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

DESEMPENHO OPERACIONAL DE TRANSPLANTE MANUAL E MECANIZADO DA CULTURA DA ALFACE

SAMANTHA VIEIRA DE ALMEIDA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Fevereiro de 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO OPERACIONAL DE TRANSPLANTE MANUAL E MECANIZADO DA CULTURA DA ALFACE

SAMANTHA VIEIRA DE ALMEIDA

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Fevereiro de 2016

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

A447d

Almeida, Samantha Vieira de, 1983-
Desempenho operacional de transplante manual e mecanizado da cultura da alface / Samantha Vieira de Almeida. – Botucatu : [s.n.], 2016
ix, 58 f. : fots. color., grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Paulo Roberto Arbex Silva
Inclui bibliografia

1. Alface – Cultivo. 2. Alface – Mudas. 3. Plantio direto. 4. Mecanização agrícola. I. Silva, Paulo Roberto Arbex. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESEMPENHO OPERACIONAL DE TRANSPLANTE MANUAL E MECANIZADO DA CULTURA DA ALFACE.

AUTORA: SAMANTHA VIEIRA DE ALMEIDA
ORIENTADOR: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomica - UNESP

Profa. Dra. RUMY GOTO
Depto de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônomica - UNESP

Prof. Dr. ROBERTO BOTELHO FERRAZ BRANCO
Depto de Horticultura / APTA REGIONAL - LESTE PAULISTA

Botucatu, 19 de fevereiro de 2016

Aos meus pais,
José Aparecido de Almeida e Vera Lúcia Demétrio Vieira pela educação, pela orientação de vida, pelo exemplo de perseverança e resiliência, por sempre me deixarem livre nas escolhas e por todo incentivo e confiança.

AGRADEÇO

Aos meus avós paternos Miguel Nunes de Almeida e Maria Elza de Almeida, e maternos Miguel Vieira e Clélia Vieira, a toda a minha família e ao meu companheiro Tiago Trindade, com muito amor.

DEDICO

Aos meus amigos, Isolina Maria Leite de Almeida, Priscilla Elias de Almeida, Thatiana Yamasaki e Luciano Ramos, pela amizade, companheirismo e torcida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ser o maior responsável por mais essa etapa na minha vida, pela força de todos os dias e pelo infinito amor.

A Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA – UNESP Campus de Botucatu – SP, pela oportunidade e formação acadêmica.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, pela oportunidade, pela impecável orientação, pela virtuosa paciência, pela confiança depositada e pelo conhecimento transmitido.

A Profª Drª Rumy Goto, do departamento de Horticultura da FCA – Unesp Botucatu, pela confiança em nós depositada para a realização deste trabalho, pela valiosa colaboração com todo o conhecimento transmitido e pela disponibilidade amiga de sempre.

Ao Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi, pelas dicas valiosas que muito contribuiram na construção deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marco Tecchio, do departamento de Horticultura da FCA – Unesp Botucatu, pela valiosa contribuição.

A Profª Drª Isolina Maria Leite de Almeida, da Fatec Itapetininga, por ser a grande incentivadora desta conquista.

Aos proprietários da Fazenda Janeiro em Pardinho – SP, em especial ao Sr. Antonio Carlos Baldini e Engenheiro Agronômo Luiz Felipe Guedes Baldini, pela boa vontade e disponibilização da área, das mudas, das máquinas e principalmente dos funcionários, os quais foram imprescindíveis e indispensáveis para a realização deste trabalho.

Ao coordenador do programa de pós-graduação Energia na Agricultura, Prof. Dr. Adriano Wagner Balarin e vice coordenador Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros, pela oportunidade concedida.

A todos os demais professores do Departamento de Engenharia Rural, pela formação acadêmica.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pela amizade e valiosa colaboração.

A todos os funcionários das Fazendas de Ensino Pesquisa e Extensão (Botucatu e São Manuel) da UNESP de Botucatu, pela disponibilidade e colaboração de sempre.

A todos os funcionários da Biblioteca e da Seção de Pós Graduação da UNESP de Botucatu, pelo impecável atendimento.

Aos amigos de pós graduação, Guilherme Moraes, Murilo Batistuzzi, Raquel Berna, Anderson Ravanny, Marcella Guerreiro, Felipe Sperotto, entre outros pela amizade e companheirismo.

Aos colegas do Grupo de Plantio Direto da UNESP de Botucatu, pelo companheirismo.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, imprescindível para a realização deste trabalho.

Enfim a todos que de alguma forma colaboraram para esta conquista.

Meu muito obrigada!!!

SUMÁRIO

Página

1 RESUMO 1
2 SUMMARY 3
3 INTRODUÇÃO 5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7
4.1 Hortaliças 7
4.1.1 Cultura da Alface 8
4.2 Sistema de Plantio Direto 9
4.2.1 Sistema de plantio direto em hortaliças 10
4.3 Mecanização Agrícola 12
4.3.1 Desempenho Operacional de Máquinas 13
4.3.2 Máquinas Transplantadoras 14
4.4 Custos Operacionais 15
5 MATERIAL E MÉTODOS 17
5.1 Local do Experimento 17
5.2. Máquinas 17
5.3 Cultura da alface 18
5.4 Preparação da área do experimento 19
5.5 Delineamento Experimental e análise estatística da produtividade da alface 20
5.6 Transplante de mudas 22
5.7 Falhas no transplante das mudas 23
5.8 Consumo de combustível do trator 24
5.9 Tratos culturais 24
5.10 Colheita e análise da produtividade da alface 24
5.11 Capacidade Operacional da máquina 25
5.11.1 Capacidade de campo teórica (Cct) 25
5.11.2 Capacidade de campo operacional (Cco) 26

5.12 Custo Operacional 27
5.13 Custos Fixos 27
5.13.1 Juros 27
5.13.2 Depreciação 28
5.13.3 Alojamento 29
5.13.4 Seguro 29
5.13.5 Mão-de-obra 30
5.14 Custos Variáveis 31
5.14.1 Consumo de Combustível 31
5.14.2 Lubrificantes e graxas 31
5.14.3 Manutenção 33
5.15 Custo horário e custo operacional 34
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
6.1 Características agronômicas da cultura 36
6.2 Desempenho Operacional 38
6.2.1 Capacidade de campo teórica 38
6.2.2.Capacidade de campo operacional 40
6.3 Consumo de Combustível 42
6.4 Custo Horário e Custo Operacional 43
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 47
8 CONCLUSÕES 49
9 REFERÊNCIAS 50

LISTA DE FIGURAS

Figura **Página**

Figura 1. Conjunto mecanizado trator transplantadora utilizados no experimento.....18
Figura 2. Operação de transplante mecanizado em sistema de preparo convencional.....21
Figura 3. Operação de transplante mecanizado em sistema de plantio direto.....21
Figura 4. Operação de transplante manual.....22
Figura 5. Representação gráfica da porcentagem de custos fixos e variáveis.....44

LISTA DE TABELAS

Tabela **Página**

Tabela 1. Resultado da análise química de solo da propriedade.....19
Tabela 2. Dados de valor de aquisição, vida útil estimada e horas trabalhadas/ano do conjunto mecanizado.....28
Tabela 3. Consumo médio de óleo lubrificante pelos motores das máquinas agrícolas de rodas. Adaptado de Mialhe (1974).....32
Tabela 4. Comparação entre todos os tratamentos das características agronômicas da cultura da alface.....36
Tabela 5. Dados de características agronômicas da cultura da alface para o fator sistema de plantio.....37
Tabela 6. Dados de características agronômicas da cultura da alface para o fator velocidade de deslocamento.....37
Tabela 7. Dados altura da planta para os fatores sistema de plantio e velocidade.....38
Tabela 8. Capacidade de campo teórica (Cct) e metros de canteiro por hora (m de canteiro h^{-1}).....39
Tabela 9. Capacidade de campo operacional (Cco) e metros de canteiro por hora (m de canteiro h^{-1}).....40
Tabela 10. Média do número de falhas dos tratamentos na área dos canteiros.....42
Tabela 11. Consumo de combustível (L h^{-1}), custo hora de combustível (R$ h^{-1}), consumo por área (L ha^{-1}) e custo de combustível por área (R$ ha^{-1}).....42
Tabela 12. Velocidade efetiva de trabalho (Km h^{-1}) dos tratamentos.....43
Tabela 13. Custo horário (R$ h^{-1}) do transplante mecanizado na cultura da alface.....44
Tabela 14. Custo horário transplante manual.....45
Tabela 15. Custo operacional (R$ ha^{-1}) no transplante mecanizado e manual na cultura da alface.....45

1 RESUMO

Comparou-se entre o transplante de mudas manual (convencional) e o mecanizado, da cultura da alface, em dois sistemas de plantio, sendo eles, sistema de preparo convencional e sistema de plantio direto, avaliando o desempenho operacional em diferentes velocidades de deslocamento do conjunto mecanizado, a viabilidade econômica e os dados agronômicos da cultura. Para o transplante das mudas, foi utilizado o conjunto mecanizado composto por um trator da marca New Holland, modelo TL65E®, 4x2, com potência nominal de 65 cv e uma transplantadora da marca Fedele Mario, modelo MAX® de fabricação italiana. O delineamento experimental utilizado foi o fatorial 2x2+1, sendo que os fatores foram, dois sistemas de plantio (preparo convencional e plantio direto) e duas velocidades de deslocamento (1ª e 2ª marcha), mais a testemunha, onde os canteiros em preparo convencional foram transplantados manualmente. Para a delimitação da área experimental foram separados dentro da propriedade nove canteiros, em que, quatro canteiros de preparo convencional de solo, quatro canteiros de plantio direto e um canteiro transplantado manualmente. No tratamento de plantio direto, quatro canteiros foram preparados com cobertura de palha de milheto (*Pennisetum americanum*) que foi semeado a lanço e dessecado três meses após a semeadura. Foram analisadas as características: massa fresca, altura da planta, número de folhas e altura do caule da cultura da alface, além do desempenho operacional da máquina e custos operacionais. Todos os tratamentos foram submetidos as médias a uma análise de variância seguida do Teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos, demonstraram que a operação de transplante mecanizado da alface mostrou um rendimento operacional 54% maior que a operação de

transplante manual. A maior capacidade de campo operacional foi encontrada no sistema de preparo convencional na velocidade mais alta, a qual rendeu mais metros de canteiros por hora em relação aos outros tratamentos. A mão-de-obra confirmou ser o principal e mais caro componente do custo operacional para os dois sistemas de transplante. A produtividade da cultura não sofreu interferência em relação ao comparativo entre todos os tratamentos.

OPERATING PERFORMANCE TRANSPLANTATION MANUAL AND MECHANIZED CULTURE OF LETTUCE

Author: SAMANTHA VIEIRA DE ALMEIDA
Adviser: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

2 SUMMARY

This work has as its aim to do the comparison between the manual and mechanized transplant of lettuce crop, conventional and no-till, evaluated the operational development of the machine and crop agronomic data in different dislocation speeds. The work was done in a farm, in Pardinho-SP County, commercial producer of growers as lettuce, cauliflower, broccoli, cabbage, among others. To do the transplant, it has used the mechanized group composed by TL60E® New Holland 4x2 tractor, 65 nominal power and a Italian Fidele Mario MAX® conveyor. The experimental design was the 2x2+1 factorial, where the variables were two plantation system (conventional and direct) and two dislocation speeds (1^{st} and 2^{nd} gear), plus the testimony where the seedbeds were manually transplanted by conventional prepare. For experimental area delimitation, it were set apart inside property, 9 seedbeds randomly, where, 5 seedbeds were duly prepared with rotated hoe, where 4 of them had the seedlings transplanted with the conveyor and 1 manually. In direct plantation treatment, 4 seedbeds were prepared with millet (*Pennisetum americanum*) straw cover haul and dried 3 months after sowing. The variables were analyzed: fresh weight, plant height, number of leaves and stalk height in addition to the operational performance of the machine and operating costs. All treatments were submitted

the medium to an analysis of variance followed by Tukey test of 5% probability. The results showed that the mechanized transplanting operation showed an operating lettuce yield 54% greater than manual transplantation operation. The largest operational field capacity was found in conventional tillage system at the highest speed, which grossed more meters beds per hour compared to other treatments. The hand labor proved to be the main and most expensive component of the operating cost for the two transplant systems. The crop yield was not affected in relation to the comparison between all treatments.

KEYWORDS: mechanized transplantation, no tillage, lactuca sativa, seedlings

3 INTRODUÇÃO

Com o desafio de produzir alimentos para suprir a demanda do crescimento populacional mundial, tem-se na produção de hortaliças grande potencial de expansão, principalmente por ser uma atividade agrícola intensiva e, pelo forte apelo de sanidade e qualidade de vida diretamente relacionados ao seu consumo diário.

A produção de hortaliças no Brasil vem se desenvolvendo a cada ano devido a amplitude de consumo, bem como, as tecnologias voltadas para a área, tanto de produtos, como de serviços, que aos poucos estão ganhando espaço nas pequenas propriedades, onde o produtor se vê na condição de adaptação para atender as exigências de mercado.

A alface, uma hortaliça do grupo das folhosas, é a mais consumida mundialmente em virtude das suas propriedades nutricionais ricas em vitaminas e sais minerais e pelo teor de calorias o qual é praticamente nulo, uma vez que a água está presente em 90% de sua composição.

O sistema de plantio direto em hortaliças surgiu como alternativa para minimizar os efeitos erosivos e degradantes no solo pela intensa exploração de tal atividade, e tem como princípio, os mesmos atributos utilizados para grãos, os quais se baseiam na rotação de culturas, solo coberto por palha e revolvimento restrito na linha de plantio.

Muitos são os benefícios já comprovados com a adoção do sistema de plantio direto em hortaliças, porém, destacam-se a melhoria das características físicas,

químicas e biológicas do solo e a redução no uso de água devido a umidade conservada pela cobertura deste solo.

Pode-se considerar o sistema de plantio direto como uma tecnologia dinâmica e inovadora, porém, ela exige constante monitoramento e adaptações, além de equipamentos apropriados para que se obtenha sucesso total na sua prática.

Apesar do vasto conhecimento neste método conservacionista de plantio, as experiências com as hortaliças, seguem isoladas, principalmente aliado ao campo da mecanização, onde, pouco se fez devido a peculiaridade das espécies olerícolas.

A produção em escala comercial de hortaliças, requer mão de obra qualificada para semeadura ou transplante e por ser uma atividade onerosa, verificou-se a necessidade de métodos mecanizados nesta etapa . Além disso, a eficiência da qualidade da operação de transplante manual, não é uniforme.

Portanto, este é um dos maiores apelos para implementar o transplante mecanizado na produção de hortaliças, a fim de reduzir custos de produção e melhorar a qualidade na operação.

É amplamente difundido no meio da mecanização agrícola, que mecanizar uma propriedade aumenta consideravelmente o rendimento operacional da mesma, devido as altas tecnologias hoje disponíveis neste mercado, além da redução de custos de produção, principalmente no que se diz respeito a mão-de-obra que é considerado o maior custo numa operação agrícola, levando em consideração a escassez da mesma.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo realizar a comparação entre o transplante manual (convencional) e o mecanizado, da cultura da alface, em dois sistemas de plantio, sendo eles, sistema de preparo convencional e sistema de plantio direto, avaliando o desempenho operacional da máquina em diferentes velocidades de deslocamento, a viabilidade econômica e os dados agronômicos da cultura.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Hortaliças

A produção de hortaliças, especialmente folhosas, de modo geral, tem como características marcantes o fato de ser uma atividade agroeconômica altamente intensiva, contrastando com outros tipos de produção agropecuária (MELO, 2007).

Tidas como mais lucrativas que outras culturas, como as de grãos, por exemplo, as hortaliças têm uma realidade bem mais complexa, e o sucesso dos negócios com esse grupo de alimentos depende de muitos fatores (VILELA; HENZ, 2000).

A melhoria e a difusão das técnicas alternativas de manejo na produção de hortaliças resultam em aumento da competitividade no mercado, onde se buscam produtos que se sobressaiam diante da boa qualidade daqueles já existentes (IZIDÓRIO *et al*., 2015).

O agronegócio de hortaliças é um ramo da economia agrícola que mais exige mão-de-obra, sobretudo no setor primário que vai desde a semeadura até a comercialização, desta forma ela é vista como um setor que possibilita a geração de empregos (VILELA; HENZ, 2000).

Dados da EMBRAPA (2009), apontam que a produção de hortaliças emprega no Brasil cerca de 2,8 milhões de pessoas, respondendo por mais de R$ 11,5 bilhões, com produção anual de 17,5 milhões de toneladas em mais de 770 mil ha.

4.1.1 Cultura da Alface

A alface (*Lactuca sativa L.*) é considerada a hortaliça folhosa de maior consumo no país e se destaca como cultura de grande importância econômica e alimentar por apresentar elevados teores de vitaminas e sais minerais, além de baixo teor de calorias (MOTA *et al*., 2003). É uma hortaliça consumida principalmente em forma de salada juntamente com o tomate, sendo considerada como uma das principais espécies do ponto de vista econômico (GOTO; TIVELLI, 1998).

No Brasil, as alfaces mais conhecidas são as crespas e as lisas, algumas das quais foram melhoradas para o cultivo de verão ou adaptadas para regiões tropicais, com temperaturas e pluviosidade elevadas, porém, nos últimos anos, também apareceram cultivares roxas e com folhas frisadas (HENZ; SUINAGA, 2009).

Segundo Goto e Tivelli (1998), a alface é uma planta anual com caule reduzido e não ramificado, com folhas grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de cabeça. A coloração varia do verde claro ao verde escuro, sendo que algumas cultivares apresentam as margens arroxeadas ou completamente arroxeadas.

Segundo MOTA *et al*., (2003), por se tratar de uma hortaliça de região temperada, diversas são as dificuldades na produção, principalmente se for em condições de verão, época particularmente chuvosa e com elevadas temperaturas. Em temperaturas acima de 25ºC, as folhas ficam grossas, menores e a planta floresce com grande facilidade (MAKISHIMA, 1993).

A cultura da alface na fase reprodutiva consiste na emissão do pendão floral, sendo favorecida por épocas de altas temperaturas e dias longos (FILGUEIRA, 2008). Na fase vegetativa, se encerra quando atinge o maior desenvolvimento de suas folhas, momento em que deve ser colhida para o consumo (GOTO; TIVELLI, 1998).

A escolha da cultivar da alface é decisiva para o sucesso do sistema de cultivo adotado. A manifestação do seu potencial produtivo depende da interação genótipo X ambiente (LIMA *et al*., 2004).

As cultivares de alface disponíveis no mercado brasileiro, podem ser agrupadas em cinco tipos morfológicos principais, com base na formação de cabeça e tipo de folhas: repolhuda lisa, repolhuda crespa ou americana, solta lisa, crespa e romana

(HENZ; SUINAGA, 2009). A preferência nacional é pelo tipo repolhuda lisa, porém, nos últimos anos as áreas de proução de alface do tipo solta crespa aumentou significativamente (ECHER *et al*., 2001).

Em se tratando de volume de comercialização, a Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) contabilizou para o ano de 2013 o montante de 52.408 toneladas, sendo a alface crespa a responsável pela produção de 23.296 toneladas, correspondendo 44,45% do volume comercializado no estado de São Paulo (AGRIANUAL, 2015).

4.2 Sistema de Plantio Direto

O manejo inadequado do solo, associado à exposição direta aos fatores climáticos, tem como resultado, a perda de solo e nutrientes, diminuição dos teores de matéria orgânica e destruição da estrutura original das partículas dos solos, ocasionando queda na produtividade agrícola. Assim, para a conservação do potencial produtivo do solo é importante, sobretudo em condições tropicais, a proteção contra a exposição direta à chuva e ao vento de forma a minimizar a erosão deste solo (CALEGARI *et al*., 1993). Com a finalidade de controlar tal erosão, o sistema de plantio direto, foi introduzido no Brasil na década de 1970 e fundamentava na ausência de revolvimento do solo e no acúmulo de palhada na superfície, reduzindo os efeitos danosos dos sistemas de preparo convencional (ROSCOE *et al*., 2006).

Em contrapartida aos sistemas que preparam o solo mobilizando totalmente a camada superficial, foi desenvolvido o sistema de semeadura direta ou plantio direto, o qual mobiliza apenas a linha onde é semeada; mantendo-se assim a superfície coberta pelos restos da cultura anterior (MARIA *et al*, 1999).

O sistema de plantio direto conceitua-se num processo de semeadura do solo não revolvido, em que se coloca a semente em sulcos ou covas com a largura e a profundidade suficientes, para que se obtenha a cobertura e o contato da semente com o solo adequados (MUZILLI, 1996).

Segundo Cruz *et al*., (2010), o plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista, na qual procura-se manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais.

A boa formação da palhada é um dos requisitos indispensáveis para o sucesso deste sistema, sendo que a escolha correta da espécie a ser utilizada é extremamente importante, uma vez que devem ser considerados os fatores climáticos catacterísticos de cada região e tipo de solo (COSTA *et al*., 2015).

O sistema de plantio direto, em função de seu tempo de estabelecimento, pode promover aumento na quantidade de resíduos vegetais adicionados à superfície do solo e, consequentemente, modificações nos seus atributos químicos e físicos (GUARESCHI *et al*., 2012).

Segundo Caires *et al*., (2006), o sistema de plantio direto tem-se destacado como uma das estratégias mais eficazes para melhorar a sustentabilidade da agricultura em regiões tropicais e subtropicais, contribuindo para minimizar perdas de solo e nutrientes por erosão.

Para Bottega *et al*., (2013), o sistema de plantio direto representa a mais significativa alteração no manejo de solos da história moderna da agricultura.

Em cereais este sistema já ocupa no Brasil, mais de 32 milhões de ha em todo o país, equivalente ao ano agrícola de 2013/2104. (BUBLITZ, 2014).

4.2.1 Sistema de plantio direto em hortaliças

No Brasil, em meados da década de 80, experiências foram realizadas em cebola, tomate, repolho, couve-flor, brócolos, abóboras, entre outras hortaliças em diferentes sistemas de plantio direto (MADEIRA, 2009).

Faulin e Azevedo, (2003) citam que a maior parte das hortaliças são cultivadas em solos descobertos, ou seja, sem a utilização de qualquer tipo de cobertura de proteção, expondo ainda mais, os produtores ao risco de sofrer prejuízos numa eventual ocorrência de intempéries climáticas.

Na agricultura sustentável vêm se desenvolvendo em todo o Brasil ao longo dos anos, sistemas de manejo que incluem práticas de conservação de solo, da água e diversificação das operações antes praticadas. Um exemplo de sistemas de produção, que incorporam estas novas tendências é a produção de hortaliças em sistema de plantio direto (MELO, 2007).

Existem algumas vantagens para efetuar o cultivo de hortaliças em plantio direto a longo prazo, são eles: a necessidade de abrandar os processos erosivos causados pelo excessivo revolvimento do solo nos sistemas convencionais; efetivar a rotação de culturas, reduzindo assim, os problemas fitossanitários; a uniformidade da temperatura proporcionadas pela palhada, atribuindo melhores condições de microclima para algumas espécies oleráceas; a facilidade de produzir palhada na época das chuvas para a produção de hortaliças com irrigação na época de seca, prática esta já utilizada na maioria das unidades produtoras (MELO *et al*., 2010).

Observou-se, em estudos introdutórios de uso de plantio direto em hortaliças no Cerrado, que a cobertura vegetal e o revolvimento localizado, reduziram a erosão do solo em até 95% (ANDRADE *et al*., 2009).

Num estudo realizado em repolho, Marouelli *et al*., (2010), observaram que no manejo de irrigação, o uso do plantio direto com diferentes níveis de palhada, não afetou a produtividade da cultura, porém, a eficiência no uso de água, aumentou linearmente com o aumento da quantidade da palhada.

Ainda que se tenha apontado os inúmeros benefícios do sistema de plantio direto em hortaliças, tem-se verificado relativamente baixa adoção dessa tecnologia por parte dos proutores, provavelmente, pela transição dos sistemas que exigem maior planejamento, manejo do solo diferenciado do convencional e a demanda por equipamentos adequados para as operações (SILVA, 2002).

Em hortaliças, o estabelecimento de um sistema de plantio direto a longo prazo, similar ao que ocorre em grãos é muito complexo. Tem-se verificado o plantio de culturas sobre a palhada, sem revolvimento do solo (aração e gradagem ou encanteiramento), porém, não permanentes, devido às características próprias à olericultura, quais sejam: mercado muito dinâmico, mudanças na tomada de decisão quanto a "o que plantar" e "quando plantar"; baixa produção de palhada pela grande maioria das hortaliças; adaptabilidade restrita ao plantio sem revolvimento para espécies como, por exemplo, cenoura e batata; muitas unidades com área restrita e, consequentemente, uso intensivo da propriedade (MELO *et al*., 2010).

Para o cultivo de hortaliças neste sistema é fundamental o cultivo de espécies que proporcionem a formação da palhada vigorosa e homogênea para cobertura do solo. Geralmente, as gramíneas como milho (*Zea mays*) ou milheto (*Pennisetum americanum*), ou ainda o consórcio dessas gramíneas com leguminosas como mucuna

(*Mucuna aterrima*) ou crotalária (*Crotalária juncea*), estão sendo altamente utilizadas (SOUZA, 2013).

A procura por sustentabilidade dos recursos naturais nos sistemas de produção de hortaliças tem orientado as pesquisas relacionadas ao plantio direto em palha de coberturas vegetais (HIRATA *et al*.; 2015).

4.3 Mecanização Agrícola

Podemos entender por mecanização o conjunto de máquinas, aptas a realizar todas as atividades agrícolas, que vão desde o preparo do terreno, passando pela implantação da cultura até a sua colheita (RIPOLI *et al*., 2010).

As máquinas de plantio, juntamente com aquelas para cultivo, aplicação de fertilizantes e de defensivos, executam um grupo de operações intermediárias no processo de produção, que se seguem ao preparo do solo e antecedem a colheita. Enquanto no preparo do solo são importantes as relações máquina e solo. No plantio ênfase especial deve ser dada a tríplice relação máquina, planta e solo. Nas máquinas de plantio, seus mecanismos manipulam órgãos de propagação tais como sementes, tubérculos, colmos e mudas, sob condições operacionais em que precisão de movimentos e danificação mecânica são pontos críticos (MIALHE, 2012).

Silva *et al.* (2010) citam que com o processo de globalização da economia e a competitividade dos produtos agrícolas, a adoção de novos métodos e técnicas de produção passa a ser fundamental para o sucesso de qualquer atividade agrícola. O uso da mecanização agrícola nas diversas operações de campo é uma das grandes ferramentas que impulsionou o aumento da produção mundial de grãos, trazendo aos produtores rurais diversos benefícios, entre estes, a redução de custos e a rapidez na realização das operações de campo (OLIVEIRA *et al*., 2007).

Conforme Arcoverde *et al*. (2011) com o surgimento da mecanização, várias atividades agrícolas se tornaram mais simples e práticas em comparação ao período quando o trabalho era predominantemente realizado de forma manual ou com o auxílio da tração animal. Logo, a intensificação do uso da mecanização na agricultura vem exigindo novos investimentos em máquinas com maior potência e

tecnologia incorporada, visando o atendimento às diversas demandas das atividades agrícolas (PIACENTINI *et al*., 2012).

4.3.1 Desempenho Operacional de Máquinas

Denomina-se capacidade operacional, a quantidade de trabalho que as máquinas e implementos agrícolas são capazes de executar por unidade de tempo (PACHECO, 2000).

As informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões (MOLIN *et al*., 2010).

Existem terminologias, as quais são utilizadas para a realização das análises dos sistemas mecanizados agrícolas: capacidade de campo teórica (CcT): é a razão entre o desempenho da máquina (área trabalhada) e o tempo efetivo como se a mesma trabalhasse 100% do tempo na velocidade nominal, utilizando 100% da sua largura nominal e normalmente é expressa em hectare por hora (ha/h). Capacidade de campo efetiva (CcE): representa a capacidade efetivamente demonstrada pela máquina no campo. Simula a capacidade básica da máquina, ou seja, a capacidade medida no campo durante certo intervalo de tempo. Combustíveis (C): são usados principalmente para o acionamento dos motores de máquinas agricolas. Devido às condições variáveis de carga a que essas máquinas agrícolas são submetidas durante os trabalhos de campo, fica dificil a avaliação precisa do consumo de combustível. Porém, quando não se tem informação segura do fabricante do maquinário, várias literaturas citam que o consumo de combustível (óleo diesel), fica em torno de 0,25 a 0,30 litros por hora para cada unidade de potência (em cv) exigida na barra de tração (PACHECO, 2000).

Mialhe (1974) descreve capacidade operacional, como a quantidade de trabalho que máquinas e implementos agrícolas são capazes de executar na unidade de tempo, estabelecendo uma medida de intensidade do trabalho desenvolvido durante a execução de operações agrícolas.

Para a ASAE (1998a), a capacidade de campo teórica é expressa quando uma máquina desenvolve a contento a função para qual foi projetada, a uma certa

velocidade e utilizando a largura teórica em sua totalidade. A capacidade de campo efetiva é calculada como a razão entre a área ou cultura em questão pela unidade de tempo de trabalho. Assim, a eficiência de campo é determinada como a razão entre a capacidade efetiva e a teórica.

4.3.2 Máquinas Transplantadoras

O processo manual de transplante é um trabalho árduo e com baixa capacidade operacional. Em razão disto, a operação de transplante, somente se viabilizou com a introdução das máquinas transplantadoras. Assim, a otimização dos processos produtivos tornou objeto de estudos e de desenvolvimento de tecnologias (MACHADO *et al.*, 2014).

As transplantadoras, são em sua maioria, máquinas semiautomáticas, cujo funcionamento exige a assistência do operador humano para posicionar as mudas nos orgãos que executam sua deposição no solo. Porém, existem as transplantadoras que funcionam de forma automática, sem a necessidade do posicionamento manual das mudas, como é o caso das transplantadoras de arroz, de espécies de hortaliças e de alguns tipos de transplantadoras de mudas acondicionadas (MIALHE, 2012).

Segundo Silveira (1989), as transplantadoras de acionamento mecânico são acopladas ao trator e operadas por um trabalhador rural que abastece o mecanismo com as mudas produzidas em viveiros.

Para Zhang (2012), os transplantes de mudas são amplamente utilizadas na China, no entanto, a escassez de mão de obra, requisita uma tecnologia automatizada e de fácil acesso aos agricultores, como as já existentes em tratores e colhedoras.

O transplante mecanizado de mudas, segundo Filgueira (2008), foi introduzido no Brasil no final da década de 90. Existem máquinas que efetuam o sulcamento, a adubação e o plantio da muda em posição vertical, transplantando quatro fileiras simultaneamente. Estas máquinas são operadas por colaboradores rurais, depositando as mudas no mecanismo transplantador.

Segundo Silva et al (2014), em estudo realizado em café, observou-se que o preparo reduzido do solo, aliado ao transplante mecanizado de mudas da cultura,

atuaram como fator importante para a produção da lavoura, tendo influência direta na qualidade e produtividade dos grãos.

Para a implantação de culturas por meio de processos mecanizados, a velocidade de operação também pode influenciar a quantidade e a distribuição de plantas ao longo da linha de transplante (MACHADO et al; 2015).

4.4 Custos Operacionais

No processo de mecanização agrícola a seleção das máquinas pode ser analisada sob vários aspectos, que variam desde a preferência pessoal até o dimensionamento técnico e econômico realizado por profissionais capacitados. O dimensionamento técnico visa avaliar se as características das máquinas atendem as necessidades exigidas pelo sistema de produção. No dimensionamento econômico o que se avalia são os custos de propriedades envolvidos, fator fundamental para a determinação do retorno da atividade agrícola (JANINI, 2007).

Mialhe (1974) relata que existe êxito num emprendimento rural quando os resultados econômicos do ano agrícola, fruto das relações de troca entre a empresa rural e o mercado consumidor, são suficientes para cobrir as despesas, remunerar o empresário condignamente, manter o potencial produtivo e apresentar repercussão social benéfica à comunidade a que pertence. Ainda segundo o mesmo autor, o mercado consumidor, ao absorver a produção da empresa rural, proporciona-lhe uma renda bruta. A parte desta renda bruta destinada a cobrir as despesas de produção distribui-se, por sua vez, em várias parcelas, a qual uma dessas parcelas designa-se a cobrir as despesas com o maquinário agrícola.

Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola pode ser considerada como o fator principal em termos de potencial para redução de custos de produção. Para se reduzirem estes custos são necessários a ampliação e a modernização da gestão dos sistemas mecanizados (PELOIA & MILAN, 2010).

Segundo Milan (2004), o desempenho econômico da maquinaria agrícola envolve o cálculo do custo direto, indireto e operacional. O autor descreve custos diretos como aqueles que estão relacionados à posse e ao uso, os indiretos como aqueles

correspondente de um dimensionamento inadequado e o operacional como aquele associado à capacidade de trabalho do conjunto ou máquina.

No entanto, Mialhe (1974) afirma que os custos diretos são aqueles que agrupam as despesas decorrentes da pose da máquina, independentemente da sua forma de utilização. Para os custos indiretos e operacionais, o autor menciona que são aqueles que reúnem as despesas oriundas da utilização do trator e que são diretamente proporcionais ao uso que se dele faça.

Ainda segundo Mialhe (1974), os custos fixos, engloba as despesas com amortização do capital investido na máquina, juros sobre o capital não amortizado, depreciação do trator, por uso ou obsoletismo, despesas de alojamento, prêmios de seguro, taxas e impostos. Os custos variáveis incluem as despesas com combustíveis e lubrificantes, material de substituição periódica e reparações como serviços mecânicos e ou peças de reposição. O autor ainda inclui mão-de-obra dentro dos custos variáveis, quando existir uma distinção clara entre custo-hora do trator e custo-hora de um conjunto tratorizado. Assim, incluir nos gastos variáveis do custo-hora do trator as despesas com mão-de-obra, implica em considerar também o custo-hora do implemento a ele acoplado.

Janini (2007), observa que os custos fixos não dependem do uso da máquina, enquanto os custos variáveis dependem exclusivamente do uso da máquina, a qual podem ser influenciadas pelo local de trabalho, relevo, habilidade do operador, e regulagens do conjunto mecanizado.

Diante da economia global, na qual a agricultura brasileira está inserida, a importância e a difusão de informações são essenciais para tomada de decisões, principalmente quando estão relacionadas à otimização da relação custo/benefício (VALE, 2011).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local do Experimento

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Janeiro, localizada na latitude 23º 02' 32" S e longitude 48º 22' 41" W no município de Pardinho – SP. A referida propriedade é produtora de hortaliças como, alface, brócolis, repolho, couve-flor entre outras, numa área total de 30 ha^{-1}, sendo o tipo de solo que predomina nesta área é o latossolo vermelho distrófico de textura argilosa (522 g/Kg de argila, 358 g/Kg de silte e 120 g/Kg de areia total), conforme classificação da EMBRAPA (2013).

5.2. Máquinas

Para realizar o transplante, foi utilizado um conjunto mecanizado composto pelo trator da marca[1] New Holland, modelo TL65®, 4x2, com potência nominal de 65 cv e pela transplantadora da marca Fedele Mario, modelo MAX® de fabricação italiana.

A transplantadora (Figura 1), possui dois rodados, é tracionada pelo trator por meio do engate de três pontos e sua área de trabalho é muito próxima à superfície dos canteiros. Na parte dianteira do implemento, localiza-se o porta bandejas giratório de mudas, bem como o compartimento de deposição das mesmas em formato de "V", o qual possui mecanismos giratórios verticais perfurantes, e no momento da operação é o responsável pelo depósito das mudas no solo. Na parte inferior ao compartimento de deposição, encontra- se a roda compactadora, constituída por duas pequenas rodas inclinadas em "V", as quais são responsáveis pela cobertura da muda. A parte traseira, é

[1] A citação de qualquer marca comercial, não indica recomendação por parte do autor.

constituída por uma plataforma composta por dois assentos, onde os trabalhadores permanecem sentados para realizarem o transplante e onde está fixada a estrutura de tração.

Figura 1. Conjunto mecanizado trator transplantadora utilizados no experimento.
Fonte: Almeida, S.V. (2015).

Para medir o desempenho da operação, no ato do transplante da cultura da alface, foram utilizados três cronômetros digitais, onde um foi utilizado para cronometrar o tempo de transplante dentro das repetições, outro para cronometrar o tempo de manobra da máquina e o último marcando o tempo de repasse das mudas pelos operadores.

5.3 Cultura da alface

A cultivar de alface escolhida para este trabalho foi a ‘Vanda’, cultivar de verão da empresa comercial Sakata Seed Sudamerica®, pois além de ser uma das cultivares mais utilizadas pelo produtor, possui característica rústica adaptando-se às condições tropicais de cultivo. Alface do segmento crespa, a cultivar Vanda forma plantas de grande porte, com folhas compridas e talo grosso, caracterizando alta produtividade e alto valor comercial. Apresenta resistência a doenças como o LMV II (*Lettuce Mosaic Virus*) e seu ciclo médio é de 55 dias.

Para a realização deste trabalho, foram transplantadas uma população inicial de 15.552 mudas de alface numa área total de 892 m^2, conforme recomendação do fabricante.

5.4 Preparação da área do experimento

Para a delimitação da área experimental foram separados dentro da propriedade nove canteiros, sendo que cinco canteiros foram devidamente preparados com enxada rotativa, caracterizando tratamento em preparo convencional, os quais quatro destes canteiros tiveram as mudas transplantadas com a máquina transplantadora e um canteiro transplantado manualmente. No tratamento de plantio direto, quatro canteiros foram preparados com cobertura de palha de milheto (*Pennisetum americanum*). O milheto foi semeado a lanço, no dia 15 de outubro de 2014 e dessecado após três meses, em janeiro de 2015, com herbicida glyphosate na dosagem de 3 L p.c. ha^{-1} com o pulverizador regulado para aplicar um volume de calda de 300 L ha^{-1}.

Não foi realizada adubação de plantio no momento do transplante das mudas.

A análise química de solo da propriedade nos tratamentos de Plantio Direto (PD) e Plantio Convencional (PC) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química de solo da propriedade. **

	pH	M.O.	P_{resina}	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
AMOSTRA(S)*	$CaCl_2$	g/dm^3	mg/dm^3	----------			$mmol_c/dm^3$		----------			mg/dm^3
PD	5,6	32	42	---	24	3,7	43	20	67	90	74	---
PC	5,6	33	33	---	24	2,1	33	15	51	75	67	---

* Amostras retiradas na profundidade de 20 cm em ambos os tratamentos.
** Laboratório da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Campus de Botucatu – Departamento de Solos e Recursos Ambientais.

5.5 Delineamento Experimental e análise estatística da produtividade da alface

O transplante mecanizado das mudas de alface, foi realizado em canteiros de preparo convencional de solo (Figura 2), os quais foram delimitados em 96 m de comprimento x 1 m de largura, totalizando uma área de 384 m^2, bem como nos canteiros de plantio direto (Figura 3), cujos canteiros apresentavam 103 m de comprimento x 1 m de largura, compreendendo uma área de 412 m^2. Ficando assim distribuídos: quatro canteiros de preparo convencional, sendo dois canteiros para a velocidade um e dois canteiros para a velocidade dois e outros quatro canteiros de plantio direto, onde dois canteiros para a velocidade um e dois canteiros para a velocidade dois. Eles foram divididos ainda em quatro parcelas (unidades experimentais) de 10 m cada uma.

O transplante manual foi realizado em um canteiro medindo 96 m de comprimento x 1 m de largura, o qual ainda foi dividido em quatro parcelas (unidades experimentais) de 10 m cada uma.

Ao todo o experimento contabilizou 36 unidades experimentais.

O delineamento experimental deste trabalho foi de blocos ao acaso, em esquema de subparcelas (faixas de 40 x 1 m) e o modelo estatístico utilizado foi o fatorial 2x2+1, onde os fatores foram, dois sistemas de plantio (preparo convencional de solo e plantio direto com palhada de milheto) e duas velocidades de deslocamento (1ª e 2ª marcha com a rotação do trator fixada em 1000 rpm) mais a testemunha (transplantado manualmente por 4 colaboradores).

As análises estatísticas dos dados foram submetidos a análises de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico adotado foi o composto pelo *software* Sisvar 5.6.

As determinações e as especificações das velocidades de deslocamento do conjunto trator-transplantadora estão descritas no tópico 5.6 deste trabalho.

Figura 2. Operação de transplante mecanizado em sistema de preparo convencional. Pardinho – SP (2015).

Foto: Almeida, S.V. (2015).

Figura 3. Operação de transplante mecanizado em sistema de plantio direto. Pardinho – SP (2015).

Foto: Almeida, S.V. (2015).

Figura 4. Operação de transplante manual. Pardinho – SP (2015).
Foto: Almeida, S.V. (2015).

5.6 Transplante de mudas

No ato do transplante mecanizado, a transplantadora foi regulada pelo operador com espaçamento de 0,25 x 0,25 m e 0,05 m de profundidade, conforme recomendada para a cultura da alface.

O trator teve a rotação do motor definida e fixada em 1000 rpm variando a velocidade em 1ª e 2ª marcha, denominando velocidade 1 (v1) e velocidade 2 (v2), respectivamente.

O transplante foi realizado no dia 31 de março de 2015, sendo que as mudas estavam com 5 folhas definitivas. A temperatura média no momento do transplante das mudas foi de 23,5°C.

Foi realizada uma pulverização mecanizada, a fim de eliminar a incidência de plantas daninhas do tipo trapoeraba (*Commelina virginica),* picão branco *(Galinsoga parviflora)* e joá-de-capote (*Nicandra Physalodes*) dos canteiros. A

pulverização foi realizada com pulverizador modelo KO 600 L, barra de 14 m, momentos antes do transplante, com herbicida comercial Finale® (princípio ativo Glufosinato-sal de Amônio), não seletivo para folhas largas, registrado para a cultura da alface, com a dosagem de 350 mL/100L com o pulverizador regulado para aplicar um volume de calda de 400 L ha^{-1}.

O tempo efetivo da operação de transplante foi monitorado em cada repetição, cronometrando-se o tempo de ida e volta, respeitando-se o espaço de estabilização do conjunto mecanizado.

Paralelamente, foi cronometrado o tempo de manobra da máquina, evitando assim interferência nos dados de tempo de trabalho real.

Simultaneamente à operação de transplante mecanizado, dois colaboradores da propriedade, realizavam o repasse ao longo do canteiro, logo após a passagem da máquina, a fim de minimizar possíveis falhas no processo de transplante, sendo que este tempo também foi cronometrado.

No canteiro de transplante manual (testemunha), a operação foi realizada por 4 colaboradores da propriedade com espaçamento idêntico ao transplante mecanizado, sendo que o tempo desta operação também foi cronometrado.

5.7 Falhas no transplante das mudas

Para contabilizar o número de falhas (máquina-homem e ou máquina-solo) durante a operação de transplante mecanizado, foram contadas as mudas falhadas e repassadas ao longo do canteiro, obtendo assim uma média de mudas não depositadas tanto no tratamento de preparo convencional como no tratamento de plantio direto.

5.8 Consumo de combustível do trator

Para medir o consumo de combustível do trator, foi utilizado o método simples de preenchimento de tanque do combustível antes e depois da operação. Tal método consistiu em completar o tanque do trator no início e no final de cada canteiro, nos tratamentos de transplante mecanizado, verificando assim, a quantidade de combustível que o trator consumiu pela diferença entre os dois, e cronometrando o tempo de operação. O cálculo foi feito por regra de três, em que o tempo efetivo de operação e a quantidade de combustível consumido foi convertido em litros por hora. Após esta conversão, foi realizado o cálculo de consumo por área, dividindo os dados de litro por hora pela capacidade de campo operacional.

5.9 Tratos culturais

Após a operação de transplante, todos os canteiros foram irrrigados por aspersão, conforme a necessidade da cultura.

Uma semana após o transplante, no dia 07 de abril, foi realizada uma adubação de cobertura manualmente com a formulação 20-00-20 de NPK, com a dosagem de 60g por metros de canteiro, distribuídos em 2 linhas entre as 4 fileiras da alface.

No dia 07 de maio de 2015, após 38 dias de transplante, foi realizada uma capina manual em todos os canteiros.

5.10 Colheita e análise da produtividade da alface

As plantas de alface foram colhidas com 59 dias, no dia 28 de maio de 2015.

Foi realizada a contagem da população final das plantas da alface nas 36 unidades experimentais, em todos os tratamentos e logo após foram colhidas

manualmente 10 plantas aleatórias de cada parcela e reservadas separadamente em caixas plásticas vazadas com a devida identificação. A temperatura no ato da colheita estava em torno de 16ºC.

As caixas plásticas foram transportadas até o *packing house* da propriedade, onde foi realizada a análise da produtividade.

Para a análise da produtividade, foram pesadas 10 plantas de alface uma a uma em balança digital, logo após, elas foram medidas com régua graduada de 40 cm, em seguida foi realizada a contagem do número de folhas na desfolha e medido o caule. Com estes procedimentos, foram coletados os dados de massa fresca por planta (g), tamanho da planta (cm), quantidade do número de folhas e tamanho do caule (cm).

5.11 Capacidade Operacional da máquina

Para a análise dos dados de capacidade operacional da transplantadora, foi utilizado a metodologia adpatada de Mialhe (1974). As variáveis determinadas foram: Capacidade de Campo Teórica e Capacidade de Campo Operacional, sendo esta última calculada sem o tempo de preparo da máquina.

5.11.1 Capacidade de campo teórica (Cct)

A capacidade de campo teórica foi obtida a partir das dimensões dos órgãos ativos da máquina, especificamente largura de trabalho e velocidade de deslocamento, sendo calculada por meio da equação (1):

$$Cct = \frac{L \; x \; V}{10} \qquad \text{eq. (1)}$$

Em que;

Cct = Capacidade de Campo teórica (ha h^{-1});

L = Largura de trabalho (m);

V = Velocidade (km h^{-1}).

A largura do corte é medida na projeção, sobre um plano perpendicular à direção de deslocamento, da região abrangida pelo conjunto dos órgãos ativos.

A velocidade de deslocamento considerada na determinação de Cct é aquela correspondente ao limite máximo de velocidade sob a qual é possível realizar um trabalho adequado, sob condições operacionais definidas pelo fabricante da máquina.

5.11.2 Capacidade de campo operacional (Cco)

Denomina-se Capacidade de Campo Operacional, a capacidade da máquina ou implemento no campo que inclui os efeitos de fatores de ordem operacional. Esses efeitos são representados por tempos consumidos no preparo da máquina e em interrupções, requeridos pelo próprio trabalho da máquina quando em operação no campo. A Cco foi obtida por meio da equação (2):

$$Cco = \frac{L \; x \; V \; x \; Ef}{10} \qquad \text{eq. (2)}$$

Em que:

Cco = Capacidade de campo operacional

L = largura de trabalho (m)

V = velocidade (km h^{-1})

Ef = Eficiência (%)

Para os cálculos da eficiência e realização deste trabalho, não foram contabilizados o tempo de preparo da máquina, sendo utilizado somente o tempo efetivo de operação de transplante, manobras e tempos da máquina parada.

5.12 Custo Operacional

Para os cálculos de custo operacional na operação de transplante mecanizado, foi utilizada a metodologia adaptada de Mialhe (1974). Conforme citado no item 4.4, o autor distingue os custos fixos como, juros, depreciação, despesas de alojamento, seguro, taxas e impostos. Os custos variáveis incluem as despesas com combustíveis e lubrificantes, manutenção e mão-de-obra.

5.13 Custos Fixos

5.13.1 Juros

O custo com juros foi determinado por meio da equação (3) descrita abaixo segundo Mialhe (1974), considerando o valor de aquisição (VI), valor final (VF) e a taxa anual de juros (T_J), a qual em 2015 seu percentual foi estipulado em 7,5% conforme circular SUP/AGRIS n°07/2015 (BNDES, 2015), e incide sobre o preço médio da máquina.

$$J = \left[\frac{(VI + VF)}{2}\right].\left(\frac{T_J}{100}\right)\left(\frac{1}{N}\right) \qquad \text{eq. (3)}$$

Em que:

J = parcelas de juros, anual;
VI = valor de aquisição (R$);
VF= valor final (10% do Vi);
T_J = taxas de juros (%);
N = número de horas de uso da máquina/ano.

O valor de aquisição (VI) do trator foi adquirido de acordo com o AGRIANUAL (2015). O valor de aquisição (VI) da transplantadora foi informado pelo proprietário rural. Informações de vida útil (L) do trator em anos e horas trabalhadas por ano (N), foram adquiridas de acordo com PACHECO (2000) e AGRIANUAL (2015), respectivamente. As informações de vida útil da transplantadora e horas trabalhadas por ano, foram adquiridas conforme manual do fabricante. Estes dados são apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Dados de valor de aquisição, vida útil estimada e horas trabalhadas/ano do conjunto mecanizado.

Máquina	VI (R$)	L (anos)	N (h^{-1})
Trator NH TL65 4x2	80.000,00	10	1.000
Transplantadora Fedele Mario MAX	35.000,00	10	1.000

5.13.2 Depreciação

Depreciação de máquinas agrícolas segundo Mialhe (1974) é a redução do valor causada pelo desgaste natural de seus orgãos componentes, pelas intémperies do tempo, por danificação estrutural e por falta de uso. Foi calculada pela equação (4) abaixo proposta pelo mesmo autor.

$$D = \left[\frac{(VI - VF)}{L}\right] \cdot \left(\frac{1}{N}\right) \qquad \text{eq. (4)}$$

Em que:

D = custo horário com depreciação ($R\$.h^{-1}$);

VI = valor inicial da máquina;

VF = valor final da máquina;

L = vida útil em anos;

N = número de horas de uso da máquina/ano.

5.13.3 Alojamento

As despesas com alojamento foi calculada pela equação (5) abaixo sugerida por Mialhe (1974) e foi utilizado para este trabalho um percentual de alojamento de 1,0% sobre o valor inicial do conjunto mecanizado. O mesmo autor cita que as despesas com alojamento são consideradas como uma percentagem do valor inicial do trator abrigado, variando de 0,5 a 2,0% ao ano.

$$A = \frac{(T_a /100).VI}{N} \qquad \text{eq. (5)}$$

Em que:

A= custo horário com alojamento (R$.h^{-1});

T_a = percentual (1,0%) sobre o valor de aquisição do bem.

VI = valor inicial da máquina;

N = número de horas de uso da máquina/ano.

5.13.4 Seguro

O seguro normalmente é realizado como uma preventiva de assegurar a cobertura de danos que por ventura venham ocorrer ao maquinário como riscos de incêndio, acidentes de várias espécies e roubo. Para cálculos de custos com seguros, foi utilizado a equação (6) abaixo, proposta por Mialhe (1974), onde o percentual de taxa de seguro considerado é de 2% sobre o valor inicial (VI) da máquina.

$$S = \frac{(T_s /100).VI}{N} \qquad \text{eq. (6)}$$

Em que:

S = custo horário com seguro (R$.h^{-1});

Ts = percentual (2,0%) sobre o valor de aquisição do bem;

VI = valor inicial da máquina;

N = número de horas de uso da máquina/ano.

5.13.5 Mão-de-obra

Na operação de transplante de alface mecanizado foram utilizados 5 trabalhadores, sendo (1) o operador do trator ou tratorista, (2) funcionários responsáveis pela deposição das mudas na transplantadora durante a operação e (2) funcionários atrás da transplantadora realizando o repasse manual das mudas falhadas.

Na operação de transplante manual, 4 funcionários foram responsáveis pelo mesmo, sendo esses os mesmos que participaram da operação de transplante mecanizado.

Para cálculos de custo com mão-de-obra, foram utilizados os valores dos salários em exercício pela propriedade, encargos trabalhistas e despesas contábeis. Os salários são baseados na carga/horária mensal, ou seja, referem-se ao número total de horas mensais trabalhadas. Para operadores de máquinas, o custo total mensal (salário + encargos trabalhistas) foi de R$ 1.639,00 e para os demais colaboradores, o custo total mensal foi de R$ 1.460,20. Para o cálculo de número de horas mensais trabalhadas, foram levadas em consideração 8 horas diárias em 22 dias úteis de trabalho, totalizando 176 horas totais trabalhadas mensais.

Os cálculos do custo horário com mão-de-obra foram realizados conforme a equação (7) descrita abaixo.

$$CMO = \frac{SAL + ES}{NT} \qquad \text{eq. (7)}$$

Em que:

CMO = custo horário com mão-de-obra (R$.h^{-1});

SAL = salários (R$);

ES = encargos sociais (R$);

NT = número de horas mensais trabalhadas pelos trabalhadores na operação de transplante mecanizado (176 horas).

5.14 Custos Variáveis

5.14.1 Consumo de Combustível

Para o cálculo do custo horário com combustível do trator, foi utilizado a equação (8) descrita abaixo proposta por Mialhe (1974). O preço do Diesel utilizado neste trabalho, foi o valor médio de R$ 2,89 L^{-1}, obtido através da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2015) e exercido na região de Botucatu – SP no período do experimento.

$$CHC = P_C.GH \qquad \text{eq. (8)}$$

Em que:

CHC = custo horário de combustível (R$ h^{-1});

Pc = preço do combustível (R$ L^{-1});

GH = consumo horário de combustível (L h^{-1}).

5.14.2 Lubrificantes e graxas

As despesas com lubrificantes, segundo Mialhe (1974), são resultantes de fatores como as trocas realizadas periodicamente e da perda natural proveniente da queima no interior do trator.

O consumo de lubrificante, pode ser estimado por meio da Tabela 3, na qual constam, para cada unidade de potência da TDP (tomada de potência), o consumo em litro por hora (L h^{-1}) para cada tipo de motor. Foi utilizado a equação (9) descrita abaixo, para o cálculo de gastos com lubrificantes.

Tabela 3. Consumo médio de óleo lubrificante pelos motores das máquinas agrícolas de rodas. Adaptado de Mialhe (1974).

Potência na TDP	Tipo de motor	
	Gasolina	diesel
Cv	L h^{-1}	L h^{-1}
50 a 60	0,050	0,072
60 a 70	0,053	0,072

$$CHL = P_L.CML \qquad \text{eq. (9)}$$

Em que:

CHL = custo horário com óleos lubrificantes (R$ h^{-1});

P_L = preço do óleo lubrificante (R$);

CML = consumo médio do óleo lubrificante (L h^{-1}).

Da mesma forma, considera-se a quantidade de graxa usada para a lubrificação da máquina, em função do custo do quilo de graxa e no consumo médio horário de graxa. O custo horário com graxa foi calculado conforme equação (10) abaixo proposta por Mialhe (1974).

$$CHG = P_G.CMG \qquad \text{eq. (10)}$$

Em que:

CHG = custo horário de graxa (R$ h^{-1});

P_G = custo do kilograma da graxa (R$);

CMG = consumo médio horário de graxa (L h^{-1}).

5.14.3 Manutenção

Entende-se por manutenção de tratores agrícolas o conjunto de procedimentos que visam manter as máquinas e implementos agrícolas em perfeitas condições de funcionamento e prolongar-lhes a vida útil através de lubrificações, revisões periódicas e proteção contra intémperies (MIALHE, 1974).

Para determinar os custos com manutenção, foi utilizada a equação (11) descrita abaixo, em que o coeficiente designado fator de reparo (FR) leva em consideração, condições de trabalho ao qual a máquina foi submetida, habilidade dos operadores, conservação e número de horas trabalhadas.

O fator de reparo adotado foi o sugerido por Mialhe (1974), citado por Jasper, Silva e Benez (2013), o qual os autores mencionam que o percentual (Tm) para tratores é de 10% e de implementos 8% sobre valor inicial das máquinas.

$$M = \frac{(T_m / 100).VI}{N} \qquad \text{eq. (11)}$$

Em que:

M = custo horário com manutenção ($R\$.h^{-1}$);

Tm = percentual sobre o valor de aquisição do bem;

VI = valor inicial da máquina (R$).;

N = número de horas de uso da máquina/ano (h).

5.15 Custo horário e custo operacional

Para a determinação do custo horário e custo operacional, foram utilizadas as equações (12) e (13) respectivamente propostas a seguir.

$$CH = J + D + A + S + MO + CHC + M + CLG \quad \text{eq. (12)}$$

Em que:

CH = custo horário (R$ h^{-1});

J = custo com juros (R$ h^{-1});

D = custo com depreciação (R$ h^{-1});

A = custo com alojamento (R$ h^{-1});

S = custo com seguros (R$ h^{-1});

MO = custo com mão-de-obra (R$ h^{-1});

CHC = custo com combustível (R$ h^{-1});

M = custo com manutenção (R$ h^{-1});

CLG = custo com lubrificantes e graxas (R$ h^{-1}).

$$CO = \frac{CH}{Cco} \qquad \text{eq. (13)}$$

Em que:

CO = custo operacional (R$ ha^{-1});

CH = custo horário (R$ h^{-1});

Cco = capacidade de campo operacional (ha h^{-1}).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Características agronômicas da cultura

Os resultados da comparação das características agronômicas entre os tratamentos, incluindo a testemunha e a produtividade analisadas da cultura da alface, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Comparação entre os tratamentos das características agronômicas da cultura da alface.

Tratamentos	Massa fresca planta (g)	Altura (cm)	Nº folhas	Altura caule (cm)
PC V1	608,4	23,2	46,2	6,6
PC V2	593,4	25,5	38,7	6,5
PD V1	671,2	28,6	42,7	7,4
PD V2	512,7	26,0	41,4	6,5
Testemunha	551,8	24,9	39,8	7,1
Valor F	$1,23^{NS}$	$1,90^{NS}$	$0,80^{NS}$	$1,23^{NS}$
CV (%)	18,4	11,14	20,5	18,7
DMS	243,9	6,4	19,3	2,90

Foi realizado uma análise de variância e em seguida as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e pode ser observado que não houve efeito significativo entre os tratamentos para as características analisadas da produtividade da alface. Resultado semelhante ao encontrado por Ziech *et al*., (2014), em que com manejos de cobertura de solo e fontes de adubação não obtiveram influencia na produtividade da alface do tipo crespa de folhas soltas, segmentos semelhantes a cultivar estudada neste trabalho.

Após a comparação entre todos os tratamentos, foi realizada a análise de variância seguida do Teste Tukey a 5% de probabilidade entre sistema de plantio e velocidade de deslocamento, fatoriais determinadas para este trabalho.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados para o fator sistema de plantio e na Tabela 6 o fator velocidade de deslocamento.

Tabela 5. Dados de características agronômicas da cultura da alface para o fator sistema de plantio.

Sistema de plantio	Massa fresca planta (g)	Nº folhas	Altura caule (cm)
PC	581,2	40,9	6,8
PD	503,7	40,1	6,6
CV (%)	22,3	19,4	13,4
DMS	88,9	5,80	0,66

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Dados de características agronômicas da cultura da alface para o fator velocidade de deslocamento.

Velocidade	Massa fresca planta (g)	Nº folhas	Altura caule (cm)
1	576,8	41,7	6,8
2	508,1	39,3	6,6
CV (%)	22,3	19,4	13,4
DMS	88,9	5,80	0,66

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve interação significativa entre os fatores sistemas de plantio e velocidade para as características massa fresca da planta, numero de folhas e altura do caule e nem efeito isolado dos tratamentos. Assim, considerou-se a média dos tratamentos de sistema de plantio e velocidade, em que pode ser observado que o PC na velocidade 1, obtiveram as maiores médias na característica massa fresca, 581,2 g para plantio e 576,8 g para velocidade, respectivamente. Para a cultivar estudada neste trabalho (Vanda), as médias de massa fresca encontradas na literatura (SANTOS *et al*, 2009; EMBRAPA, 2013; ZIECH *et al*., 2014) e aceitáveis na comercialização, são em torno de 776 g, superior ás médias encontradas neste experimento. Porém, as médias de massa fresca obtidas neste trabalho, quando aliadas a variável altura do caule (6,8 em PC na velocidade 1), também são consideradas aceitáveis comercialmente, visto que a altura do

caule indica tolerância ao pendoamento, e na literatura, tamanhos aceitáveis de caule estão em torno de até 9 cm (Yuri *et al*., 2004).

Na Tabela 7 são apresentados os dados de altura da planta para os fatores sistema de plantio e velocidade.

Tabela 7. Dados altura da planta para os fatores sistema de plantio e velocidade.

	Velocidade		
Sistema de plantio	1	2	Média
PC	23,5 bA	26,1 aA	24,8
PD	27,7 aA	25,1 aA	26,4
Média	25,6	25,6	25,6

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável altura da planta, houve interação significativa entre os sistemas de plantio e velocidade, onde nota-se que o tratamento em PD na velocidade 1 obteve a maior média em relação a altura da planta. Em se tratando de altura da planta, é citado na literatura médias em torno de 22,33 cm (OHSE *et al*., 2012; EMBRAPA, 2013), aceitável comercialmente, visto que, plantas mais altas tendem a ser mais propícias ao pendoamento, e este interfere diretamente no sabor e na textura da alface. Logo o sistema de plantio direto neste experimento aliado a menor velocidade, propiciou plantas mais altas, o que não quer dizer que as mesmas já estejam propícias ao pendoamento uma vez que Santos *et al.* (2009), trabalhando com várias cultivares de alface, concluiu que a cultivar Vanda apresenta um melhor desempenho em relação a tolerância de pendoamento, podendo ser mantidas por um período maior no campo.

6.2 Desempenho Operacional

6.2.1 Capacidade de campo teórica

Os resultados de capacidade de campo teórica (Cct) dos tratamentos de transplante mecanizado e valores de metros de canteiro por hora (m de canteiro h^{-1}), são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Capacidade de campo teórica (Cct) e metros de canteiro por hora (m de canteiro h^{-1}).

Tratamento	Cct	m de canteiro h^{-1}
PC V1	0,075	750,2
PC V2	0,115	1150,2
PD V1	0,075	750,2
PD V2	0,115	1150,2

Os tratamentos não diferem quanto ao tipo de preparo, somente nas diferentes velocidades. Isso ocorre pois as velocidades utilizadas no cálculo de capacidade de campo teórica são fixas, conforme informação do manual do trator. Os maiores valores de capacidade de campo teórica e metros de canteiros por hora foram obtidos nas maiores velocidades. Estes resultados representam, como o próprio nome diz, o quanto teóricamente a máquina realizaria numa operação de campo em condições adequadas, adotando velocidades máximas de deslocamento e levando em consideração a largura de trabalho.

A capacidade de campo teórica demonstra a capacidade de rendimento que uma máquina agrícola pode expressar em sua totalidade, uma vez que, quando não há variação de largura de trabalho (como é o caso deste experimento), a velocidade passa a ser um fator determinante para o aumento ou queda deste rendimento. Isto corrobora com Chaves (2015), o qual observa que a Cct é influenciada pela velocidade de operação e está diretamente relacionada no aproveitamento dos órgãos ativos e da velocidade sugerida no manual do trator.

Geralmente, quando calculada, a Cct evidencia ser sempre maior que a capacidade de campo efetiva, pois não está submetida ás interferências das mais diversas condições de trabalho em campo e das peculiaridades dos diferentes tipos de produção agrícola, além das particularidades em que cada operador tem de operar as máquinas.

Pacheco (2000), cita que a capacidade de campo teórica, é a razão entre o desempenho da máquina e o tempo efetivo, como se a mesma trabalhasse 100% do tempo na velocidade nominal, utilizando 100% da sua largura nominal, concordando com a ASAE (1996b). Mialhe (1974) cita que a capacidade de campo teórica é obtida através dos orgãos ativos da máquina, especificamente na largura de trabalho e velocidade de

deslocamento, sob condições de trabalho definidas pelo fabricante da máquina, corroborando com este trabalho.

6.2.2.Capacidade de campo operacional

Os resultados de capacidade de campo operacional (Cco) estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Capacidade de campo operacional (Cco) e metros de canteiro por hora (m de canteiro h^{-1}).

Tratamento	Cco (ha h^{-1})	m de canteiro h^{-1}
PC V1	0,034	361,2
PC V2	0,050	547,2
PD V1	0,033	351,6
PD V2	0,048	525,6
Manual	0,023	227,4

Os resultados demonstram que o tratamento PC V2, teve uma maior capacidade de campo operacional e um maior rendimento de metros de canteiro por hora em relação aos outros tratamentos e pode estar relacionado ao fato de que, no plantio em preparo convencional, existe uma menor exigência de força do trator, pois o solo encontra-se descoberto, ou seja, sem a presença de cobertura vegetal, a qual pode ocasionar uma maior resistência do mesmo e exigir mais força de tração da máquina podendo gerar consequentemente um menor desempenho operacional. Pode-se visualizar ainda na Tabela 9, que a capacidade de campo operacional é maior para ambos os tratamentos nos diferentes tipos de preparo na velocidade 2.

Durante a operação de transplante, podem ocorrer falhas, ou seja, mudas que não foram devidamente depositadas no solo e podem ser devido a dois fatores, o fator máquina-homem ou o fator máquina-solo. No fator máquina-homem, pode-se dizer que o auxiliar de transplante deixou de depositar algumas mudas durante a operação por razões aleatórias e ou extrínsecas ao processo. Enquanto no fator máquina-solo, esta falha pode estar relacionado ao desempenho da máquina sobre o solo, ou seja, advém do tipo de solo, do tipo de manejo do solo, como por exemplo, preparo convencional e plantio direto,

teor de umidade deste solo, entre outros. Em ambos os casos, o fator velocidade de operação está diretamente relacionada e é uma das determinantes para o quesito número de falhas durante a operação de transplante.

Assim, observa-se na Tabela 10, que o tratamento PC V2, apresentou um maior número de mudas falhadas durante a operação de transplante mecanizado e isto pode estar relacionado ao fator máquina-homem, em que os auxiliares de transplante não acompanharam o ritmo de velocidade da máquina na hora de deposição das mudas, não realizando uma operação uniforme, inviabilizando assim o transplante mecanizado em maiores velocidades. Tal resultado corrobora com Machado *et al*., (2015), que estudando o transplante semi-mecanizado de mudas de tomate em função da velocidade de operação, concluiu que numa velocidade mais baixa, a distribuição das mudas é mais uniforme, implicando assim num menor repasse pelos colaboradores.

Machado *et al*., (2015) conclui ainda, que é necessário levar em consideração a influência do homem no desempenho da máquina, pois nesse caso a mão-de-obra entra em duas etapas da operação de transplante mecanizado: na deposição das mudas no sistema dosador e no repasse logo após o transplante da máquina. Pelo fato que cada indivíduo possui comportamento diferente, a uniformidade de operação passa a ser comprometida.

Paralelamente, realizando o comparativo na operação de transplante entre o sistema mecanizado e o manual, pode-se estimar que o tratamento PC V2 teve a capacidade operacional 58,45% maior que o manual. Alguns autores trabalhando com comparação entre sistemas mecanizados e manuais de derriçadores de café, obtiveram resultados semelhantes, onde o desempenho operacional no sistema mecanizado é superior ao manual (BARBOSA; SALVADOR; SILVA, 2005; SOUZA; QUEIROZ; RAFULI, 2006). Cunha *et al*., (2015) comparando sistema de transplante mecanizado com sistema de transplante manual em mudas de café, observa que a capacidade operacional do sistema mecanizado foi 56,3% maior em relação ao sistema manual, semelhante a este trabalho onde esta relação foi de 54%.

Tabela 10. Média do número de falhas dos tratamentos na área dos canteiros.

Tratamento	média nº de plantas/canteiro	nº mudas falhadas	% falha
PC V1	1.728	32	1,85
PC V2	1.728	46	2,66
PD V1	1.728	40,5	2,34
PD V2	1.728	42	2,43

6.3 Consumo de Combustível

Na Tabela 11, são apresentados os dados de consumo de combustível por hora (L h^{-1}), custo hora de combustível (R$ h^{-1}), consumo por área (L ha^{-1}) e custo de combustível por área (R$ ha^{-1}).

Tabela 11. Consumo de combustível (L h^{-1}), custo hora de combustível (R$ h^{-1}), consumo por área (L ha^{-1}) e custo de combustível por área (R$ ha^{-1}).

	Combustível			
Tratamento	L h^{-1}	Ch (R$ h^{-1}) *	L ha^{-1}	R$ ha^{-1}
PC V1	1,85	5,35	54,65	157,95
PC V2	2,26	6,53	45,12	130,40
PD V1	1,69	4,88	50,77	146,73
PD V2	2,01	5,81	41,63	120,31

* Considerando o valor do diesel de R$ 2,89 conforme ANP (2015).

Observou-se na Tabela 11 que os fatores sistema de manejo de solo, influenciou no consumo de combustível. No sistema de preparo convencional a máquina consumiu mais combustível do que no sistema de plantio direto em ambas as velocidades. Pode-se dizer que no PD V1, o consumo foi menor, pois exigiu menos da máquina, porém deve ter patinado mais porque a velocidade efetiva de trabalho estava menor (Tabela 12).

Tabela 12. Velocidade efetiva de trabalho (Km h^{-1}) dos tratamentos.

Tratamento	Velocidade Efetiva (km h^{-1})
PC V1	0,362
PC V2	0,548
PD V1	0,352
PD V2	0,526
Manual	0,228

A velocidade efetiva de trabalho é considerada baixa, pois o trator trabalha em 1ª marcha reduzida e com a aceleração reduzida, uma vez que o mesmo tem potencia nominal suficiente para tracionar a máquina transplantadora.

Em relação ao consumo de combustível sobre os fatores de diferença de velocidade, observa-se que na velocidade 2, houve um maior consumo em litros por hora em ambos os tratamentos, concordando com Vale (2011) que trabalhando com trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura, observou que o consumo de combustível aumentou consideravelmente com o aumento da velocidade.

Nos dados de consumo por área, Mahl et al., (2004), realizando semeadura na cultura do milho com três velocidades de deslocamento, verificaram que a variação da velocidade interferiu no desempenho da capacidade operacional e redução no consumo de combustível por área trabalhada de 86% e 26% respectivamente, situação esta semelhante com o tratamento PD V2 deste trabalho, que custou em L h^{-1}, 15,93% mais caro que o tratamento PD V1 em L h^{-1} , porém em R$ ha^{-1}, teve um custo 18,01% menor.

6.4 Custo Horário e Custo Operacional

Os valores obtidos com os cálculos para custo horário (CH) incluindo custos fixos e variáveis, na operação de transplante mecanizado estão demonstrados na Tabela 13.

Tabela 13. Custo horário (R$ h^{-1}) do transplante mecanizado na cultura da alface.

Custo	Trator (R$ h^{-1})	Transplantadora (R$ h^{-1})	Total (R$ h^{-1})
Juros	R$ 3,30	R$ 1,44	R$ 4,74
Depreciação	R$ 7,20	R$ 3,15	R$ 10,35
Alojamento	R$ 0,40	R$ 0,18	R$ 0,58
Seguro	R$ 0,80	R$ 0,35	R$ 1,15
Mão de Obra			
Tratorista	R$ 9,31	-	R$ 9,31
Ajudante Geral	-	R$ 33,18	R$ 33,18
Combustível	R$ 5,64	-	R$ 5,64
Lubrificantes	R$ 1,30	-	R$ 1,30
Graxa	R$ 1,45	-	R$ 1,45
Manutenção	R$ 8,00	R$ 2,80	R$ 10,80
Total	**R$ 37,40**	**R$ 41,10**	**R$ 78,50**

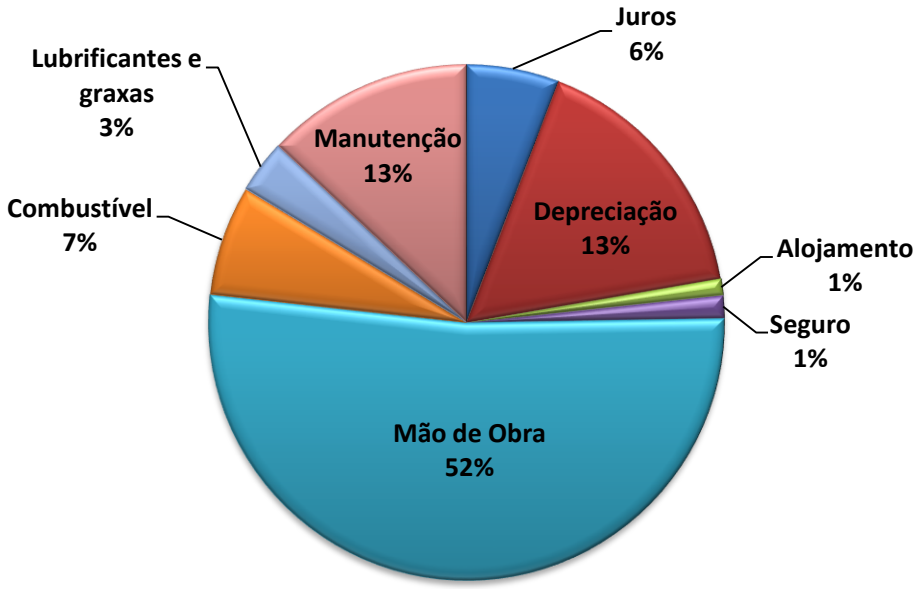

Figura 5. Representação gráfica da porcentagem de custos fixos e variáveis.

O maior custo horário na operação de transplante mecanizado, foi com a mão-de-obra, considerado nesta metodologia como custo variável (Figura 5). Neste caso em especial, este custo foi elevado devido a necessidade de maior número de funcionários envolvidos durante a operação, sendo o tratorista (salário maior), 2 auxiliares de transplante em cima da transplantadora realizando a deposição das mudas no sulco e

mais dois auxiliares, percorrendo atrás da máquina realizando o repasse das mudas falhadas. Assim, pode-se dizer que o custo de mão-de-obra para a operação de transplante mecanizado custa 21,9% a mais que o custo de mão-de-obra na operação de transplante manual, a qual possui um funcionário a menos (Tabela 14).

Esta relação pode ser variada, se for levado em consideração que os dois funcionários que percorrem atrás da máquina realizando o repasse das falhas são opcionais, desta forma o custo de mão-de-obra para a operação de transplante mecanizado cai de R$ 42,49 para R$ 25,89, ou seja, 39,04% a menos. Porém, com dois funcionários a menos, não realizando o repasse das falhas, o produtor rural está sujeito a uma menor produtividade da cultura.

Tabela 14. Custo horário transplante manual.

Funcionários	4
Custo (R$ h^{-1})	8,29
Total	**33,16**

Os valores obtidos com os cálculos para custo operacional (CO) nas operações de transplante mecanizado e manual estão demonstrados na Tabela 15.

Tabela 15. Custo operacional (R$ ha^{-1}) no transplante mecanizado e manual na cultura da alface.

Tratamento	Cco (ha h^{-1})	CH (R$ h^{-1})	CO (R$ ha^{-1})
PC V1	0,034	R$ 78,50	R$ 2.308,82
PC V2	0,050	R$ 78,50	R$ 1.570,00
PD V1	0,033	R$ 78,50	R$ 2.378,79
PD V2	0,048	R$ 78,50	R$ 1.635,42
Manual	0,023	R$ 33,18	R$ 1.442,61

Os tratamentos de PC e PD ambos na velocidade 1, foram os que apresentaram maior custo operacional, sendo os valores de R$ 2.308,82 e R$ 2.378,79 respectivamente. Na velocidade 2, os custos foram 32% e 31,25% mais baratos, respectivamente. Tal comportamento, pode estar relacionado a maior capacidade de campo operacional que os tratamentos na velocidade 2 obtiveram.

Cunha et al., (2015), comparando transplante mecanizado com transplante manual de mudas de café, concluiu que o transplante manual em termos de custo foi 18,9% mais caro que o mecanizado, discordando deste trabalho em que o transplante manual custou 40% a menos que o transplante mecanizado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em se tratando dos diferentes tipos de manejo de solo estudados neste trabalho, não houve efeito significativo entre os tratamentos para as características analisadas da produtividade da alface.

Uma das hipóteses desse efeito não significativo entre estas características, pode estar relacionado ao fato de que logo após a operação de transplante, foi realizado o repasse manual, ou seja, as mudas foram ajustadas no sulco manualmente, dando condições favoráveis ao desenvolvimento das mesmas. Desta forma, pode-se dizer que fica a critério do produtor rural, a escolha do método de transplante em relação ao tipo de manejo de solo. Entretanto, no sistema de plantio direto, o produtor pode usufruir dos inúmeros benefícios que este sistema apresenta, como a redução da erosão do solo e da perda de nutrientes por lixiviação, maior retenção de água e manutenção da umidade do solo, maior atividade da matéria orgânica devido a decomposição da palhada, consequentemente aumento da fertilidade, além da redução da compactação deste solo.

A adoção de sistemas mecanizados na horticultura, vem como uma aliada ao produtor rural devido a grande falta de mão-de-obra que ocorre hoje, principalmente no meio agrícola, onde as atividades exigem maior esforço físico do homem.

Assim, a adoção do sistema de transplante mecanizado de mudas de alface é considerada viável, uma vez que o rendimento da operação mecanizada é muito

maior que a operação manual, conforme dados demonstrados neste trabalho, além da ergonomia dos trabalhadores envolvidos.

O maior custo horário na operação de transplante mecanizado deste trabalho, foi obtido devido a maior utilização de mão-de-obra. Porém, esta relação pode ser variada se for levado em consideração que os dois funcionários que trabalhavam atrás da máquina realizando o repasse das falhas são opcionais. Para que se tenha êxito na operação com menor mão de obra, deve-se ocorrer melhorias na máquina transplantadora, para evitar o acúmulo de falhas de deposição e fixação das mudas no solo.

8 CONCLUSÕES

A operação de transplante mecanizado da alface mostrou um rendimento operacional 54% maior que a operação de transplante manual.

A maior capacidade de campo operacional foi encontrada no sistema de preparo convencional na velocidade mais alta, a qual rendeu mais metros de canteiros por hora em relação aos outros tratamentos.

A mão-de-obra confirmou ser o principal e mais caro componente do custo operacional para os dois sistemas de transplante.

A produtividade da cultura não sofreu interferência em relação ao comparativo entre todos os tratamentos.

9 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativo, 2015. p. 97-106.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEIS. **Sistema de levantamento de preços/síntese dos preços praticados em São Paulo em dezembro de 2015.** Disponível em: http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp Acesso em: 27 dez. 2015.

ANDRADE, C. et al. Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho cultivado com hortaliças sob diferentes sistemas de manejo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, **Anais**... XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009.

ARCOVERDE, S.N.S. et al. Nível de Ruído Emitido por Conjuntos Mecanizados em Função da Velocidade e da Condição do Solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife**,** v. 6, n. 3, p.514-520, set. 2011. Trimestral.

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE Standards. **Uniform terminology for agricultural machinery management**. St. Joseph, ASAE S495. DEC94, 1996b. p.324-25.

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE Standards. St. Joseph, Agricultural management data **ASAE EP496.2**.1998a, p.354-359.

BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M. Desempenho operacional de derriçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 129-132, 2005.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Circular SUP/AGRIS n°07/2015.** BNDES: Rio de Janeiro, 2015. 9p.

BOTTEGA, E. L. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica,** Fortaleza, v. 1, n. 44, p.1-9, mar. 2013. Trimestral.

BUBLITZ, U. **Evolução do sistema de plantio direto no Paraná.** Curitiba: EMATER-PR; Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação, 2014. Disponível em: http://febrapdp.org.br/download/EVOLUCAO_DO_SPD_NO_PARANA_2014.pdf. Acesso em 08 set. 2015.

CAIRES, E.F. et al. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, n. 30, p.87-98, jan. 2006. Trimestral.

CALEGARI, A. et al. **Adubação Verde no Sul do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CHAVES, R.G. **Sistemas de manejo do solo e velocidade de semeadura da soja.** 2015, 46p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2015.

COSTA, N. R. et al. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** Recife, v. 10, n. 1, p.8-16, mar. 2015. Trimestral.

CUNHA, J. P. B. et al. Análise técnica e econômica de diferentes sistemas de transplantio de café (Coffea arabica L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p.289-297, ago. 2015. Trimestral.

CRUZ, J. C. et al. **Cultivo do Milho: Sistema de Plantio Direto.** 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/sisplantiodireto.htm>. Acesso em: 02 set. 2015.

ECHER, M.M.; SIGRIST, J.M.M.; GUIMARÃES, V.F.; MINAMI, K. Comportamento de cultivares de alface em função do espaçamento. **Revista de Agricultura**, v.76, p.267-275, 2001.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Solos. Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento. 3ºedição. Rio de Janeiro, 2013. 353p.

EMBRAPA HORTALIÇAS (Brasília). **Hortaliças em números.** 2009. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/util/tabelas/index.htm>. Acesso em: 02 set. 2015.

FAULIN, E. J; AZEVEDO, P. F. de. Distribuição de Hortaliças na Agricultura Familiar: uma análise das transações. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 11, p.1-14, nov. 2003. Mensal.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciênc. agrotec. [online]. 2014, vol.38, n.2, pp. 109-112. Disponible en: ISSN 1413-7054. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3°edição, Viçosa-MG, Editora UFV, 2008. 402p.

GUARESCHI, R. F; PEREIRA, M. G; PERIN, A. Deposição de Resíduos Vegetais, Matéria Orgânica Leve, Estoques de Carbono e Nitrogênio e Fósforo Remanescente Sob

Diferentes Sistemas de Manejo no Cerrado Goiano.**Revista Brasileira de Ciência no Solo,** Viçosa, v. 3, n. 36, p.909-920, jun. 2012. Bimestral.

GOTO, R.; TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo: Editora Unesp, 1998. 319 p. (Agronomia).

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil.** 75. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 7 p. (Comunicado Técnico).

HIRATA, A. C. S. et al. Manejo de milheto para plantio direto de alface no verão com ou sem levantamento de canteiros.**Horticultura Brasileira,** Brasília, v. 33, n. 3, p.398-403, jul. 2015. Trimestral.

IZIDÓRIO, T. H. C. et al. Bioestimulante via foliar em alface após o transplantio das mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 2, p.49-56, jun. 2015. Trimestral.

JANINI, D. A. **Análise operacional e econômica do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (Saccharum spp.).** 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

JASPER, S. P; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Estudo comparativo do custo da semeadura direta na cultura do milho utilizando duas metodologias. **Energia na Agricultura,** Botucatu, v. 28, n. 1, p.06-10, mar. 2013. Trimestral.

LIMA, A. A de et al. Competição das cultivares de alface Vera e Verônica em dois espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p.314-316, jun. 2004. Trimestral.

MACHADO, T. de A. et al. Análise técnica de um sistema de transplantio para tomate industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 42., 2014, Campo Grande. **Anais 42º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.** Campo

Grande: Sbea, 2014. v.1, p.1-4. Disponível em: <http://www.sbea.org.br/conbea/index.html>. Acesso em: 02 set. 2015.

MACHADO, T. de A. et al. Transplantio semi-mecanizado de mudas de tomate em função da velocidade de operação. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 9, n. 1, p.48-56, mar. 2015. Trimestral.

MADEIRA, N. R. Avanços tecnológicos no cultivo de hortaliças em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 49. 2009, Águas de Lindóia. **Anais 49º Congresso Brasileiro de Olericultura.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. p. 4036 - 4037. CD-ROM.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.

MARIA, I.C. de CASTRO, O.M; DIAS, H. Souza. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.703-709, 1999.

MAROUELLI, W.A. et al. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 369-375, 2010.

MAKISHIMA, N. **O Cultivo de Hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 1993. 116 p. (Coleção Plantar).

MELO, R. A. C. **Produtividade e rentabilidade de brócolos de inflorescência única em Sistema Plantio Direto.** 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MELO, R. A. de C; MADEIRA, N. R; PEIXOTO, J. R. Cultivo de brócolos de inflorescência única no verão em Plantio Direto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p.23-28, mar. 2010. Trimestral.

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301 p.

MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas para Plantio.** Campinas: Millennium, 2012. 623 p.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas.** 2004. 100 f. Diss. Tese (Livre-Docência em Mecânica e Máquinas Agrícolas) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MOLIN, J. P. et al. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 1., 2010, Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: Sbea, 2010. p. 1 - 10.

MOTA, J. H. et al. Avaliação de cultivares de alface americana durante o verão em Santana da Vargem, MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p.234-237, jun. 2003. Trimestral.

MUZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no estado do paraná. **Anais Iapar**, Londrina, p.1-12, 1996.

OHSE, Silvana et al. Viabilidade agronômica de consórcios de brócolis e alface estabelecidos em diferentes épocas. **Idesia**, Chile, v. 30, n. 2, p.29-37, ago. 2012.

OLIVEIRA, E.; SILVA, F.M.; SOUZA, Z.M.; FIGUEIREDO, C.A.P. (2007); "Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira". **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1466-1470, 2007.

PACHECO, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

PELOIA, P.R.; MILAN, M. (2010); "Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola". **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.681-691, 2010.

PIACENTINI L.; SOUZA E. G.; URIBE-OPAZO M. A.; NÓBREGA L. H. P.; MILAN M.(2012);"Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas – MAQCONTROL". **Rev. Engenharia Agrícola**, v.32, Jaboticabal , 2012.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; MOLINA JÚNIOR, W. F. **Máquinas Agrícolas: Noções Básicas.** Piracicaba: Degaspari, 2010. 201 p.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares.** Dourados: Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p.

SANTOS, C. L. dos et al. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Cáceres, v. 27, n. 2, p.3157-3162, ago. 2009.

SILVA, V. V. **Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção de orgânica de brócolos (Brassica oleracea L. var. italica) em sistema de plantio direto.** 2002. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências). UFRRJ, Seropédica.

SILVA, F.M.; ALVES, M.C.; SOUZA, J.C.S.; OLIVEIRA, M.S. (2010); "Efeitos da Colheita Manual na Bienalidade do Cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais". **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, 2010.

SILVA, R. P. da et al. Qualidade das operações de preparo reduzido do solo e transplantio mecanizado de mudas de café. **Coffee Science**, Jaboticabal, v. 9, n. 1, p.51-60, mar. 2014. Trimestral.

SILVEIRA, G.M. **As máquinas de plantar: aplicadoras, distribuidoras, semeadoras, plantadoras, cultivadoras**. Rio de Janeiro: Globo, 1989. 257p.

SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; RAFULL, L.Z. L. Derriçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,Brasília, v. 41, n. 11, p. 1637-1642, nov. 2006.

SOUZA, R. F. de. **Frações da matéria orgânica e perdas de solo, água e nutrientes no cultivo de hortaliças sob sistemas de manejo.** 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SUINAGA, F. A. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa.** (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças 89). Brasília, DF: Embrapa, 2013. 15 p.

YURI. J.E; RESENDE. G.M; MOTA. J.H; SOUZA. R.J; RODRIGUES. JÚNIOR. J.C. 2004. Comportamento de cultivares e linhagens de alface americana em Santana da Vargem (MG), nas condições de inverno. **Horticultura Brasileira** 22: 322-325.

TEIXEIRA, S.S.; MACHADO, A.L.T.; REIS, A.V.; OLDONI, A. (2009); Caracterização da Produção Agroecológica do Sul do Rio Grande do Sul e sua Relação com a Mecanização Agrícola. **Revista Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v.29, n.1, p.162-171, 2009.

VALE, W. G. **Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante as operações de roçagem, aração e semeadura.** 2011. 217 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, 2011.

VILELA, N. J.; HENZ, G. P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 17, n. 1, p.71-89, abr. 2000.

ZHANG, F. 2012. **A controlling method for a U-turn mode of automated rice transplanters.** ASABE Paper No. 12-1340757. St. Joseph,Mich.: ASABE

ZIECH, Ana R. D. et al. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p.948-954, abr. 2014.