	7	-
Conjunto moto-bomba e gerador						
Moto-bomba múltiplo-estágio ME 2 – 2350 Schneider de 5 hp		un.	1	1.538,00	10	461,40
Fios Elétricos		m	50	72,50	7	-
Timer Eletrônico		un.	1	500,00	15	150,00
Gerador Diesel Toyama TK6000CXE		un.	1	3.946,00	15	2.104,53
Mão-de-obra para construção		-	-	3.000,00	7	-
TOTAL				38.421,00		14.218,06

De maneira geral, na composição do investimento de implantação dos diferentes sistemas hidropônicos estudados, observa-se que o maior dispêndio financeiro ficou por conta do grupo de itens caixas/calhas de cultivo, com valores médios de 47,5% do total investido. O maior investimento em caixas/canais de cultivo foi registrado no sistema aeropônico com valor de R\$ 17.186,00, enquanto que no sistema NFT e DFT foram observados valores da ordem de R\$ 13.153,00 e R\$ 8.256,80, respectivamente. A aquisição das caixas de fibra de vidro foi o fator que mais onerou este item, por se tratar de um material de alto custo no mercado. No entanto, em futuros trabalhos pode ser estudado a substituição da fibra de vidro por polietileno, PVC e até alvenaria, mas, devido a necessidade de se manter a fidelidade aos materiais utilizados na presente pesquisa, não foi utilizada outra matéria-prima para composição do custo em infraestrutura dos sistemas. Sendo assim, faz-se necessárias novas pesquisas, principalmente no que se refere a diferentes materiais de construção do sistema aeropônico, de maneira a contribuir para a diminuição dos custos de implantação deste sistema de cultivo.

Em seguida, destaca-se o gasto com irrigação e drenagem, com valores da ordem de 25,6% do total de implantação, a exceção do sistema NFT, no qual o segundo grupo de itens com maior impacto sobre o custo de implantação foi referente à aquisição da moto-bomba e gerador, com valores que representaram 23,0% do total investido. Apesar do elevado preço do gerador, é um item de fundamental importância para a segurança de projetos hidropônicos, principalmente no que diz respeito aos sistemas NFT e aeroponia, haja vista que sua instalação evita riscos com uma possível falta de energia. No sistema DFT, por conter uma camada permanente de 6 cm de solução nutritiva, pode sofrer uma falta de energia temporária sem maiores prejuízos às plantas, portanto, sua aquisição é facultativa, não sendo relacionado na planilha de investimento deste sistema. Ademais, o item de menor impacto no investimento de implantação dos sistemas hidropônicos foi o relativo às bancadas de suporte dos sistemas, que representou, em média 9,0% do total investido.

Na Tabela 11 encontram-se apresentados os valores de investimento necessários para aquisição de equipamentos e utensílios imprescindíveis para o

manejo da solução nutritiva, tratamento fitossanitário e colheita. Há de se ressaltar que esses equipamentos possuem uma vida útil inferior aos demais, principalmente no que se refere ao medidor multiparâmetro (condutividade elétrica (EC) e pH) que, uma vez utilizado descalibrado ou inapto às leituras cotidianas, em função de seu avançado tempo de uso, pode comprometer todo o manejo da solução nutritiva e conseqüentemente, a produção, portanto, deve ser substituído, no máximo, a cada quatro anos de uso.

Os utensílios de colheita e de acondicionamento dos minitubérculos como caixas e bandejas pelo fato de poderem, com o tempo, acondicionar patógenos em sua estrutura, embora esterilizados com freqüência, deverão ser substituídos a cada sete anos, ou seja, ao final de cada ciclo de produção, coincidindo com a vida útil das estruturas hidropônicas.

Tabela 11. Investimentos em outros equipamentos para a produção de minitubérculos de batata-semente em ambiente protegido (estufa) sob cultivo hidropônico, em (R\$) de setembro de 2006. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

ITEM	Unid.	Quant.	Valor Total (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (R\$)
Medidor multiparâmetro (pH e EC)	1	520,00	520,00	4	-
Bandejas	16	20,00	320,00	7	-
Caixas	48	10,00	480,00	7	-
Pulverizador	1	900,00	900,00	10	270,00
Pulverizador Costal	1	150,00	150,00	4	-
Equipamento (EPI)	2	40,00	80,00	3	-
Uniforme	4	20,00	80,00	2	-
TOTAL			2.530,00		270,00

4.3.1.2 Despesas operacionais

As despesas com materiais e insumos, assim como as operações manuais e outros custos como transporte, análises de viroses e taxas para produção e comercialização de batata-semente, encontram-se apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Com base nos valores obtidos e apresentados na Tabela 12, verifica-se que no sistema aeropônico tem-se maiores despesas com materiais e insumos, estimado em R\$ 9.084,50, seguido do sistema DFT, com valores de R\$ 5.403,00 e finalmente o NFT, com os menores valores, da ordem de R\$ 3.657,70, para um ciclo de produção de minitubérculos de batata-semente básica.

Esta diferença deve-se, principalmente, ao diferente número de plantas que os sistemas hidropônicos podem acondicionar e, conseqüentemente, ao maior ou menor número de plântulas micropropagadas a adquirir, principal componente das despesas com insumos e materiais, correspondendo a 67,0%, 74,6% e 70,6% do total gasto, respectivamente, para os sistemas NFT, DFT e aeroponia.

A cultura da batata é caracterizada pelo alto número de pulverizações com inseticidas e fungicidas durante o seu ciclo produtivo, o que pode ser constatado por meio dos 8,6%, 9,5% e 8,8% gastos com estes produtos para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente, segundo item em média de maior impacto na composição das despesas com insumos e materiais.

No item energia elétrica, constata-se uma notável diferença entre os sistemas hidropônicos estudados. O maior dispêndio financeiro ficou por conta do sistema NFT, cerca de 16,1% do total gasto com insumos e materiais, seguido do sistema aeropônico, com 7,1% e, com os menores valores observados o sistema DFT, da ordem de 5,4%. Esta diferença deve-se ao fato dos sistemas trabalharem com diferentes tempos de funcionamento. O sistema DFT, por exemplo, trabalha durante o período diurno $\frac{1}{4}$ do tempo ligado/desligado, respectivamente, ao passo que o sistema NFT trabalha $\frac{1}{2}$ do tempo ligado/desligado, respectivamente, portanto, há uma economia em termos de energia elétrica no sistema DFT quando comparado ao sistemas NFT e aeroponia.

As despesas com solução nutritiva perfazem 4,3%, 7,3% e 3,5% dos gastos com insumos e materiais, sendo que os menores valores ficaram por conta do item tutoramento, correspondendo a 1,9%, 1,8% e 2,1% do total, para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente.

Tabela 12. Despesas com materiais e insumos para um ciclo de produção de minitubérculos de batata-semente em uma estufa de 312 m² em Reais (R\$), de setembro de 2006. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Item	Unid	Quantidade			Valor	Valor Total (R\$)		
		NFT	DFT	Aero	Unit. (R\$)	NFT	DFT	Aero
1. MATERIAIS E INSUMOS								
Desinfecção do Ambiente								
Quatemon	L		1		3,52		3,52	
Oxicloreto de Cobre	Kg		5		8,00		40,00	
Cloro	Kg		10		3,30		33,00	
Produção de Mudas								
Espuma Fenólica	cx.	6	10	16	50,00	300	500	800
Plântulas de Batata	un.	2200	3800	6100	1,00	2.200	3.800	6.100
Solução Nutritiva								
Ácido Sulfúrico	L	3	6	4	16,00	48,00	96,00	64,00
Nitrato de Cálcio	Kg	25,5	73,1	62,9	1,76	44,88	128,66	110,70
Nitrato de Potássio	Kg	5,0	14,4	12,4	2,60	13,03	37,34	32,13
MAP Purificado	Kg	5,7	16,3	14,1	2,69	15,33	43,95	37,82
Sulfato de Magnésio	Kg	7,2	20,6	17,8	0,76	5,47	15,69	13,50
Cloreto de Potássio	Kg	9,0	25,8	22,2	0,80	7,20	20,64	17,76
Tenso Iron	Kg	0,9	2,6	2,2	25,00	22,50	64,50	55,50
Profol Magnésio	L	8,5	24,3	20,87	0,03	0,25	0,73	0,63
Profol Manganês	L	155,4	445,5	383,3	0,02	3,11	8,91	7,67
Profol Boro	L	66,0	189,2	162,8	0,02	1,32	3,78	3,26
Profol zinco	L	24,9	71,4	61,4	0,015	0,37	1,07	0,92
Profol Cobre	L	7,5	21,5	18,5	0,025	0,19	0,54	0,46
Profol Molibdênio	L	9,9	28,4	24,4	0,015	0,15	0,43	0,37
Energia Elétrica	h	1087,5	375	500	0,35	600,30	310,50	690,00
Tratamento Fitossanitário								
Cabrio Top	Kg	0,8	1,4	2,1	60,00	48,00	81,60	128,64
Midas	Kg	0,4	0,7	1,1	70,00	28,00	47,60	75,04
Ridomil Gold Mz	Kg	1,2	2,0	3,2	52,18	62,62	106,45	167,81
Oxicloreto de Cobre	Kg	1,0	1,7	2,7	20,00	20,00	34,00	53,60
Dacostar	Kg	1,5	2,6	4,0	35,00	52,50	89,25	140,70
Vertimec	L	0,8	1,4	2,1	60,00	48,00	81,60	128,64
Decis	L	1,0	1,7	2,7	28,00	28,00	47,60	75,04
Amistar	Kg	0,5	0,9	1,3	70,00	35,00	59,50	93,80
Tutoramento								
Arame galvanizado (36m)	Kg	10	15	30	7	70,00	105,00	210,00
Subtotal 1. Custo dos Materiais Insumos						3.657,70	5.403,00	9.084,50

Na Tabela 13 encontram-se apresentados as operações e procedimentos, bem como a estimativa da utilização da mão-de-obra (dias homem⁻¹) na condução de um ciclo de produção de minitubérculos, em uma estrutura de 312 m², no qual pode-se observar que a atividade depende exclusivamente da interferência da mão-de-obra manual para a execução dos trabalhos.

O maior dispêndio financeiro com mão-de-obra ficou por conta do sistema aeropônico R\$ 6.274,00, seguido do sistema DFT, com valores da ordem de R\$ 5.574,00, e NFT, estimado em R\$ 4.874,00.

Do total de dias de mão-de-obra comum demandados por esta atividade, desconsiderando apenas a mão-de-obra do técnico, 47%, 54,4% e 58,5% foi devido ao item colheita, para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente. O procedimento de se colher os tubérculos tão logo atinjam um tamanho padronizado gera um grande número de colheitas (colheitas escalonadas), o que aumenta substancialmente o número de intervenções manuais nesta atividade.

O segundo grupo de grande expressão na composição dos gastos com mão-de-obra foi os tratos culturais, 28%, 23,4% e 19,7% do total, respectivamente, para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia. O grande número de pulverizações, bem como o monitoramento diário da condutividade elétrica e pH e posterior reposição de água/solução nutritiva contribuem sobremaneira para aumentar o número dias homem⁻¹ necessários para a realização destas atividades.

Em seguida, destaca-se o preparo e plantio das plântulas, com 14,4%, 13,3% e 12,2% do total demandado de mão-de-obra, acompanhado pelo preparo e transplante das mudas, com 4,5%, 3,8% e 5,3% para os sistemas NFT, DFT e aeroponia, respectivamente.

As atividades de menor impacto na composição das despesas com mão-de-obra foram o preparo do ambiente, incluindo a limpeza e desinfecção do local e o preparo das bancadas e sistema de cultivo, incluindo limpeza e desinfecção do sistema de cultivo que obtiveram os mesmos valores, da ordem de 3,0%, 2,5% e 2,1% para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente.

Tabela 13. Despesas operacionais de mão-de-obra e outros custos para um ciclo de produção de minitubérculos de batata-semente em uma estufa de 312 m² em Reais (R\$), de setembro de 2006. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Descrição do Serviço	Tipo Mão-de-Obra ¹	Tempo (Dias Hom ⁻¹)		
		NFT	DFT	Aeroponia
2. OPERAÇÕES				
Preparo do ambiente				
Limpeza e desinfecção do ambiente	M	4	4	4
Preparo das bancadas e sistema de cultivo				
Limpeza e desinfecção do sistema de cultivo	M	4	4	4
Preparo e plantio das plântulas				
Preparo do berçário	M	4	4	4
	D	4	4	4
Plantio das plântulas	M	2	2	2
	D	2	4	6
Irrigação	M	5	5	5
Pulverizações	M	2	2	2
Preparo e transplante das mudas				
Preparo dos sistemas	M	2	2	2
Transplante das mudas	M	2	2	2
	D	2	4	6
Tratos culturais				
Controle de Pragas	M	10	10	10
Controle de Doenças	M	10	10	10
Ajuste do pH e C.E.	M	9	9	9
Reposição de solução	M	8	8	8
Colheita				
Colheitas	M	24	24	24
	D	24	48	72
Estocagem	M	8	8	8
Armazenamento	M	6	6	6
Assistência Técnica	T	15	15	15
Total M		100	100	100
Total D		32	60	88
Total T		15	15	15
Subtotal 2. Custo da Operações		4.874,00	5.574,00	6.274,00
3. OUTROS CUSTOS				
Transporte			1.000,00	
Análises de vírus			200,00	
Taxas - inscrição e comercialização de batata-semente			800,00	
Subtotal 3. Outros Custos			2.000,00	

¹ M – Mensalista; D – Diarista; T - Técnico

4.3.1.3 Indicadores de viabilidade econômica

Para analisar a viabilidade econômica do investimento, elaborou-se fluxos de caixa para os diferentes sistemas, os quais encontram-se apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16.

Na composição dos fluxos de caixa, as saídas são referentes aos desembolsos com a construção e implantação do ambiente protegido, equipamentos e sistemas hidropônicos de cultivo, assim como as respectivas reposições ao longo do horizonte do projeto, além das despesas operacionais efetuadas a cada ciclo de produção da cultura. As entradas referem-se à receita obtida com a venda dos minitubérculos e ao valor residual de todos os bens de capital que ultrapassam o horizonte do projeto. A diferença entre o fluxo de saída e de entrada representa o fluxo líquido do empreendimento, a partir do qual foram calculados o período de recuperação do capital (PayBack) simples e econômico, a taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e a relação benefício/custo (B/C), cujos resultados estão apresentados na Tabela 17.

A análise dos fluxos de caixa, levando-se em consideração os diferentes sistemas hidropônicos, revela a necessidade de maior capital inicial para implantação do sistema aeropônico, cerca de R\$ 78.741,00, seguido do sistema NFT com valores da ordem de R\$ 65.640,22 e menores valores iniciais para o DFT, que foi de R\$ 58.261,44.

Para cada período de produção de minitubérculos de batata-semente são necessários, em ordem decrescente de valores, R\$ 17.858,50, R\$ 13.477,00 e R\$ 11.031,70 relativos aos sistemas aeroponia, DFT e NFT, respectivamente. De acordo com estas informações e considerando os valores de receita bruta (RB) de R\$ 77.761,38, R\$ 40.722,69 e R\$ 21.925,89 para a mesma ordem de sistemas citados acima, o fluxo líquido de caixa no primeiro ano gira em torno de R\$ 59.902,88 no sistema aeropônico, R\$ 27.245,69 no DFT e R\$ 10.894,19 no sistema NFT. Considerado o horizonte do projeto de sete anos, contudo, o fluxo líquido vai se alterando ao longo dos anos nos diferentes sistemas hidropônicos, como pode ser observado nas Tabelas 14, 15 e 16. Estas alterações devem-se a necessidade de substituição de alguns equipamentos e materiais, bem como a inclusão do valor residual daqueles equipamentos que ainda poderão ser utilizados em futuros ciclos produtivos.

Tabela 14. Fluxo de caixa do investimento para produção de minitubérculos de batata-semente em uma estufa de 312 m² e utilizando-se o sistema hidropônico NFT, em Reais (R\$), de setembro de 2006. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

ITEM	Período (anos)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
SAÍDAS	65.640,22	11.031,70	11.103,70	10.811,70	11.879,00	12.051,70	11.183,70	10.731,70
1. Investimento								
Terraplanagem	1.120,00							
Cerca de Proteção	1.780,00							
Instalação para funcionários/insumos	16.000,00							
Ambiente Protegido	15.000,00							
Reservatório externo	3.220,00							
Pedra Brita	670,00							
Sistema Hidropônico NFT	25.320,22		192,00		297,30		192,00	
Outras instalações e equipamentos	2.530,00		80,00	80,00	750,00		160,00	
SUBTOTAL 1.	65.640,22	0,00	272,00	80,00	1.047,30	0,00	352,00	0,00
2. Despesas Operacionais								
Materiais		3.657,70	3.657,70	3.657,70	3.657,70	3.657,70	3.657,70	3.657,70
Mão-de-obra		4.874,00	4.874,00	4.874,00	4.874,00	4.874,00	4.874,00	4.874,00
Outros Custos		2.000,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00
Manutenção Estufa		500,00	600,00	500,00	600,00	1.820,00	600,00	500,00
SUBTOTAL 2.		11.031,70	10.831,70	10.731,70	10.831,70	12.051,70	10.831,70	10.731,70
ENTRADAS	0,00	21.925,89	21.925,89	21.925,89	21.925,89	21.925,89	21.925,89	56.030,43
Receita Vendas		21.925,89	21.925,89	21.925,89	21.925,89	21.925,89	21.925,89	21.925,89
Valor Residual								34.104,54
FLUXO LÍQUIDO	(65.640,22)	10.894,19	10.822,19	11.114,19	10.046,89	9.874,19	10.742,19	45.298,73
FLUXO LÍQUIDO ACUMULADO	(65.640,22)	(54.746,03)	(43.923,83)	(32.809,64)	(22.762,75)	(12.888,55)	(2.146,36)	43.152,38

Tabela 15. Fluxo de caixa do investimento para produção de minitubérculos de batata-semente em uma estufa de 312 m² e utilizando-se o sistema hidropônico DFT, em Reais (R\$), de setembro de 2006. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

ITEM	Período (anos)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
SAÍDAS	58.261,44	13.477,00	13.549,00	13.257,00	14.324,30	14.497,00	13.629,00	13.177,00
1. Investimento								
Terraplanagem	1.120,00							
Cerca de Proteção	1.780,00							
Instalação para funcionários/insumos	16.000,00							
Ambiente Protegido	15.000,00							
Reservatório externo	3.220,00							
Pedra Brita	670,00							
Sistema Hidropônico DFT	17.941,44		192,00		297,30		192,00	
Outras Instalações e Equip.	2.530,00		80,00	80,00	750,00		160,00	
SUBTOTAL 1.	58.261,44	0,00	272,00	80,00	1.047,30	0,00	352,00	0,00
2. Despesas Operacionais								
Materiais		5.403,00	5.403,00	5.403,00	5.403,00	5.403,00	5.403,00	5.403,00
Mão-de-obra		5.574,00	5.574,00	5.574,00	5.574,00	5.574,00	5.574,00	5.574,00
Outros Custos		2.000,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00
Manutenção Estufa		500,00	600,00	500,00	600,00	1.820,00	600,00	500,00
SUBTOTAL 2.		13.477,00	13.277,00	13.177,00	13.277,00	14.497,00	13.277,00	13.177,00
ENTRADAS	0,00	40.722,69	40.722,69	40.722,69	40.722,69	40.722,69	40.722,69	72.899,61
Receita Vendas		40.722,69	40.722,69	40.722,69	40.722,69	40.722,69	40.722,69	40.722,69
Valor Residual								32.176,92
FLUXO LÍQUIDO	(58.261,44)	27.245,69	27.173,69	27.465,69	26.398,39	26.225,69	27.093,69	59.722,61
FLUXO LÍQUIDO ACUMULADO	(58.261,44)	(31.015,75)	(3.842,06)	23.623,64	50.022,03	76.247,72	103.341,41	163.064,03

Tabela 16. Fluxo de caixa do investimento para produção de minitubérculos de batata-semente em uma estufa de 312 m² e utilizando-se o sistema hidropônico aerônico, em Reais (R\$), de setembro de 2006. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

ITEM	Período (anos)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
SAÍDAS	78.741,00	17.858,50	17.930,50	17.638,50	18.705,80	18.878,50	18.010,50	17.558,50
1. Investimento								
Terraplanagem	1.120,00							
Cerca de Proteção	1.780,00							
Instalação para funcionários/insumos	16.000,00							
Ambiente Protegido	15.000,00							
Reservatório externo	3.220,00							
Pedra Brita	670,00							
Sistema Aeropônico	38.421,00		192,00		297,30		192,00	
Outras Instalações e Equip.	2.530,00		80,00	80,00	750,00		160,00	
SUBTOTAL 1.	78.741,00	0,00	272,00	80,00	1.047,30	0,00	352,00	0,00
2. Despesas Operacionais								
Materiais		9.084,50	9.084,50	9.084,50	9.084,50	9.084,50	9.084,50	9.084,50
Mão-de-obra		6.274,00	6.274,00	6.274,00	6.274,00	6.274,00	6.274,00	6.274,00
Outros Custos		2.000,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00
Manutenção Estufa		500,00	600,00	500,00	600,00	1.820,00	600,00	500,00
SUBTOTAL 2.		17.858,50	17.658,50	17.558,50	17.658,50	18.878,50	17.658,50	17.558,50
ENTRADAS	0,00	77.761,38	77.761,38	77.761,38	77.761,38	77.761,38	77.761,38	116.894,04
Receita Vendas		77.761,38	77.761,38	77.761,38	77.761,38	77.761,38	77.761,38	77.761,38
Valor Residual								39.132,66
FLUXO LÍQUIDO	(78.741,00)	59.902,88	59.830,88	60.122,88	59.055,58	58.882,88	59.750,88	99.335,54
FLUXO LÍQUIDO ACUMULADO	(78.741,00)	(18.838,12)	40.992,75	101.115,63	160.171,21	219.054,08	278.804,96	378.140,49

Por intermédio dos indicadores de viabilidade econômica apresentados na Tabela 17, e, considerando-se o preço de venda do minitubérculo de R\$ 0,30, verifica-se que os três sistemas hidropônicos analisados apresentam viabilidade econômica, uma vez que obtiveram VPL maior que zero e a TIR superior ao custo de oportunidade do investidor, considerado neste trabalho de 12% a.a. Uma atividade ou projeto pode ser considerada economicamente viável se o VPL for maior que zero (AZEVEDO FILHO, 1995), e a TIR superior ao custo de oportunidade do investidor (ROSS et al., 1996).

Embora todos viáveis, o sistema aeropônico apresentou os melhores resultados de viabilidade econômica, sobretudo no que diz respeito ao tempo de recuperação do capital investido (PayBack simples e econômico), em que obteve-se com este sistema um tempo de retorno do capital da ordem de 4,32 e 5,19, 0,72 e 0,94 anos mais rápido, respectivamente, quando comparado aos sistemas NFT e DFT.

Quanto a TIR, esta foi de 80% no sistema aeropônico, superior aos 50% estimados para o sistema DFT, que por sua vez foi maior do que os 14% calculados para o sistema NFT. Para o VPL, verifica-se que com uma taxa de 12% de desconto ao ano, obteve-se um valor de R\$ 4.985,77 para o sistema NFT, inferior aos R\$ 86.116,85 encontrados para o DFT e R\$ 217.823,12 para o sistema de aeroponia, mostrando que o maior valor verificado ficou por conta do sistema aeropônico. Este fato foi comprovado, mais uma vez pela razão B/C que foi de 2,41, 1,75 e 1,05 para os sistemas aeropônico, DFT e NFT, respectivamente, ou seja, o valor do benefício analisado ao longo do horizonte do projeto é maior que o dos custos atualizados para todos os sistemas estudados. No entanto, de outra forma, para cada unidade monetária investida no sistema de aeroponia tem-se um retorno de 2,41 unidades monetárias; no DFT, 1,76 unidades monetárias e, no NFT, 1,05 unidades monetárias.

Embora considerado viável, a implantação do sistema hidropônico NFT apresenta-se como investimento arriscado, haja vista que seus indicadores de viabilidade encontram-se muito baixos e próximos da inviabilidade. Além disso, em relação ao PayBack (simples), que não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, o período necessário para recuperação do capital obtido neste sistema foi de

5,55 anos, considerado alto frente aos sistemas hidropônicos DFT e aeropônico, que foram de 1,95 e 1,23 anos, respectivamente, e a outras atividades hidropônicas. SILVA & SCHWONKA (2001) obtiveram um tempo de retorno de investimento de 2,5 anos, considerando que 50% do lucro seria convertido em pagamentos em cinco estufas de 350 m², e BUENO (1996) que obteve um tempo de retorno de 1,6 anos e TIR de 59% para três estruturas de 16 m², ambos avaliando a viabilidade econômica da produção de alface em hidroponia.

Para o PayBack (econômico), representado por um custo de oportunidade de 12% ao ano, o tempo de retorno do investimento obtido foi de 6,62 anos, considerado muito próximo do final do horizonte do projeto (7 anos), reforçando, portanto, a baixa remuneração do investimento no sistema NFT nestas condições de preço de venda e de despesas na produção, mesmo sendo considerado viável economicamente.

Tabela 17. Indicadores de viabilidade econômica para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, considerando o preço de venda do minitubérculo de R\$ 0,30 e um ciclo de produção ano⁻¹. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Indicadores Econômicos	Sistema Hidropônico		
	NFT	DFT	Aeroponia
PayBack (simples)	5,55 anos	1,95 anos	1,23 anos
PayBack (econômico) 12%	6,62 anos	2,37 anos	1,43 anos
VPL – 12 %	R\$ 4.985,77	R\$ 86.116,85	R\$ 217.823,12
TIR	14%	50%	80%
B/C – 12%	1,05	1,75	2,41

4.3.1.4 Análise de sensibilidade

Devido as condições que regem o mercado e uma possível instabilidade de preço de venda do minitubérculo, bem como a falta de informações na pesquisa nacional no que diz respeito ao número de possíveis ciclos de produção de

minitubérculos de batata-semente em hidroponia, nas diferentes regiões do país, principalmente pelo fato da condição climática exercer forte influência sobre a produção da cultura da batata, analisou-se situações de preços de venda dos minitubérculos (R\$ 0,20, R\$ 0,30, R\$ 0,40 e R\$ 0,50) e números de ciclos de produção por ano (1, 2 e 3) para os diferentes sistemas hidropônicos de produção, cujos resultados encontram-se apresentados nas Tabelas 18, 19 e 20.

A partir desses resultados, observa-se, como era de se esperar, para todos os sistemas hidropônicos estudados, uma piora nos indicadores de viabilidade econômica quando o preço passa de R\$ 0,30 (condição original) para R\$ 0,20 o minitubérculo, porém mantendo o projeto ainda viável economicamente, para um ciclo de produção por ano, para os sistemas DFT e aeropônico.

Quando se cultiva por dois ciclos ano⁻¹, mantendo-se o preço de R\$ 0,20 por minitubérculo, continuam a ser viáveis economicamente apenas os sistemas hidropônicos DFT e aeroponia, não havendo viabilidade econômica de implantação do sistema hidropônico NFT. Já na situação de 3 ciclos de produção ano⁻¹ e preço unitário de venda de R\$ 0,20 o tubérculo, todos os sistemas hidropônicos estudados passam a apresentar viabilidade econômica de implantação.

Na condição original de preço, ou seja, obtendo R\$ 0,30 por minitubérculo, e cultivando-se por 2 ou 3 ciclos ano⁻¹, todos os sistemas hidropônicos estudados apresentam viabilidade econômica de implantação e, a partir dos R\$ 0,40 o minitubérculo, independente do número de ciclos de produção ano⁻¹, todos os sistemas hidropônicos analisados tornam-se viáveis economicamente.

Vale ressaltar, contudo, que, do ponto de vista de melhor remuneração e retorno do investimento, o sistema aeropônico apresentou os melhores resultados de viabilidade econômica, mesmo nas mais pessimistas situações de preço e número de ciclos ano⁻¹.

Tabela 18. Análise de sensibilidade da viabilidade econômica para um ciclo de produção ano⁻¹ em função dos diferentes sistemas hidropônicos estudados e preços de venda do minitubérculo. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Indicadores Econômicos	Sistema Hidropônico		
	NFT	DFT	Aeroponia
Preço Tubérculo (R\$ 0,20)			
PayBack (simples)	> 7 anos	3,86 anos	2,16 anos
PayBack (econômico) 12%	> 7 anos	5,57 anos	2,66 anos
VPL – 12 %	-R\$ 28.369,05	R\$ 24.167,36	R\$ 99.528,48
TIR	0%	23%	44%
B/C – 12%	0,74	1,21	1,64
Preço Tubérculo (R\$ 0,40)			
PayBack (simples)	3,29 anos	1,31 anos	0,86 anos
PayBack (econômico) 12%	4,46 anos	1,47 anos	0,97 anos
VPL – 12 %	R\$ 38.340,58	R\$ 148.066,33	R\$ 336.117,81
TIR	27%	75%	115%
B/C – 12%	1,20	2,30	3,17
Preço Tubérculo (R\$ 0,50)			
PayBack (simples)	2,36 anos	0,99 anos	0,67 anos
PayBack (econômico) 12%	2,94 anos	1,12 anos	0,74 anos
VPL – 12 %	R\$ 71.695,39	R\$ 210.015,82	R\$ 454.412,47
TIR	40%	101%	150%
B/C – 12%	1,65	2,84	3,94

Tabela 19. Análise de sensibilidade da viabilidade econômica para dois ciclos de produção ano⁻¹ em função dos diferentes sistemas hidropônicos estudados e preços de venda do minitubérculo. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Indicadores Econômicos	Sistema Hidropônico		
	NFT	DFT	Aeroponia
Preço Tubérculo (R\$ 0,20)			
PayBack (simples)	6,22 anos	1,86 anos	1,07 anos
PayBack (econômico) 12%	> 7 anos	2,23 anos	1,22 anos
VPL – 12 %	-R\$ 6.072,53	R\$ 92.493,47	R\$ 260.548,85
TIR	9%	52%	93%
B/C – 12%	0,96	1,54	2,13
Situação Original de Preço (R\$ 0,30)			
PayBack (simples)	2,60 anos	0,96 anos	0,61 anos
PayBack (econômico) 12%	3,25 anos	1,09 anos	0,69 anos
VPL – 12 %	R\$ 60.637,10	R\$ 216.392,44	R\$ 497.138,18
TIR	36%	103%	163%
B/C – 12%	1,39	2,27	3,16
Preço Tubérculo (R\$ 0,40)			
PayBack (simples)	1,60 anos	0,65 anos	0,43 anos
PayBack (econômico) 12%	1,90 anos	0,73 anos	0,48 anos
VPL – 12 %	R\$ 127.346,72	R\$ 340.291,41	R\$ 733.727,50
TIR	61%	154%	232%
B/C – 12%	1,82	3,00	4,19
Preço Tubérculo (R\$ 0,50)			
PayBack (simples)	1,16 anos	0,49 anos	0,33 anos
PayBack (econômico) 12%	1,34 anos	0,55 anos	0,37 anos
VPL – 12 %	R\$ 194.056,35	R\$ 464.190,38	R\$ 970.316,83
TIR	85%	204%	301%
B/C – 12%	2,25	3,73	5,21

Tabela 20. Análise de sensibilidade de viabilidade econômica para três ciclos de produção ano⁻¹ em função dos diferentes sistemas hidropônicos estudados e preços de venda do minitubérculo. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Indicadores Econômicos	Sistema Hidropônico		
	NFT	DFT	Aeroponia
Preço Tubérculo (R\$ 0,20)			
PayBack (simples)	4,52 anos	1,23 anos	0,71 anos
PayBack (econômico) 12%	6,16 anos	1,42 anos	0,80 anos
VPL – 12 %	R\$ 16.223,99	R\$ 160.819,57	R\$ 421.569,21
TIR	19%	81%	140%
B/C – 12%	1,08	1,71	2,38
Situação Original de Preço (R\$ 0,30)			
PayBack (simples)	1,71 anos	0,64 anos	0,41 anos
PayBack (econômico) 12%	2,04 anos	0,72 anos	0,46 anos
VPL – 12 %	R\$ 116.288,43	R\$ 346.668,03	R\$ 776.453,20
TIR	57%	156%	244%
B/C – 12%	1,58	2,54	3,54
Preço Tubérculo (R\$ 0,40)			
PayBack (simples)	1,06 anos	0,43 anos	0,29 anos
PayBack (econômico) 12%	1,22 anos	0,48 anos	0,32 anos
VPL – 12 %	R\$ 216.352,87	R\$ 532.516,48	R\$ 1.131.337,19
TIR	93%	231%	348%
B/C – 12%	2,09	3,36	4,70
Preço Tubérculo (R\$ 0,50)			
PayBack (simples)	0,77 anos	0,33 anos	0,22 anos
PayBack (econômico) 12%	0,87 anos	0,37 anos	0,25 anos
VPL – 12 %	R\$ 316.417,31	R\$ 718.364,94	R\$ 1.486.221,18
TIR	129%	306%	452%
B/C – 12%	2,59	4,19	5,86

4.3.2 Custo de produção e rentabilidade

O custo de produção do minitubérculo foi determinado levando-se em consideração os custos com insumos e materiais, assim como as operações manuais e outros custos como análises de viroses, transporte, taxas de comercialização e manutenção da estufa que perfazem o custo operacional efetivo (COE). Esse custo, acrescido do valor referente à depreciação do capital fixo (estufa, sistemas hidropônicos, benfeitorias e equipamentos) passa a denominar-se custo operacional total (COT) (Tabela 21).

Com base nos valores obtidos e apresentados na Tabela 21, verifica-se que o COT por ciclo de produção dos sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeropônico foram estimados, respectivamente, em R\$ 15.844,42, R\$ 17.474,30 e R\$ 23.810,31, para um ciclo de produção, por ano, de minitubérculos de batata-semente básica.

De maneira geral, a exceção do sistema aeropônico, considerando a média dos sistemas hidropônicos NFT e DFT, o componente que mais onerou o COT foi a mão-de-obra, com 31,4% do total, com intensa contribuição da mão-de-obra comum, principalmente nas atividades de colheita e pós-colheita que consumiram mais de 50% do tempo total de trabalho.

No que se refere ao sistema aeropônico, o grupo de itens de maior expressão no COT foi os insumos e materiais, com valores médios de 38,2%, em seguida aparece a mão-de-obra com 26,2% do total. Esta diferença se deve, principalmente, ao maior número de plantas que o sistema aeropônico pode acondicionar e, conseqüentemente, ao maior número de plântulas micropropagadas a adquirir, principal componente a onerar o custo deste item como já mencionado e apresentado na Tabela 12.

Quanto à depreciação do capital fixo, verifica-se que foi o segundo para o NFT e o terceiro grupo de itens de maior impacto na composição do COT para os sistemas DFT e aeroponia. A maior participação da depreciação, cerca de 28,9%, no sistema NFT, quando comparado aos 23% estimados para os sistemas DFT e aeroponia se deve, principalmente, a menor vida útil dos materiais utilizados na construção deste sistema (Tabela 8).

O quarto grupo de itens, em ordem decrescente, de maior expressão no COT é composto pelos outros custos, como transporte, análise de viroses e taxas de comercialização, que perfazem 10% do total. E, finalmente, o grupo de itens de menor impacto no custo de implantação dos sistemas hidropônicos foi os custos relacionados à manutenção das estufas, com valor de médio de 3,8% do total estimado.

Tabela 21. Custo operacional total, para um ciclo de produção de minitubérculos de batata-semente básica, nos sistemas hidropônicos NFT, DFT e Aeroponia em uma estufa de 312 m² em Reais (R\$), de setembro de 2006. FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Item	R\$/Ciclo de produção		
	NFT	DFT	Aeroponia
Insumos e materiais	3.657,70	5.403,00	9.084,50
Mão-de-obra	4.874,00	5.574,00	6.274,00
Outros custos	2.000,00	2.000,00	2.000,00
Manutenção da estufa		731,42	
CUSTO OPERACIONAL EFETIVO (COE)	11.263,12	13.708,12	18.089,92
Depreciação estufa		750,00	
Depreciação cerca		71,20	
Depreciação instalações funcionários		640,00	
Depreciação reservatório de 20.000 L		161,00	
Depreciação pedra brita nº 2		95,71	
Outros equipamentos		438,45	
Sistemas Hidropônicos	2.424,94	1.609,94	3.564,03
CUSTO OPERACIONAL TOTAL (COT)	15.844,42	17.474,30	23.810,31
COT médio (R\$/minitubérculo)	0,19	0,12	0,08

De acordo com os indicadores de rentabilidade, apresentados na Figura 18, verifica-se que o sistema aeropônico apresentou a maior receita bruta (RB), estimada em R\$ 77.761,38, superior ao obtido com o uso do sistema DFT (R\$ 40.722,69), que por sua vez foi maior do que o NFT, com valores da ordem de R\$ 21.925,89. Essas diferenças são resultantes, principalmente, das diferentes taxas de multiplicação obtidas

nos sistemas hidropônicos estudados, em função das diferentes produções por planta e por m² observadas (Tabela 5).

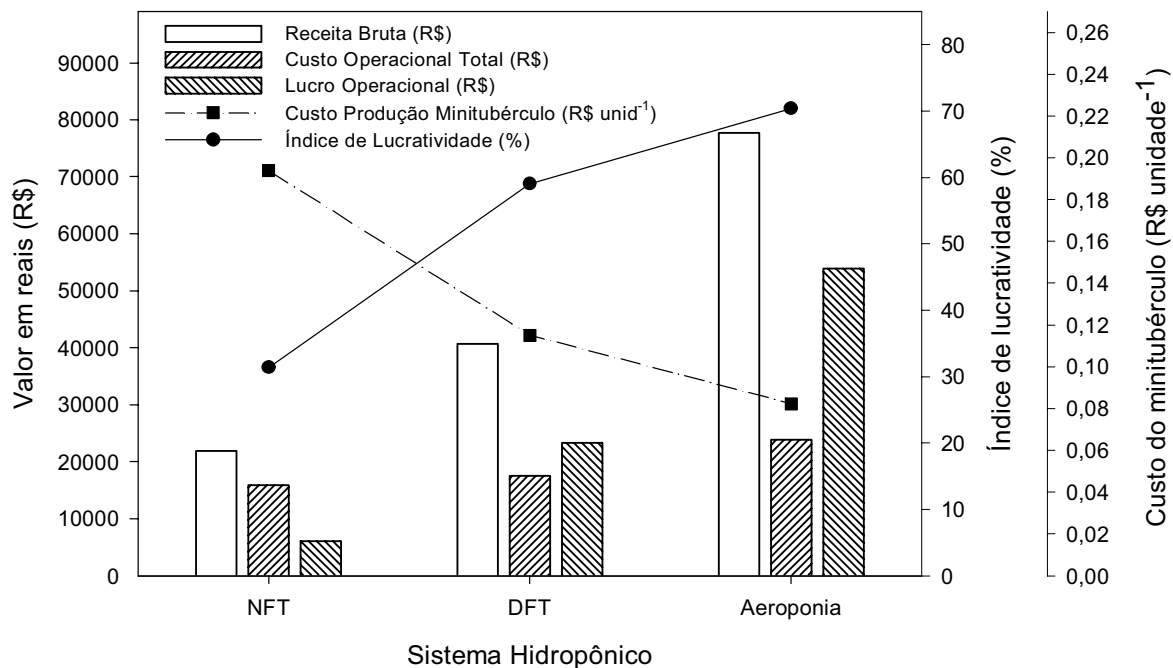


Figura 18. Receita Bruta (RB), custo operacional total (COT), lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL) e estimativa do custo unitário do minitubérculo, nos diferentes sistemas hidropônicos para um ciclo de produção em uma estufa de 312 m². FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP), 2006.

Em relação ao lucro operacional (LO), verifica-se que o mesmo assemelha-se a RB, porém com diferenças mais expressivas, no qual o sistema aeropônico proporcionou os maiores valores, da ordem de R\$ 53.951,07, seguido do sistema DFT com valor de R\$ 23.248,39 e NFT, estimado em 6.081,47. Esses resultados demonstram que, embora constatadas diferenças no custo operacional total (COT) entre os sistemas hidropônicos estudados, pouco influenciaram na composição do LO quando comparada às diferenças de RB. Sendo assim, melhores resultados financeiros, mesmo com um incremento no COT, puderam ser verificados nos sistemas de melhor taxa de multiplicação de tubérculos como é o caso da aeroponia, mostrando com isso uma maior eficiência na utilização dos recursos investidos na produção. Tal fato pode

ser confirmado pelo índice de lucratividade (IL) que estimou valores da ordem de 69,4%, 57,1% e 27,7% de receita após o pagamento de todos os custos operacionais para os sistemas aeropônico, DFT e NFT, respectivamente.

Além destas variáveis, pode-se constatar, ainda na Figura 18, que o custo médio estimado do minitubérculo no sistema NFT foi de R\$ 0,19, enquanto que no sistema DFT foi de R\$ 0,12 e no sistema aeropônico conseguiu-se produzir por R\$ 0,08 o minitubérculo.

De acordo com as condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, esses resultados discordam de CORRÊA (2005), no qual menciona que utilizando-se a hidroponia, porém não cita o sistema, o custo do minitubérculo pode baixar para valores da ordem de até R\$ 0,02 o tubérculo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram ser tecnicamente viável a produção de minitubérculos de batata-semente básica nos sistemas descritos na presente pesquisa, haja vista que as produtividades nos sistemas DFT e Aeroponia foram, respectivamente, semelhante e superior as obtidas no sistema NFT (calha articulada), tradicionalmente utilizado no Brasil.

Dentre os sistemas hidropônicos estudados, o aeropônico apresentou o melhor comportamento produtivo relacionado à taxa de multiplicação de minitubérculos, bem como maior eficiência na conversão de água/solução nutritiva em tubérculos.

Deve-se considerar como indicativo, para fins de dimensionamento do volume do depósito de solução nutritiva, a taxa máxima de consumo de água/solução nutritiva de 278,75, 437,01 e 247,25 mL planta⁻¹ dia⁻¹, para os sistemas hidropônicos NFT, DFT e aeroponia, respectivamente.

Com a utilização da cultivar Monalisa, independente do sistema de cultivo, obteve-se maior número de minitubérculos por planta e m², além de melhor conversão água/solução nutritiva em tubérculos, quando comparado à Agata.

De acordo com a análise de viabilidade econômica e considerando o preço médio de venda de R\$ 0,30 o tubérculo, a implantação é viável, independentemente do tipo de sistema hidropônico adotado, no entanto, o sistema aeropônico apresenta-se como melhor opção de investimento por proporcionar melhor retorno financeiro.

A análise de sensibilidade revelou que o sistema NFT é considerado mais viável economicamente a partir de um preço de venda de R\$ 0,40 o minitubérculo, para um ciclo de produção ano⁻¹, ou R\$ 0,30 cultivando-se dois ciclos de produção ano⁻¹. Os sistemas DFT e aeropônico são viáveis economicamente em todas as condições analisadas, inclusive na menos favorável, R\$ 0,20 o minitubérculo e um ciclo de produção ano⁻¹. Porém, o sistema aeropônico alcançou os melhores resultados de retorno financeiro do investimento.

6. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2004: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP – Consultoria e Comércio, 2003. p. 172-180.

AGRIANUAL 2007: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP – Consultoria e Comércio, 2007. p. 65-68.

ANDREATTA, A. Importações brasileiras de semente de batata. **Batata Show**, Itapetininga, v.16, p. 12-15, 2006.

ASSIS, M. de. Novas Tecnologias na Propagação de Batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p. 30-33, 1999.

AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. **Elementos de matemática financeira e análise de projeto de investimento.** Piracicaba: ESALQ, 1995. 91p. (Série didática, 109).

BAARS, B. Water works. **Grower**, London, v.42, p.15-16, 1992.

BALAMANI, V.; VELUTHAMBI, K.; POOAVAIAH, B.W. Effecto of calcium on tuberization in potato. **Plant Physiology**, Washington, v.80, p. 856-858.

BALDACH, A.; BOARIM, D. **As hortaliças na medicina natural**. Itaquaquecetuba-SP: Missionária, 1992. 288p.

BARROTI, G.; HAYASHI, P. Fitorreguladores na cultura da batata. **Batata Show**, Itapetininga, v.5, n.12, p. 2-5, 2005.

BIDDINGER, E.J.; Physiological and molecular responses of aeroponically grown tomato plants to phosphorus deficiency. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.123, n.2, p.330-33, 1998.

BUENO, Y.M. **Análise econômica da produção de alface em sistema de cultivo hidropônico: um estudo de caso**. 1996. 75f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

BURRAGE S.W. Nutrient Film Technique in protected cultivation. **Acta Horticulturae**, v. 323, p.23-38, 1992.

BUWALDA, R.; BASS, R.; WEEL VAN, P.A. A soilless ebb-and-flow system for all-year-round chrysanthemums. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.361, p.123-131, 1994.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. de. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.

CHANG, D.C.; SUNG, Y.K.; YOUNG, H.; KWAN, Y.S. Hydroponic culture system for the production of seed tubers without soil. **American Journal of Potato Research**, Orono, v.77, n.6, p.394, 2000a.

CHANG, D.C.; SUNG, Y.K.; YOUNG, H.; KWAN, Y.S. Solution concentration effects on growth and mineral uptake of hydroponically grown potatoes. In: ANNUAL MEETING OF THE POTATO ASSOCIATION OF AMERICA, 84, 2000b, Colorado, USA. **Proceedings...**p.395.

CHIL, C.D.; KIM, J.C.J.; LEE, Y.B. Solution temperature effects on potato growth and mineral uptake in hydroponic system. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 548, p. 517-522, 2001.

CHRISTIE, C.B.; NICHOLS, M.A. Aeroponics – A Production system and research tool. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.648, p. 289-291, 2004.

COOPER A.J. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. **Grower**, London, v. 79, p. 1048-1052, 1973.

CORRÊA, R.M.; PEREIRA PINTO, J.E.B.; PEREIRA PINTO, C.A.B; FAQUIN, V.; REIS, E.S.; MONTEIRO, A.B.; SILVA, F.S.; PINTO, L.B.B.; BERTOLUCCI, S.K.V. Comparativo de produção de tubérculos de batata em canteiros, vasos e hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, 2005. Suplemento. CD-ROM.

CORRÊA, R. M. C. **Produção de batata-semente pré-básica em canteiros, vasos e hidroponia**. 2005. 120f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

COSTA, P.C.; GRASSI FILHO, H. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.198, p.65-68, 1999.

DANIELS, J.; PEREIRA, A.S.; FORTES, G.R.L. Verticalização da produção de batata-semente por produtores de agricultura familiar no Rio Grande do Sul. Pelotas: EMBRAPA clima temperado, 2000. 4p. (Comunicado Técnico).

DANIELS, J.; SILVA, A.C.F.; SOUZA, Z.S.; SCHONS, J. Degenerescência da batata-semente básica após um ou dois períodos de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n.3, p. 510-513, 2002.

DE LA MORENA, I.; GUILLÉN, A.; DEL MORAL, L.F.G. Yield development in potatoes as influenced by cultivar and the timing and level of nitrogen fertilization. **American Potato Journal**, Orono, v.71, n.3, p. 165-173, 1994.

DIAS, B. C.; MEDEIROS, C.A.B. Produção hidropônica de sementes pré-básicas de batata em diferentes concentrações de nitrogênio na solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, 2005. Suplemento. CD-ROM.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).

EL-SHINAWY, M.Z.; MEDANY, M.A.; ABOU-HADID, A.F.; SOLIMAN, E.M.; EL-BELTAGY, A.S. Comparative water use efficiencies of lettuce plants grown in different production systems. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 434, p. 53-57, 1996.

EMBRAPA. **Manual de procedimentos da Embrapa negócios tecnológicos para produção e comercialização de batata-semente básica marca Embrapa**. Canoinhas: Embrapa SNT, 2000, 43p.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA. Resenha meteorológica no período 1971-2000. Jaboticabal: UNESP/FCAV, 2003. Disponível em: <www.fcav.unesp.br/departamentos/exatas/estacao/resenha.html>. Acesso em: 13 out. 2005.

FACTOR, T.L.; ARAÚJO, J.A.C. de. Aeroponia na produção de minitubérculos de batata-semente pré-básica. **Batata Show**, Itapetininga, v.5, n.12, p. 14, 2005.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50p.

FAVORETTO, P. **Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv. Atlantic**. 2005. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FELTRAN, J.C. **Adubação mineral na cultura da batata e do residual no feijoeiro**. 2005. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

FERNANDES JÚNIOR, F. **Produção do morangueiro em solo, hidroponia NFT e colunas verticais com substrato**. 2001. 88f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical / Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2001.

FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. de C. L.; CHU, E.P.; ALMEIDA, V.P. de. Tuberização. In: KERBAUY, G.B. (ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2004. p. 409-420.

FILGUEIRA, F.A.R. Batata inglesa ou andina?. **Batata Show**, Itapetininga, v.5, n.13, p. 40-41, 2005.

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

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2003. 412p.

FILGUEIRA, F.A.R. Práticas agronômicas. In: REIFSHENEIDER, F.J.B. (Coord.) **Produção da batata**. Brasília: Linha gráfica, 1987. p.29-39.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n.197, p.24-29, mar/abr. 1999.

FORTES, G.R. de; PEREIRA, J.E.S. In: PEREIRA, A.S. da; DANIELS, J. (Ed). **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2003. p.69.

FOSSATI, C. **Como praticar el hidro cultivo**. Madrid: EDAF, 1986. 174p.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica hidropônica NFT**. Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 30p. (Boletim Técnico 168).

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, N. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52p.

GARZOLI, K.V. Cooling of greenhouse in tropical and sub-tropical climates. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.257, p.93-100, 1989.

GRANJA, N.P. **Capacidade produtiva da batata cv Aracy em função da densidade de plantio, tamanho e estado fisiológico da semente.** 1995. 85f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Estadual Paulista, 1995.

GRAY, D. The growth of individual tubers. **Potato Research**, Wageningen, v. 16, p. 80-84, 1973.

HAMMES, P.S.; NEL, P.C. Control mechanisms in the tuberization process. **Potato Research**, Wageningen, v. 18, p. 262-272, 1975.

HAWKES, J.G. Origins of cultivated potatoes and species relationships. In: BRADSHAW, J.E.; MACKAY, G.R. (Ed.) **Potato genetics**. Cambridge: CAB International, 1993. p.3-42.

HAYDEN, A.L.; YOKELSON, T.N. Aeroponics: an alternative production system for high-value root crops. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 629, p. 207-213, 2004.

HIRANO, E. Batata-semente básica, Registrada e Certificada. In: PEREIRA, A.S., DANIELS, J. (ed.). **O Cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: CIT, 2003. p.475-494.

HIRANO, E. Produção de semente. In: REIFSHENEIDER, F.J.B. (Coord.) **Produção de Batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.187-183.

HORTON, D. **Potatoes: production, marketing, and programs for developing countries**. London: Westview Press, 1987. 243p.

HOUGHLAND, G.V.C. Na improved technique for growing potatoes in solution cultures. **American Potato Journal**, Orono, v.27. p.256-262, 1950.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 out. 2005.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. Área e Produção dos Principais Produtos da Agropecuária do Estado de São Paulo. Disponível em:< www.iea.sp.gov.br>. Acesso em: 05 dez. 2005.

JENSEN, M.H. New developments in hydroponic systems: description, operating characteristics, evaluations. In: ANNUAL CONFERENCE HYDROPONICS SOCIETY OF AMERICA, 2, 1981, Dublin, California. **Proceedings...**, p.01-25.

JENSEN, M.H.; COLLINS, W.L. Hydroponic vegetable production. **Horticultural Reviews**, New York, n.7, p.458-483, 1985.

JONES JR., J.B. Hydroponics: its history and use in planta nutrition studies. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v.5, p. 1003-1030, 1982.

KINCAID, D.C.; WESTERMANN, D.T.; TROUT, T.J. Irrigation and soil temperature effects on Russet Burbank quality. **American Potato Journal**, Orono, v.70, p. 711-723, 1993.

KODA, Y.; OKAZAWA, Y. Detection of potato tuber-inducing activity in potato leaves and old tubers. **Plant Cell Physiology**, v. 29, p. 969-974.

KRAUSS, A.; MARSCHNER,H. Influence of nitrogen nutrition, daylength and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid and on tuberization in potato plants. **Potato Research**, Wageningen, v 25, p13-21, 1982.

LEE, Y.D.; TAKAKURA, T. Root cooling for spinach in deep hydroponic culture under high air temperature conditions. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.399, p.121-126, 1995.

LOVATO, C. Influência do ambiente no desenvolvimento da planta de batata. **Batata Show**, Itapetininga, v. 5, n. 11, Abril, 2005.

LUGT, C.; BODLAENDER, K.B.A.; GOODIJK, G. Observations on the induction of second-growth in potato tuber. **European Potato Journal**, Wageningen, v. 4, p.219-227, 1964.

MARTIN, N.B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M.D.M.; ÂNGELO, J.A.; OKAWA, H. **Sistema "CUSTAGRI: Sistema integrado de custo agropecuário"**. São Paulo: IEA, 1997. p.4-7.

MARTINS, D.E.C.; SILVA, S.E.D. **Hidroponia: uma técnica fascinante**. Curitiba: [s.n.], 1997. 62p.

MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. Substratos para hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n.200/2001, p.81-89, 1999.

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

MARY, W. **Ambiência para morangueiro, em hidroponia, para produção na entressafra e bambu como elemento construtivo para casa de vegetação**. 2005. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2005.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N.; DULLEY, R.D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, p.123-139, 1976.

MATTOS, K.M. da C.; ANGELOCCI, L.R.; FURLANI, P.R.; NOGUEIRA, M.C.S. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico NFT. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p.253-260, 2001.

MEDEIROS, C.A.B. Batata-semente pré-básica: Multiplicação por hidroponia. In: PEREIRA, A.S., DANIELS, J. (Ed.). **O Cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: CIT, 2003a. p.144-474.

MEDEIROS, C.A.B. Produção de batata-semente em sistemas hidropônicos. In: SEMINÁRIO MINEIRO DE BATATICULTURA, 4, 2003b, Poços de Caldas, MG. **Anais...** p.59-63.

MEDEIROS, C.A.B.; PEREIRA, A.S.; DANIELS, J.; PEREIRA, J.E.S. Sistemas hidropônicos para produção de sementes pré-básicas de batata. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE BATATA E SEMINÁRIO NACIONAL DE BATATA SEMENTE, 11, 2001, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2001. p.1-4.

MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.110-114, 2002.

MELO, P.C.T. de; GRANJA, N.P. do; MIRANDA FILHO, H.S. da; SUGAWARA, A.C.; OLIVEIRA, R.F. de. Análise do crescimento da cultivar de batata "Agata". **Batata Show**, Itapetininga, v.3, n.8, p. 6-17, 2003.

MENDONÇA, F.C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO, 6., 2000, Uberlândia. **Irrigação da Cafeicultura no Cerrado...**Uberlândia: UFU, 2001. 212p.

MIDMORE, D.J. **Fisiologia de la planta de papa bajo condicones de clima cálido.** Lima: CIP, 1987. 14p.

MIRANDA FILHO, H. da S.; GRANJA, N.P.; MELO, P.C.T. **Cultura da batata.** Vargem Grande do Sul: São Paulo, 2003, 68p. Apostila.

MOLITOR, H.D.; FISHER, M.; PAPADOULOS, A.P. Effect of several parameters on the growth of chysanthemum stock plants in aeroponics. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 481, p. 179-186,1999.

MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/2001, p.105-113,1999.

MORGAN, L. **Nutrient temperature, oxygen and pythium in hydroponics.** Disponível em:<<http://www.maximumyield.com/article97.html>>. Acesso em: 05 out. 2005.

MORGAN, L. **¿Se estan sofocando sus plantas?**. 2001. (Boletim Informativo, 9). Disponível em:<<http://www.redhidroponia.edu.com>>. Acesso em: 11 out. 2006.

MURO, J.; DÍAZ, V.; GONI, J.L.; LAMSFUS, C. Comparasion of hydroponic culture and culture in a peat/sand misture and the influence of nutriente solution and plant denity on seed potato yields. **Potato Research**, Wageningen, 40, p.431-438, 1997.

NAKAO, D.H.; DELEO, J.P.B. Choque de competitividade. **Hortifruti Brasil**. Outubro, 2006. p. 6-17.

NICHOLS, M.A. Aeroponics and potatoes. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 670, p. 201-206, 2005.

PALTA, S.O.J.; KLEIBHENZ, M.D. Influence of supplemental calcium fertilization on potato size and tuber number. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.619, p.336, 2003.

PÁRRAGA, M.S.; CARDOSO, M.R.O. Botânica, taxonomia e espécies cultivadas de batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.76, p.10-12, 1981.

PARK, H.S.; CHIANG, M.H. Effects of form and concentration of nitrogen in aeroponic solution on growth, chlorophyll, nitrogen contents and enzyme actives in *Cucumis sativus* L. plant. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Suwon, v.38, p.642-646, 1997.

PEREIRA, A.S. da; DANIELS, J. (Ed.) **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2003. p.419.

PEREIRA, E.M. S.; LUZ, J.M.Q.; MOURA, C.C. **A batata e seus benefícios**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 58p.

PEREIRA, J.E.S.; MEDEIROS, C.A.B.; FORTES, G.R.L.; PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. Avaliação de dois sistemas hidropônicos na produção de material pré-básico de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, CD-Rom, 2001.

POGI, M.C.; BRINHOLI, O. Efeitos da maturidade, do peso da batata-semente e da quebra da dormência sobre a cultivar de batata (*Solanum tuberosum* L.) Itararé (IAC 5986). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.11, p.1305-1311, 1995.

PONT LEZICA, R.F. Evolution des substances de type gibbérellines chez la pomme de terre pendant la tubérisation, en relation avec la longueur du jour et la température. **Potato Research**, Wageningen, v.13, p. 323-331, 1970.

RANALLI, P. Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programmes. **Potato Research**, Wageningen, v.40, n.4, p. 439-453, 1997.

REISSER JÚNIOR, C.; CUNHA, B.P. da; MEDEIROS, C.A.B. Potencial de água na folha de plantas de batata cultivadas em soluções hidropônicas com quatro níveis de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, 2005. Suplemento. CD-ROM.

RELLOSO, J.B.; PASCUALENA, J.; RITTER, E. 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, 2000, p. 285-97.

RESENDE, L. M. de A., MASCARENHAS, M.H.T.; PAIVA, B.M. Aspectos Econômicos da Produção e Comercialização da Batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p. 9-19, 1999.

RESENDE, R.O.; PAIVA, B.M. Eradication of potato vírus X and S by meristem tip culture. **HortScience**, Alexandria, v.20, p.525, 1985.

RESH, H.M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food growing methods**. 5th ed. Santa Barbara: Woodbridge Press Publishing Company, 1995. 527p.

RITTER, E.; ANGULO, B.; RIGA, P.; HERRÁN, J.; RELLOSO, J.; SAN JOSE, M. Comparación of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. **Potato Research**, Wageningen, v.44, p. 127-135, 2001.

RODRIGUES, L.F.R. **Técnicas de cultivo protegido e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002, 762p.

ROLOT, J.L.; SEUTIN, H. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. **Potato Research**, Wageningen, v.42, p.457-469, 1999.

ROLOT, J.L.; SEUTIN, H.; MICHELANTE, D. Production de minitubercules de pomme de terre par hydroponie: évaluation d'un système combinant les techniques "NFT" et "Gravel Culture" pour deux types de solution nutritives. **Biotechnological Agronomy Society Environment**, v. 6, n.3, p.155-161, 2002.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.F. **Administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1996. 698p.

SAS INSTITUTE. The SAS – system for windows: release 6.11 (software). Cary: 1996.

SCHWARZ, M. **Soilless culture management**. New York: Springer-Verlag, 1995. 197p.

SILVA, E.T. da; SCHWONKA, F. Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em Colombo, região metropolitana de Curitiba, PR. **Scientia Agrária**, Pelotas, v.2, 2001. Disponível em: <http://calvados.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/agraria/issue/view/102>. Acesso em 18 set. 2006.

SOFFER, H.; LEVINDER, D. The Ein-gedi system-research and development of hydroponic system. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 5., 1980, Wageningen, **Proceedings...**p.241-252.

SOFFER, H.; BURGER, D.W. Effects of dissolved oxygen concentration in aero-hydroponics on the formation and growth of adventitious roots. **Journal of the Amercian Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.113, p. 218-221, 1998.

SOUZA DIAS, J.A.C. de. Tecnologia de produção de minitubérculos de batata semente, pré-básica, através do plantio de brotos livres de vírus. **Batata Show**, Itapetininga, v. 4, n. 9, p. 2-5, 2004.

SOUZA, Z. da S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, A.S., DANIELS, J. (ed.). **O Cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: CIT, 2003. p.80-104.

STALER, J.W. The effect of night temperature on tuber initiation of the potato. **European Potato Journal**, Wageningen, v.11, p.14-22, 1968.

STRUIK, P.C.; LOMMEN, W.J.M. Improving the field performance of micro and tubers. **Potato Research**, Wageningen, v.42, n.3/4, p. 559-568, 1999.

SUSNOCHI, M. Growth and yield studies of potatoes development in a semi-arid region. I.Yield response of several varieties grown as a double crop. **Potato Research**, Wageningen, v.25, n.1, p.59-69, 1982.

SUZUKI Y., SHINOHARA Y., SHIBUYA M., IKEDA H. Recent development of hydroponics in Japan. In: INTERNATIONAL CONGRESS SOILLESS CULTURE, 6., 1984, Wageningen. **Proceedings...** p. 661-672.

SUZUKI, Y.; SHINOHARA, Y. Recent development of hydroponics in Japan. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6., 1984, Wageningen. **Proceedings...**p. 697-703.

THOMAS, B.M. Overview of the speedling, incorporated, transplant industry operation. **HorTechnology**, Alexandria, v.3, p.406-8, 1993.

VANDERHOFSTADT, B. Pilot units of potato seed production in Mali, using *in vitro* material: micro/tubers. **Potato Research**, Wageningen, v.42, n.3/4, p.593-600, 1999.

VERMEER, H. Optimising potato breeding. The genotypic, environmental and genotype-environmental coefficients of variation for tuber yield and other traits in potato (*Solanum tuberosum* L.) under different experimental conditions. **Euphytica**, Wageningem v. 49, n.3, p. 229-239, 1990.

VESTERGAARD, B. Oxygen supply on the roots in different hydroponic systems. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6.,1984, Wageningen. **Proceedings...**p. 723-738.

VILELA, N.J. BRUNE, S.B.; BORGES, I.M.O. Principais desafios para o agronegócio brasileiro de batata. **Batata Show**, Itapetininga, v.5, n.11, p. 5-8, 2005.

VREUGDENHIL, D.; STRUIK, P.C. An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 75, p. 525-531, 1989.

XIN, X.; van LAMMEREN, A.A.M.; VERMEER, E.; VREUGDENHIL, D. The role of giberilin, abscisic acid, and sucrose in the regulation of potato tuber formation *in vitro*. **Plant Physiology**, Bethisca, v. 117, p.575-584, 1998.

WAN, W.; CAO, W.; TIBBITTS, T.W. Tuber initiation in hidroponically grown potatoes by alteration of solution pH. **HortScience**, n. 29, p. 621-623, 1994.

WHEELER, R.M.; MACKOWIAK, J.C.S.; KNOTT, W.M.; HINKLE, R. Potato Growth and yield using nutrient filme technique (NFT). **American Potato Journal**, Alexandria, v.67, p.177-187, 1990.

WURR, D.C.E.; ALLEN, E.J. Some effects of planting density and variety on the relationship between tuber size and tuber dry-matter percentage in potatoes. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v.82, n.2, p.277-282, 1974.

ZAAG, D.E. van der. **A batata e seu cultivo nos países baixos**. Haia: NIVAA, 1993, 76p.

ZERONI, M.; GALE, J.;BEM-ASHER, J. Root aeration in a deep hydroponic system and its effect on growth and yeld of tomato. **Scientia Horticulture**, Amsterdam, v.19, p.213-220, 1983.

APÊNDICE

Tabela 1A. Valores de razão de variâncias (F) e coeficiente de variação (C.V.) obtidos por meio da análise de variância para as características de crescimento de plantas: número de hastes planta⁻¹ (N.H.P), número de folhas planta⁻¹ (N.F.P) e altura das plantas (A.P); características de produção de minitubérculos: média da massa fresca (M.F.M), diâmetro longitudinal (D.L) e transversal (D.T) dos minitubérculos, número de minitubérculos planta⁻¹ (N.M.P) e número de minitubérculos m⁻² (N.M.m⁻²), em função dos diferentes sistemas hidropônicos de produção e cultivares. FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP, 2006.

Razão de Variâncias	Variáveis de Crescimento e Produção de Minitubérculos									
	Crescimento de Plantas				Características de Produção de Minitubérculos					
	N.H.P	N.F.P	A.P	M.F.M	D.L	D.T	N.M planta ⁻¹	N.M m ⁻²		
F para Sistemas de Cultivo (SC)	2,53 ^{ns}	80,38 ^{**}	9,65*	2,19 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,49 ^{ns}	66,61 ^{**}	1615,42 ^{**}		
F para Cultivares (CV)	405,43 ^{**}	232,27 ^{**}	178,16 ^{**}	41,05 ^{**}	58,30 ^{**}	0,11 ^{ns}	20,17 ^{**}	13,82 ^{**}		
F para Interação SC x CV	42,89 ^{**}	30,71 ^{**}	3,02*	0,12 ^{ns}	0,78 ^{ns}	2,87 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,33 ^{ns}		
F para Épocas (EP)	334,23 ^{**}	718,68 ^{**}	2284,40 ^{**}	-	-	-	188,38 ^{**}	128,51 ^{**}		
F para Interação EP x SC	8,41 ^{**}	5,64 ^{**}	8,75 ^{**}	-	-	-	8,92 ^{**}	16,08 ^{**}		
F para Interação EP x VR	23,87 ^{**}	24,59 ^{**}	5,49 ^{**}	-	-	-	5,59 ^{**}	4,03 ^{**}		
F para Interação EP x SC x VR	2,58*	3,55 ^{**}	1,23 ^{ns}	-	-	-	1,89*	1,67*		
F para Blocos	3,96 ^{ns}	16,28*	0,38 ^{ns}	1,55 ^{ns}	3,48 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,94 ^{ns}	1,32 ^{ns}		
C.V para Parcela (%)	12,86	15,18	21,44	12,59	4,77	2,78	5,85	3,03		
C.V para Subparcela (%)	9,13	15,03	23,00	10,51	5,23	2,50	11,17	11,96		
C.V para Sub-subparcela (%)	12,90	14,27	6,44	-	-	-	13,61	17,29		

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade