

LEONARDO ABUD DANTAS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UM
CONSÓRCIO DE HORTALIÇAS DA AGRICULTURA SINTRÓPICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

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

T

O48a
2019
Oliveira, Leonardo Abud Dantas de, 1985-
Avaliação agronômica e índices de eficiência de um
consórcio de hortaliças da agricultura sintrópica / Leonardo
Abud Dantas de Oliveira. – Viçosa, MG, 2019.
xv, 67 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 60-67.

1. Agroecologia. 2. Cultivo consorciado. 3. *Raphanus
raphanistrum* subsp. *sativus*. 4. *Lactuca sativa*. 5. *Brassica
oleracea* var. *italica*. 6. *Zea mays*. 7. *Solanum lycopersicum*.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. II. Título.

CDD 22. ed. 631.58

LEONARDO ABUD DANTAS DE OLIVEIRA

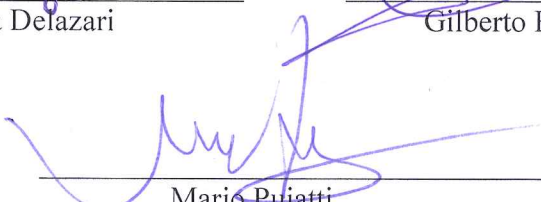
**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UM
CONSÓRCIO DE HORTALIÇAS DA AGRICULTURA SINTRÓPICA**

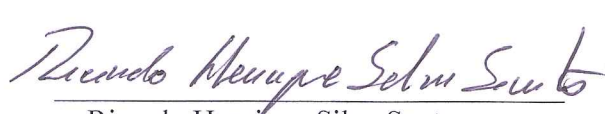
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 03 de maio de 2019.


Fábio Teixeira Delazari


Gilberto Bernado de Freitas


Mário Puiatti
(Coorientador)


Ricardo Henrique Silva Santos
(Orientador)

DEDICATÓRIA

A Deus, a minha família, nas pessoas de Luiz, Dulce, Clarissa e Gabriela, à minha companheira, Amanda. À Dona Júlia (in memoriam), com todo meu amor e gratidão.

EPÍGRAFE

Os Kayapó denominam *bà krê ti* as clareiras na floresta primária, considerando-as protótipos naturais de roça. Como disse, existem dois tipos de *bà krê ti* : 1) as originadas por árvores que tombam devido à idade ou a tempestade; 2) as produzidas pelo homem ao derrubar grandes troncos para colher mel de abelhas. Ambos os tipos proporcionam o surgimento de um novo microambiente e área de plantio devido a penetração da luz que atinge o solo da floresta, criando condições semelhantes às das roças. (POSEY, D. A. Manejo da floresta secundária, capoeiras, campos e cerrados [Kayapó])

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À minha família, por acreditar, incentivar e proporcionar a realização desse projeto de vida. Aos meus pais, Luiz Gonzaga Dantas de Oliveira e Dulce Abirached Abud Dantas de Oliveira, as minhas irmãs, Clarissa e Gabriela, pelo apoio, carinho e incentivo. À Amanda de Oliveira Andrade, minha companheira, por apoiar e compartilhar essa etapa com muito carinho e amor.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, pela oportunidade em cursar o Mestrado e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo à pesquisa e pelo financiamento do experimento.

Ao Prof. Ricardo Henrique Silva Santos, pela orientação, pela compreensão, pelo apoio científico e pela amizade.

Aos Professores Irene Maria Cardoso, Mario Puiatti e Carlo Nick Gomes e ao doutorando Fábio Teixeira Delazari.

À Família do Sítios das Mangueiras, em especial, Lucas Faria Machado, Kyvia Gregório Caon, Vivian Faria Machado, Natan Celidonio, Diogo Faria Machado e Priscila Santos, pela amizade e pela inspiração.

Ao grupo Apêti de agrofloresta e aos amigos agrofloresteiros pela convivência e ensinamentos.

Ao Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata mineira (CTA-ZM) pela oportunidade de conhecer os agricultores e agricultoras e trabalhar com metodologias de extensão rural participativa.

Aos funcionários da Horta de Pesquisa da UFV, em especial ao Wilson, pelo auxílio na condução do experimento.

Aos companheiros de morada Amanda, Ângela, Lis, Nancy, Sebastian e Ana.

A todos, muito obrigado!

BIOGRAFIA

Leonardo Abud Dantas de Oliveira é caipira, nascido no interior de São Paulo, na cidade de Taubaté, em janeiro de 1985. Filho de Luiz Gonzaga Dantas de Oliveira e Dulce Abirached Abud Dantas de Oliveira e irmão de Clarissa e Gabriela. Em fevereiro de 2006 iniciou o curso de filosofia na Universidade Federal de Pernambuco e concluiu em março de 2010. Em fevereiro de 2012 começa o curso de agronomia na Universidade Federal de Viçosa e conclui em janeiro de 2017. Durante a graduação integrou o grupo de estudo, prática e extensão Apêti – Agrofloresta. Foi bolsista PIBEX durante o período de junho de 2012 a dezembro de 2016 e neste período estagiou no Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata mineira (CTA-ZM), atuando na área de extensão rural participativa. Em março de 2017 iniciou a pós-graduação em Agroecologia na Universidade Federal de Viçosa e concluiu em março de 2019.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Agricultura sintrópica.....	4
2.2. Consórcios.....	5
2.3. Índices de avaliação dos consórcios.....	7
2.3.1. Índice de produtividade relativa (PR).....	7
2.3.2. Índice de uso equivalente de terra (UET).....	7
2.3.3. Índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT).....	7
2.3.4. Índice de equivalência de colheita por área (RECA).....	8
2.3.5. Índice de relação de desempenho da cultura (RDC).....	8
2.3.6. Índice de perda ou ganho real de rendimento (PGRR).....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Local experimental.....	10
3.2. Desenho experimental e o arranjo do consórcio.....	12
3.3. Preparo da área e manejo do experimento.....	16
3.4. Sistema de irrigação.....	18
3.4.1. Manejo da irrigação.....	18
3.4.2. Variáveis climáticas.....	19
3.5. Variáveis avaliadas:.....	21
3.5.1. Características avaliadas na cultura do rabanete.....	21
3.5.1.1. Comprimento da planta (CP).....	21
3.5.1.2. Diâmetro longitudinal da raiz (DLO).....	21
3.5.1.3. Diâmetro latitudinal da raiz (DLA).....	21
3.5.1.4. Peso médio por unidade de raiz (PM).....	21
3.5.1.5. Produtividade (PD).....	21
3.5.2. Características avaliadas na cultura da alface.....	21
3.5.2.1. Peso média da cabeça (PC).....	22
3.5.2.2. Diâmetro longitudinal da cabeça (DLO).....	22

3.5.2.3.	Produtividade (PD).....	22
3.5.3.	Características avaliadas na cultura do brócolo	22
3.5.3.1.	Peso média da cabeça (PC)	22
3.5.3.2.	Diâmetro longitudinal da cabeça (DLO)	22
3.5.3.3.	Produtividade (PD).....	22
3.5.4.	Características avaliadas na cultura do milho-verde	22
3.5.4.1.	Peso médio da espiga sem palha (PE)	23
3.5.4.2.	Diâmetro longitudinal da espiga sem palha (DLO).....	23
3.5.4.3.	Comprimento da espiga sem palha (CE)	23
3.5.4.4.	Produtividade (PD).....	23
3.5.5.	Características avaliadas na cultura do tomate.....	23
3.5.5.1.	Diâmetro longitudinal do fruto (DLO).....	23
3.5.5.2.	Diâmetro latitudinal do fruto (DLA)	23
3.5.5.3.	Peso médio do fruto (PM)	23
3.5.5.4.	Número médio de frutos colhidos por planta (NF)	24
3.5.5.5.	Produção média por planta (PP).....	24
3.5.5.6.	Produtividade (PD).....	24
3.5.5.7.	Porcentagem de frutos brocados (PFB).....	24
4.	ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DO SISTEMA.....	24
4.1.	Índice de produtividade relativa (PR).....	24
4.2.	Índice de uso equivalente de terra (UET).....	25
4.3.	Índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT)	25
4.4.	Índice de relação de equivalência de colheita na área (RECA).....	25
4.5.	Índice de relação de desempenho da cultura (RDC)	26
4.6.	Índice de perda ou ganho real de rendimento (PGRR)	27
4.7.	Uso equivalente de água (UEA)	27
4.8.	Uso eficiente do esterco (UEE).....	28
5.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6.1.	Avaliação das características agronômicas das culturas	29
6.1.1	Rabanete	29
6.1.2	Alface	33
6.1.3	Brócolos.....	35
6.1.4	Milho-verde	38
6.1.5	Tomate cereja	41

6.1.5.1. Porcentagem de frutos brocados.....	44
6.1.6. Discussão dos contrastes	46
6.2. Índices de eficiência do sistema	48
6.2.1. Índice de produtividade relativa (PR).....	49
6.2.2. Índice de uso equivalente de terra (UET).....	50
6.2.3. Índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT)	51
6.2.4. Índice de razão de equivalência de colheita por área (RECA).....	52
6.2.5. Índice de relação de desempenho da cultura (RDC)	53
6.2.6. Índice de perda ou ganho real de rendimento (PGRR).....	53
6.2.7. Discussão geral sobre os índices	53
6.3. Uso equivalente da água.....	55
6.4. Uso eficiente do esterco (UEE)	53
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
8. CONCLUSÕES	59
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição das culturas e indivíduos no sistema de consórcio.	13
Figura 2: Distribuição das culturas e indivíduos nos cultivos solteiros S1, utilizando o mesmo arranjo e espaçamento do consórcio.	14
Figura 3: Distribuição das culturas e indivíduos nos cultivos solteiros S2, utilizando o arranjo e espaçamento recomendado comercialmente.	155
Figura 4: (A) Temperatura máxima, mínima e média e precipitação durante o período do experimento, em Viçosa-MG. (B) Umidade relativa máxima, mínima e média e radiação durante o período do experimento, em Viçosa-MG.	20
Figura 5: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com a mesma população e arranjo do CS, para a cultura do rabanete, para os atributos produtividade (PD), Peso médio por unidade de raiz (PM), diâmetro longitudinal médio da raiz (DLO), diâmetro latitudinal médio da raiz (DLA) e comprimento de planta (CP).	30
Figura 6: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura do rabanete, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de raiz (PM), diâmetro longitudinal médio da raiz (DLO), diâmetro latitudinal médio da raiz (DLA) e comprimento de planta (CP).	31
Figura 7: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, para a cultura da alface, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO).	33
Figura 8: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura da alface, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO).	34

Figura 9: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, da cultura do brócolos, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO)..... 36

Figura 10: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura do brócolos, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO)..... 37

Figura 11: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, para a cultura do milho-verde, para os atributos produtividade (PD), peso médio por espiga sem palha (PM), diâmetro longitudinal médio da espiga (DLO) e comprimento médio da espiga (CE)..... 39

Figura 12: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura do milho-verde, para os atributos produtividade (PD), peso médio por espiga sem palha (PM), diâmetro longitudinal médio da espiga (DLO) e comprimento médio da espiga (CE)..... 40

Figura 13: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS e comercial, para a cultura do tomate, para os atributos produtividade (PD), peso médio por fruto (PM), produção média por planta (PM), número médio de frutos por planta (NF), diâmetro longitudinal médio do fruto (DLO) e diâmetro latitudinal médio do fruto (DLA)... 42

Figura 14: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com arranjo e espaçamento do CS e comercial, para a cultura do tomate, para os atributos produtividade (PD), peso médio por fruto (PM), produção média por planta (PM), número médio de frutos por planta (NF), diâmetro longitudinal médio do fruto (DLO) e diâmetro latitudinal médio do fruto (DLA). 43

Figura 15: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com arranjo e espaçamento do CS e comercial, para a cultura do tomate para o atributo porcentagem de frutos brocados (PFB)..... 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados das análises física e química do solo da área experimental, Viçosa-MG, 2018.....	11
Tabela 2: Culturas, tamanho das parcelas e número de plantas por parcelas.	12
Tabela 3: Densidade populacional das culturas nos sistemas de consórcio, solteiro 1 e solteiro 2, e a equivalência populacional do consórcio em relação ao solteiro 2.....	16
Tabela 4: Resultados das análises químicas do esterco bovino utilizado no experimento.....	16
Tabela 5: Volume de água aplicado na irrigação, precipitação pluvial e somatório da precipitação + irrigação, aplicados para cada sistema	20
Tabela 6: Índices de eficiência do sistema.....	48
Tabela 7: Uso equivalente de água do consórcio em relação ao cultivo solteiro comercial (S2)	55
Tabela 8: Produtividade e uso eficiente do esterco (UEE).	56

RESUMO

OLIVEIRA, Leonardo Abud Dantas de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2019. **Avaliação agrônômica e índices de eficiência de um consórcio de hortaliças da agricultura sintrópica.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Coorientadores: Mario Puiatti e Carlos Nick Gomes.

O consórcio de hortaliças é uma prática agroecológica que possibilita uma agricultura mais sustentável. A avaliação do desempenho agrônômico e dos índices de eficiência tornam-se importantes ferramentas para entender e avaliar os benefícios da consorciação. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o consórcio de olerícolas utilizado na agricultura sintrópica. O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de julho a novembro de 2018. O consórcio foi composto por cinco culturas: rabanete, alface, brócolos, milho-verde e tomate. Para cada cultura do consórcio foram implantados dois cultivos solteiros; um cultivo manteve, para cada cultura, o mesmo arranjo e densidade populacional do consórcio, e o outro utilizou o arranjo e a densidade populacional recomendada comercialmente para cada cultura. Foram avaliadas características agrônômicas de cada cultura, nos três sistemas de cultivo, e os resultados comparados por contrastes. Para gerar os índices de eficiência do consórcio utilizou-se, como comparação, apenas o sistema de cultivo solteiro com espaçamento comercial. Foram gerados os seguintes índices de eficiência do consórcio: índice de produtividade relativa (PR), índice de uso equivalente de terra (UET), índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT), índice de equivalência de colheita por área (RECA), índice de relação de desempenho da cultura (RDC) e índice de perda ou ganho real de rendimento (PGRR). Todas as culturas componentes do consórcio, com exceção do rabanete, expressaram diferentes níveis de competição comparados ao cultivo solteiro com mesmo espaçamento e arranjo do consórcio. A alface teve redução em 20,82% na produtividade; brócolo 31,80%; milho-verde 14,69% e tomate redução de 44,81%. Este resultado indica que houve competição interespecífica entre as culturas componentes do consórcio. Embora, individualmente, os rendimentos das culturas tenham sido menores no consórcio, os resultados obtidos pelos índices de eficiência do consórcio foram positivos. Os índices UET, ERAT, e RECA geraram valores de 2,55, 1,42 e 1,97, respectivamente. O índice PR indicou que o brócolo teve desempenho agrônômico similar ao cultivo solteiro com espaçamento comercial,

devido ao efeito populacional do consórcio. Os índices RDC e PGRR indicaram que o rabanete no consórcio teve melhor desempenho agronômico quando comparado ao cultivo solteiro com espaçamento comercial e que o milho-verde teve rendimento similar ao cultivo solteiro com espaçamento comercial. Os valores dos índices avaliados indicam que o consórcio foi mais vantajoso no uso da terra, proporcionando maior rendimento agronômico, por área equivalente, quando comparado ao cultivo solteiro com espaçamento comercial.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Leonardo Abud Dantas de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2019. **Agronomic evaluation and efficiency indices of a intercrop of vegetables of the syntrophic agriculture.** Advisor: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-advisors: Mario Puiatti and Carlos Nick Gomes.

Intercropping in field vegetables is an agroecological practice that favors the transition to a more sustainable agriculture. The evaluation of agronomic performance and efficiency indices become important tools to understand and evaluate the benefits of intercropping. The objective of the present work was to evaluate a vegetable intercrop used in the syntrophic agriculture. The experiment was conducted in the Plant Science Department of the Federal University of Viçosa from July to November 2018. The intercrop consisted of five crops: radish, lettuce, broccoli, corn and tomato. For each species of the intercrop were also implanted two different systems of sole crop. One system maintained, for each crop, the same arrangement and population density of the intercrop. The other system used the arrangement and population density recommended commercially for each crop. Agronomic characteristics of size, mass and yield of each crop in the three systems were evaluated. These results were compared statistically by contrast. In order to generate the efficiency indices of the intercrop, only the sole crop system with commercial spacing was used as a comparison. The following indices of efficiency of the intercrop were generated: Relative Yield (RY), Land Equivalent Coefficient (LEC), Area / Time Equivalency Ratio (ATER), Area Harvest Equivalency Ratio (AHER), Crop Performance Ratio (CPR) and Actual Yield Loss or gain (AYL). All the component species of the intercrop, with the exception of the radish, received different levels of competition when compared to the sole crop with the same spacing and arrangement of the intercrop. For the lettuce, the competition had a reduction effect in the productivity of 20.82%, for the broccoli the reduction was of 31.80%, for the corn the reduction was of 14.69% and for the tomato the reduction was of 44.81%. This result indicates that there was interspecific competition between the intercrop component species. Although individual crop yields were lower in the intercrop, the results obtained by the intercrop efficiency indices were positive. The LEC, ATER, and AHER indices generated values of 2.55, 1.42 and 1.97, respectively. The RY index indicated that the broccoli had agronomic performance similar to the sole crop with commercial spacing,

due to the population effect of the intercrop. The CPR and AYL indices indicated that the radish in the intercrop had a better agronomic performance when compared to sole crop with commercial spacing and that the corn had a yield similar to the sole crop with commercial spacing. All the component species of the intercrop, with the exception of the radish, received different levels of competition. The values of the indices evaluated indicate that the intercrop was more advantageous in the land use, providing a higher agronomic yield, per equivalent area, when compared to the sole crop with commercial spacing.

1. INTRODUÇÃO

A agroecologia entendida a partir do enfoque científico busca compreender, nos princípios e nos conceitos, as bases estruturais para o desenvolvimento de agriculturas mais sustentáveis e diversificadas (GLIESSMAN, 2001; ALTIERI, 2004). Para que haja a transição de sistemas agrícolas convencionais em direção a agroecossistemas sustentáveis e diversificados é necessário o entendimento e o reconhecimento dos saberes tradicionais das diversas agriculturas no mundo (MALKER e SINCLAIR, 1998; ALTIERI, 2004; MAZOYER e ROUDART, 2010).

Estas agriculturas, que são realizadas por comunidades tradicionais e/ou por grupos de agricultores de base ecológica têm em comum o uso reduzido de insumos externos, práticas alternativas de manejo e diversidade de arranjos e desenhos de agroecossistemas (GLIESSMAN, 2001; WEZEL et al., 2014). Dentre as condições que garantem o uso mais sustentável dos recursos naturais e ambientais, o consórcio torna-se uma excelente opção (HORWITH, 1985; MOUSAVI e ESKANDARI, 2011).

Consórcios de espécies agrícolas são práticas que há muito tempo agricultores realizam em todo o mundo (FEDERER, 1993; ALTIERI, 2000). O conhecimento de alocar diferentes espécies alimentares e não alimentares em uma mesma área de plantio, garante maior biodiversidade e pode favorecer o melhor uso dos recursos terra, água e nutrientes (LAMBERTS, 1980; HORWITH, 1985; NAIR, 2007) e favorecer o controle biológico de insetos e doenças (BHAGWAT et al., 2008; DE ALBUQUERQUE et al., 2011).

Recentemente, tem chamado à atenção, no Brasil e no mundo, modelos de agriculturas mais sustentáveis que se inspiram no conhecimento tradicional dos agricultores e no conhecimento prático e científico gerados na academia e nos centros de pesquisas. Um exemplo de destaque é o modelo de Agricultura Sintrópica (AS).

A AS foi criada por Ernst Götsch, agricultor e pesquisador suíço, e está diretamente associada à produção de alimentos e a restauração e recuperação do ambiente. Para tal, a AS dispõem da estratégia de implantação de Sistemas Agroflorestais (SAF) sucessionais e biodiversos, que seguem os princípios análogos à sucessão natural de espécies (MICCOLIS et al., 2016).

O constante manejo dessas áreas torna-se fundamental para que recursos locais, como água, luz e nutrientes, recirculem dentro do sistema, buscando aumentar a qualidade física, química e biótica do solo. Ao longo do tempo, o gradativo incremento desses fatores permite que ocorra uma intensa ciclagem de nutrientes, que favorece a restauração e recuperação do ambiente associado a diversificação do sistema, a partir da introdução e do manejo de espécies agrícolas e florestais (VAZ DA SILVA, 2017).

O consórcio de hortaliças em sistemas agroflorestais sucessionais é um componente fundamental nos anos iniciais de implantação de um sistema de AS. Diversos fatores agronômicos e econômicos justificam a introdução desses cultivos. Este sistema permite a viabilidade agronômica do cultivo de hortaliças durante e após alguns anos subsequentes a implantação, visto que, mesmo o sistema avançando na sucessão, ainda ocorre pouca interferência das árvores, o que permite a entrada da radiação solar que incide sobre as culturas hortícolas. Ainda, o cultivo de hortaliças em consórcio associado a culturas arbóreas/frutíferas de interesse econômico, possibilita a maior otimização dos recursos, como o uso da terra, água, luz e nutrientes, assim como oportuniza uma maior frequência na entrada de insumos externos ao sistema, que favorece tanto as hortaliças como as culturas arbóreas/frutíferas. Dentre os fatores econômicos, o cultivo de hortaliças pode possibilitar elevado e rápido retorno econômico, associado à maior diversidade de produtos para ofertados ao consumidor e a uma maior amplitude no escalonamento da produção.

Em relação à aspectos de planejamento, manejo e arranjo, os consórcios de hortaliças em sistemas de AS diferem dos consórcios de hortaliças convencionais e orgânicos observados na literatura. Nos consórcios de hortaliças da AS é recorrente um planejamento que leve em consideração o escalonamento dos diferentes ciclos, tanto no estabelecimento como na permanência das culturas em campo. Desta forma, a interação e ocupação espacial de cada cultura dentro dos canteiros é um fator importante no planejamento e implantação do sistema. Outro item que diferencia os consórcios convencionais e orgânicos dos consórcios da AS é que na AS a implantação dos canteiros de hortaliças todas as culturas são plantadas no mesmo dia, com objetivo de sincronizar o crescimento e desenvolvimento das culturas. Além disso, outro item distingue a AS dos outros sistemas de consórcio é que na AS os consórcios de hortaliças são compostos por arranjos com alto número de culturas, proporcionando

no canteiro, alto adensamento entre as culturas, assim como os canteiros e entrelinhas são cobertos com espessa camada de cobertura morta.

No entanto, consórcios de hortaliças da AS são ainda poucos estudados do ponto de vista científico, de modo que se entendam seus resultados agronômicos e as interações entre as espécies componentes. O entendimento científico do comportamento desses consórcios, a partir do olhar agrônomo, pode orientar propostas que sugerem ajustes nos arranjos dos consórcios de hortaliças visando uma melhor interação e maior rendimento tanto na produtividade como no retorno econômico.

Em função do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar, agronomicamente a eficiência do consórcio composto pelas hortaliças rabanete, alface, brócolos, milho-verde e tomate utilizado nos estágios iniciais da AS.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Agricultura sintrópica

A agricultura sintrópica (AS) é um termo elaborado pelo agricultor e pesquisador Ernst Götsch para nomear e distinguir a forma de agricultura de base ecológica que ele vem realizando nos últimos trinta e cinco anos. Na AS o termo sintropia é o inverso do conceito de entropia e significa que os sistemas agrícolas tendem a otimizar os processos de vida, aumentando a organização e a sua complexidade como um todo (ANDRADE, 2019).

A AS teve seu início ainda na década de 70, quando Ernst trabalhou na Europa como pesquisador na área de melhoramento genético, no Ministério Federal de Agricultura e Floresta da Suíça. Neste período, o pesquisador observou o que seria fundamental no conceito da AS. Ao invés de investir no melhoramento de espécies cultivadas, modificando-as a partir da seleção, cruzamento, hibridização e transgenia, Ernst observou que seria mais interessante introduzir em seu sistema uma ampla diversidade de culturas capazes de se adaptarem a atual condição dos ecossistemas, que em geral, encontravam-se em diferentes estágios de degradação (PASINI, 2017).

A AS se propõe a modificar o ecossistema, regenerando-o próximo às condições do ambiente natural. As culturas introduzidas neste ecossistema, em processo de regeneração, são culturas adaptadas as condições atuais dos estágios sucessionais, porém visando otimização da sucessão das culturas no sistema e melhorando as condições físicas, químicas e bióticas do ambiente (GÖTSCH, 1994). A mudança de paradigma proposto na AS em recuperar ecossistema para introduzir as culturas adaptadas aos estágios sucessionais ao invés de adaptar e modificar as culturas para introduzi-las em sistemas de monocultura ou pouco diversos, encaminharam Ernst a demitir-se do emprego de melhorista na Suíça para viajar e conhecer experiências de sistemas agroflorestais na Costa Rica. Porém, no Brasil foi onde Ernst aperfeiçoou de maneira sistemática, desde o início da década de 80, as experiências práticas que se tornariam o modelo desta agricultura de base ecológica (A BLUEVISION DE ERNST GÖTSCH, 2018).

Miccolis et al. (2016) compreendem a AS como uma modalidade de sistema agroflorestal (SAF), a qual baseia-se na dinâmica análoga à sucessão natural das florestas para associar a produção de alimentos à restauração e recuperação ambiental. Desta maneira, os sistemas de AS são dirigidos por processos ecológicos com alta diversidade de espécies e orientados pela sucessão ecológica (GÖTSCH, 1996).

O planejamento deste sistema leva em consideração a introdução de espécies, nativas e exóticas, de diferentes estágios de sucessão, como pioneiras, secundárias e clímax, assim como espécies de interesse agrícola, com fins para produção de frutas, madeira, olerícolas, grãos e outros (VIDA EM SINTROPIA, 2015; FUNDAMENTO, 2015). É comum nos anos iniciais de implantação de um sistema sintrópico a estratégia de plantar consórcios de hortaliças associados ao plantio de espécies nativas e exóticas e espécies de interesse agrícola à médio e longo prazo (DA HORTA À FLORESTA, 2015).

As hortaliças podem significar uma maior fonte de renda nos anos iniciais da AS, além proporcionarem rápido retorno econômico, quando comparado às espécies de interesse agrícola a médio e longo prazo (DA HORTA À FLORESTA, 2015). Além disso, a diversificação de hortaliças a partir de consórcio garante ao agricultor maior oferta de produtos, o que possibilita o acesso e a ampliação de canais de comercialização, como feiras agroecológicas, cesta de comercialização de produtos e estabelecimentos locais especializados (DAROLT et al., 2013).

2.2. Consórcios

O consórcio pode ser definido como o cultivo de duas ou mais culturas simultaneamente, em pelo menos uma parte do ciclo produtivo, em um mesmo campo de produção (VANDERMEER, 1989; LITHOURGIDIS et al., 2011; BROOKER et al., 2014). Na agroecologia, o uso do consórcio está relacionado a fatores que favorecem a agricultura mais sustentável (SHIMING e GLIESSMAN, 2016).

Bai et al. (2016) relatam que um sistema agroflorestal de damasco consorciado com culturas anuais faz o uso mais eficiente da água de chuva sem alteração no rendimento produtivo do damasco. Neste experimento as culturas anuais consorciadas com as árvores não alteram a extração de água nas profundidades de 0-100cm e de

100-200cm. Li et al. (2007) demonstraram que o consórcio de milho com feijão-fava foi eficiente na mobilização e disponibilização de fósforo inorgânico, o que resultou em ganho no rendimento produtivo do milho. Para o mesmo consórcio, Coskun (2017) verificou que associação de exsudatos radiculares do milho e do feijão-fava com fungos micorrízicos resultou na maior disponibilidade de nitrogênio para ambas culturas.

Na América Central é recorrente o consórcio de culturas como milho, feijão, abóbora e pimenta. Este consórcio recebe a denominação de MILPA (do náhuatl, que significa “o que semeado acima da parcela (terra)” ou “campo recém preparado”) e é objeto de estudo na agroecologia (GLIESSMAN, 2001).

No MILPA, o arranjo, a distribuição e o espaçamento das culturas variam em cada região. Em algumas comunidades, a distribuição das culturas ocorre de maneira aleatória; em outras regiões, apenas o milho é plantado em linhas. Ainda há comunidades em que todas as culturas são plantadas em linhas e com padrões definidos (TÉRAN e RASMUSSEN, 1994; POHL et al., 1996; TÉRAN et al., 1998;). Andrews e Kassam (1976) relatam a ocorrências de alguns padrões de organização dos consórcios, sendo os mais recorrentes os consórcios em linhas (*row*), mistos (*mixed*), em faixas (*strip*) e substitutivo (*relay*).

O desempenho e o rendimento das culturas componentes do consórcio são influenciados por fatores como densidade populacional, diversidade, arranjo e espaçamento. As complexas interações entre esses fatores atuam a partir dos mecanismos ecológicos de facilitação e de competição (CALLAWAY e WALKER, 1997).

Para Vandermeer (1989) o princípio da produção facilitada ocorre quando uma ou mais culturas alteram o meio, e esta alteração provoca um efeito positivo para as outras culturas.

Já o mecanismo da produção competitiva ocorre quando uma ou mais culturas alteram o meio, e esta alteração provoca um efeito negativo para pelo menos uma das culturas. Na produção competitiva se o efeito negativo da competição não é suficientemente forte, pode ocorrer que as duas ou mais culturais irão produzir juntas mais do que os seus respectivos cultivos solteiros (VANDERMEER, 1989) e desta forma o consórcio torna-se vantajoso.

2.3. Índices de avaliação dos consórcios

2.3.1. Produtividade relativa (PR)

O índice de produtividade relativa (PR) foi introduzido por De Wit e Van den Bergh (1965). Este índice compara o rendimento produtivo da cultura no consórcio em relação ao rendimento produtivo da cultura em cultivo solteiro. Quando o valor da PR for igual a 1, indica que o rendimento da cultura no consórcio foi idêntico ao do cultivo solteiro. Valores de PR maiores do que 1, indicam o rendimento da cultura no consórcio foi maior do que comparado ao rendimento do cultivo solteiro. Valores de PR menores do que 1, indicam o contrário.

2.3.2. Uso equivalente de terra (UET)

O índice de uso equivalente de terra (UET) foi proposto por Mead e Willey (1980) e é o índice mais usual para a avaliação de consórcios. Este índice considera o rendimento das culturas no consórcio e nos solteiros e as relaciona com a equivalência de uso da terra. Quando o valor de UET é igual a 1, indica que não houve efeito, nem positivo nem negativo, do consórcio em relação ao melhor aproveitamento do uso da terra. Valores de UET maiores do que 1, indicam que o consórcio resultou em maior produção por área, e que os cultivos solteiros necessitariam de maior área para equivaler o mesmo rendimento do consórcio. Valores de UET menores do que 1, indicam o contrário.

2.3.3. Equivalência relativa de área/tempo (ERAT)

O índice de equivalência relativa da área/tempo (ERAT) foi proposta por Hiebsch e McCollum (1987). Este índice introduz ao UET o fator tempo, em dias. O ERAT é uma modificação do UET, que além de considerar o uso equivalente da terra, também considera o tempo de permanência em campo das culturas componentes do consórcio.

Ao considerar o tempo da cultura em campo, o ERAT também considera, em dias, o rendimento que cada cultura em cultivo solteiro poderia obter, em cultivos sucessivos, durante todo o tempo de permanência em campo do consórcio. No entanto, este índice ao considerar o rendimento de cada cultura em cultivo solteiro e sucessivo,

acaba por desconsiderar o tempo de implantação e colheita de cada cultura. Desta maneira, este índice pode subestimar o valor de uso equivalente de terra.

Quando o valor de ERAT for maior que 1, indica que o cultivo em consórcio é mais vantajoso em aproveitamento do uso da terra na escala do tempo do que em relação ao cultivo solteiro. Quando o valor de ERAT for menor que 1, indica o contrário.

2.3.4. Equivalência de colheita por área (RECA)

O índice de relação de equivalência de colheita por área (RECA) foi proposto por Balasubramanian e Sekayange (1990).

Este índice introduz ao UET o fator número de colheitas possíveis durante o período em campo do consórcio. O RECA é diferente do ERAT por considerar o rendimento de cada cultura em função do número possível de colheitas durante o período do consórcio. Esta mudança permite gerar um índice mais próximo de situações reais da agricultura, na medida que busca considerar a produtividade de cada cultura em função do número possível de colheitas na área e não em relação a duração de seu ciclo produtivo de cada cultura, como é utilizado no ERAT. Quando o valor de RECA for maior que 1, indica que o cultivo em consórcio é mais vantajoso em aproveitamento do uso da terra na escala do tempo do que em relação ao cultivo solteiro com espaçamento comercial. Quando o valor de RECA for menor que 1, indica o contrário.

2.3.5. Relação de desempenho da cultura (RDC)

O índice de relação de desempenho da cultura (RDC) é um índice que foi proposto por Azam Ali et al. (1990).

Diferentemente do índice de produtividade PR, o índice de RDC suprime o efeito populacional das culturas, considerando as diferentes densidades populacionais nos dois sistemas. A supressão do efeito populacional proporcionada pelo RDC garante a este índice uma comparação do rendimento de cada cultura, considerando que as populações, tanto do consórcio como do cultivo solteiro, sejam idênticas.

Os valores de RDC parcial permitem uma comparação proporcional dos rendimentos produtivos das culturas em consórcio em relação a cada cultura em cultivo

solteiro. Quando o valor da RDC parcial for igual a 1, indica que o rendimento da cultura no consórcio foi idêntico ao do cultivo solteiro, considerando a correção para diferentes densidades populacionais. Valores de RDC parciais maiores do que 1, indicam que o rendimento da cultura no consórcio foi maior do que no cultivo solteiro, considerando a correção para diferentes densidades populacionais. Valores de RDC parcial menores do que 1, indicam o contrário.

2.3.6. Perda ou ganho real de rendimento (PGRR)

O índice de perda ou ganho real de rendimento (PGRR) foi proposto por Banik (1996). Este índice compara o rendimento por indivíduo de cada cultura no cultivo em consórcio com o rendimento no cultivo solteiro. Quando o valor da PGRR for igual a 1, indica que o rendimento por planta da cultura no consórcio foi idêntico ao rendimento por planta do cultivo solteiro. Valores de PGRR maiores do que 1, indicam que o rendimento por planta da cultura no consórcio foi maior do que no cultivo solteiro. Valores de PGRR menores do que 1, indicam o contrário.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local experimental

O experimento foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão “Horta de Velha” do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa-MG, na Zona da Mata mineira, pertencente ao bioma Mata Atlântica, entre o período de junho e novembro de 2018.

Este município está localizado a 20°45'14''S e 42°52'55''O, e altitude de 648 m. O clima da região é sub-tropical úmido, com inverno seco e frio e verão quente e úmido e, de acordo com Classificação climática de Köppen-Geiger, recebe a nomenclatura de Cwa (DE SÁ JÚNIOR et al., 2012). A média anual de precipitação é de 1.341 mm, e com temperaturas médias, mínima e máxima, durante o ano de 14 °C e 21,6 °C.

O solo da área do experimento é classificado, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS - EMBRAPA, 2018), como sendo Argissolo Vermelho-Amarelo. Antes de iniciar o experimento, foram coletadas amostras compostas do solo, na profundidade de 0 – 20 cm, para análises química e física e os resultados constam na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados das análises física e química do solo da área experimental, Viçosa-MG, 2018

Propriedades físicas do solo																	
Exp	Prof.	CC¹	PMP²		Ds³		Argila	Silte	Areia	Classificação Textural							
-	cm	-----% em peso-----	-----		-- g cm ⁻³ --		-----	-----	-----	-							
1	0-20	45,39	30,91		1,10		41	20	39	Argila							
Propriedades químicas do solo																	
Exp	Prof.	pH H₂O	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	T	V	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B
-	cm	-	- mg dm ⁻³	-	-----	-----	-----	-----	-----	%	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	-----	-----	-----	-----	-----
1	0-20	5,9	70,0	155	3,1	0,8	0,0	3,47	7,8	55	2,52	22,0	4,3	81,4	80,4	5,1	0,1

¹Umidade na capacidade de campo pelo método padrão da bacia (Bernardo, 2006); ²Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de -15 bar); ³Densidade do solo. P, K, Fe, Zn, Mn e Cu disponíveis extraídos com Mehlich I; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; Acidez potencial a pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹; B extraído com água quente. Classificação textural segundo a Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos (LEMOS e SANTOS, 1996)

3.2. Desenho experimental e o arranjo do consórcio

O desenho experimental foi montado a partir de delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foram instalados três sistemas de cultivo em uma área total de 300 m².

O primeiro sistema de cultivo (CS) foi constituído por um consórcio de cinco culturas de hortaliças. O segundo cultivo (S1) consistiu do cultivo solteiro de cada uma dessas cinco culturas, utilizando o mesmo arranjo e espaçamento do consórcio. O terceiro cultivo (S2) consistiu do plantio cultivo solteiro de cada uma dessas cinco culturas, utilizando o arranjo e espaçamento recomendado comercialmente. Foram realizadas quatro repetições por cultivo. As parcelas tinham tamanho variado, de acordo com o número de plantas de cada cultura em avaliação, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Culturas, tamanho das parcelas e número de plantas por parcela.

	CULTURAS	TAMANHO DA PARCELA	NÚMERO DE PLANTAS POR PARCELA
CONSÓRCIO (CS)	Rabanete +	10,5 m ²	Rabanete = 210
	Alface +		Alface = 50
	Brócolos +		Brócolos = 34
	Milho-Verde +		Milho-Verde = 14
	Tomate		Tomate = 15
SOLTEIRO 1 (S1)	Rabanete	1,0 m ²	20
	Alface	3,0 m ²	15
	Brócolos	4,0 m ²	12
	Milho-Verde	10,5 m ²	14
	Tomate	10,5 m ²	15
SOLTEIRO 2 (S2)	Rabanete	1,0 m ²	60
	Alface	1,5 m ²	15
	Brócolos	6,0 m ²	12
	Milho-Verde	3,0 m ²	15
	Tomate	10,5 m ²	15

O consórcio (CS) constituiu da combinação entre rabanete (cv. Gênus, da Tecnoseed), alface crespa (cv. Vanda, da Sakata), brócolos chinês (cv. Máster, da Tecnoseed), milho-verde (variedade AG1051, da Agroceres) e tomate cereja (variedade seriguela, de origem crioula). O croqui do consórcio consta na Figura 1.

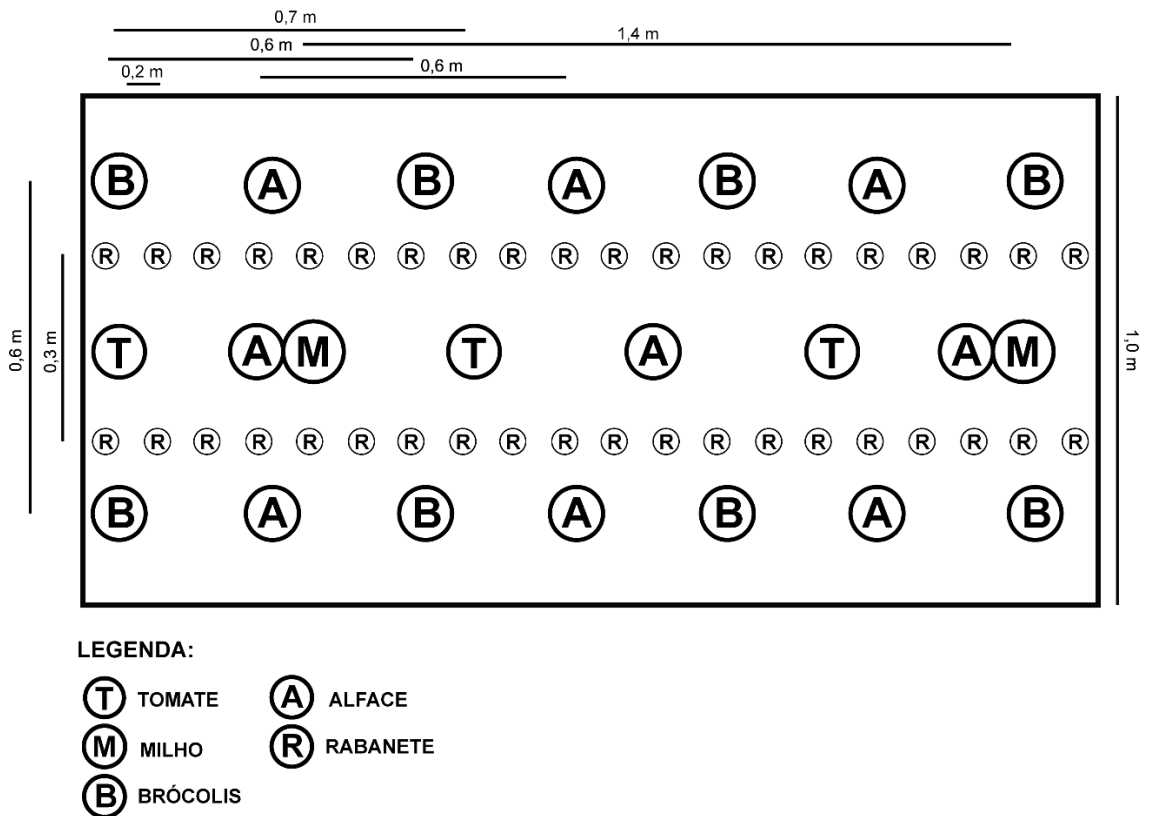


Figura 1: Distribuição das culturas e indivíduos no sistema de consórcio.

No segundo sistema de cultivo, as culturas foram plantadas em cultivo solteiro (S1), com o mesmo arranjo e espaçamento do consórcio. Os croquis dos cultivos solteiros (S1) constam na Figura 2. No terceiro sistema de cultivo, as culturas em cultivo solteiro (S2) foram plantadas de acordo com o arranjo e espaçamento comercial. Os croquis dos cultivos solteiros (S2) constam na Figura 3. A densidade populacional e o espaçamento comercial utilizado no cultivo solteiro 2 (S2) seguiu as recomendações de Clemente et al. (2015) e Souza (2015). A densidade populacional utilizada no experimento para os três sistemas de cultivos e a equivalência populacional do consórcio em relação ao solteiro 2, constam na Tabela 3.

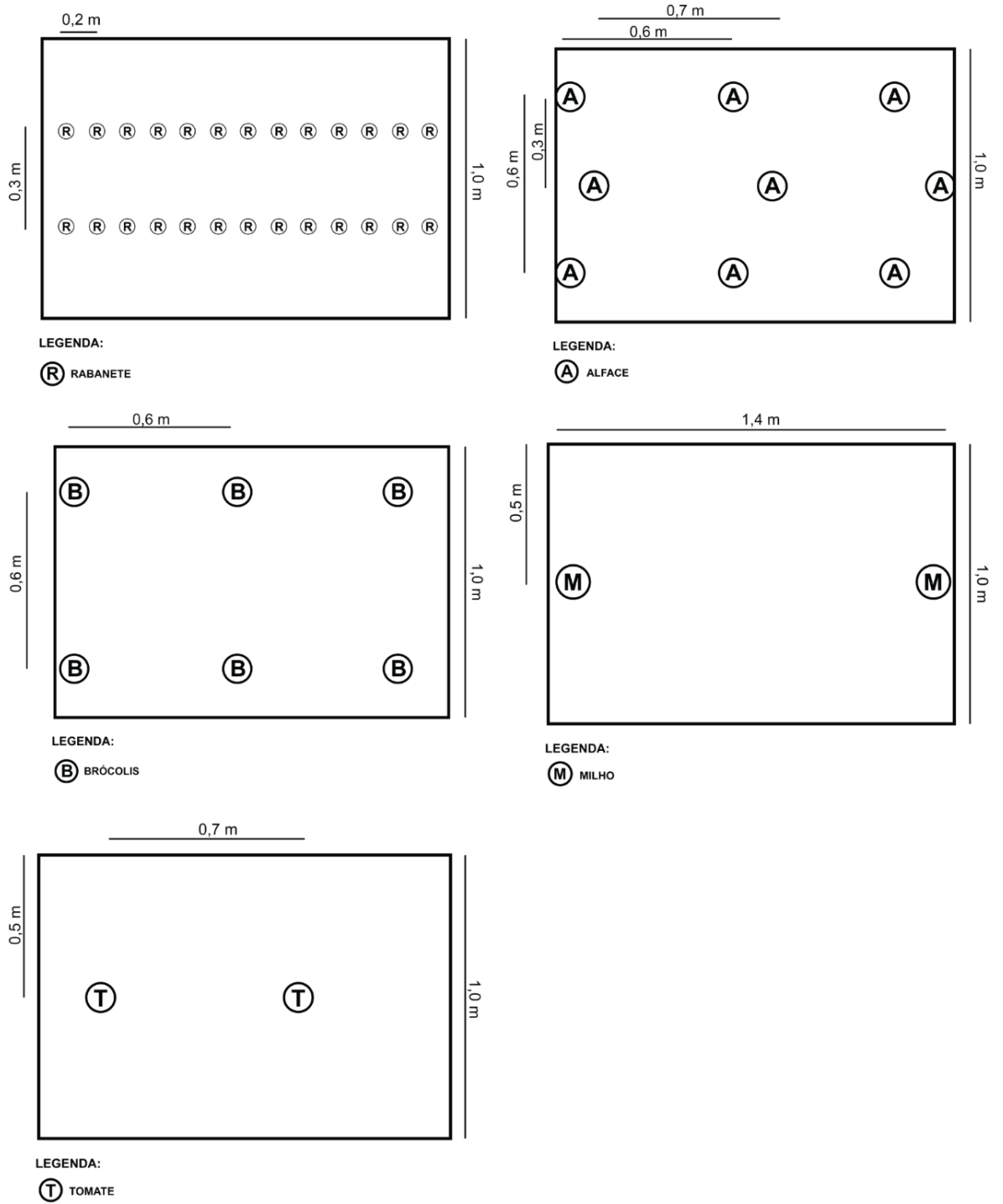


Figura 2: Distribuição das culturas e indivíduos nos cultivos solteiros S1, utilizando o mesmo arranjo e espaçamento do consórcio.

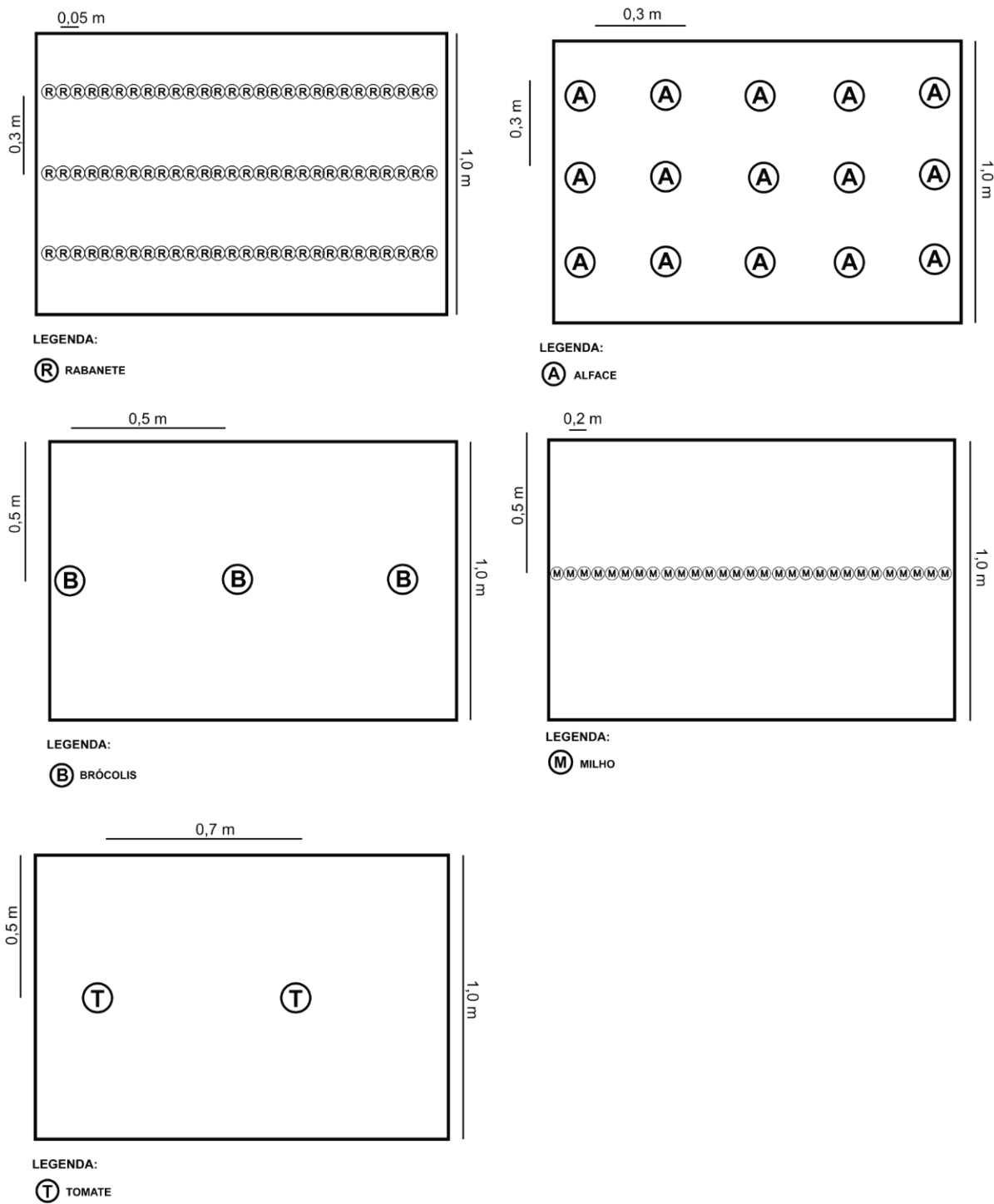


Figura 3: Distribuição das culturas e indivíduos nos cultivos solteiros S2, utilizando o arranjo e espaçamento recomendado comercialmente.

Tabela 3: Densidade populacional das culturas nos sistemas de consórcio, solteiro 1 e solteiro 2, e a equivalência populacional do consórcio em relação ao cultivo no sistema solteiro 2

Culturas	Densidade populacional: Consórcio (CS) e Solteiro 1 (S1) (pl./ha)	Densidade populacional: Solteiro 2 (convencional) (pl./ha)	Equivalência da população do CS em relação ao S2 (%)
Rabanete	200.000	600.000	33,33
Alface	47.620	111.111	42,86
Brócolo	27.783	20.000	138,91
Milho-verde	7.143	50.000	14,28
Tomate	14.280	14.280	100,00

3.3. Preparo da área e manejo do experimento

Antes do início do experimento, a área experimental foi cultivada com milho para produção de grãos. O cultivo do milho teve como finalidade extrair nutrientes do solo de forma a uniformizar a fertilidade do solo e minimizar possíveis efeitos de fertilizações de cultivos anteriores.

O preparo do solo consistiu em subsolagem, em área total, na profundidade de 30 cm. A segunda etapa consistiu em duas passagens da enxada rotativa na profundidade de 15 cm. A adubação orgânica, com esterco bovino, na dose de 20 t/ha, foi incorporada ao solo, somente nos canteiros, durante a segunda passagem da enxada rotativa. A análise química do esterco bovino utilizado consta na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados das análises químicas do esterco bovino utilizado no experimento

Material	N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N
	----- % -----							
Esterco bovino	2,74	0,77	1,36	1,56	0,62	0,57	15,28	5,57

Zn	Fe	Mn	Cu	B	pH	Na	Teores de Umidade (%)	
					(H ₂ O)	(%)	Ao Ar	Estufa 75 °C
----- ppm -----								
318,3	14175,9	621,7	342,0	26,4	7,20	0,144	56,16	61,29

Teores Totais, determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico) N - Método do Kjeldahl, CO – Método Walkley – Black

Para complementação da adubação orgânica utilizou-se adubação fosfatada na proporção de 146 kg/ha de P₂O₅, na forma de termofosfato, que foi distribuída e

incorporada superficialmente sobre as linhas do canteiro. Todos os sistemas receberam a mesma dose de adubação. O cálculo para a adubação seguiu a recomendações de Filgueira et al. (1999) para a cultura do tomate, visto que esta cultura seria a que apresenta maior exigência nutricional. Foi realizada adubação de cobertura para complementação mineral de potássio. A adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação, aos 65 e 90 dias após o transplante das mudas (DAT). Utilizou-se sulfato de potássio na proporção total de 272 kg/ha de K₂O.

Foi realizada a cobertura do solo com capim Napier (*Pennisetum purpureum*) triturado e seco, na proporção de 567 m³/ha. O capim triturado foi distribuído uniformemente sobre os canteiros e sobre a entrelinha dos canteiros. Após a cobertura dos canteiros foram plantadas as mudas de rabanete, alface, brócolos, tomate e milho-verde. Para o plantio utilizou-se gabaritos com os espaçamentos determinados para cada uma das culturas. Todas as mudas foram produzidas em viveiro comercial.

No viveiro, a semeadura das cinco culturas foram escalonadas no tempo, para que todas as mudas estivessem no estágio de plantio, simultaneamente no mesmo dia. Todas as cinco culturas, dos três tratamentos, foram plantadas na mesma data, em 12 de junho de 2018.

Foram realizadas três capinas manuais, durante todo o experimento, nos dias 27 de julho, 15 de agosto e 10 de outubro de 2018, que equivalem a 45, 65 e 120 DAT. Para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) na cultura do milho-verde solteiro e no consórcio, foi aplicado calda composta com extrato de nim a 1,5%, nos dias 18 e 28 de julho, equivalente a 35 e 45 DAT. A mesma calda foi aplicada no tomate solteiro e no consórcio, no dia 12 de setembro, equivalente a 90 DAT, para o controle da traça do tomateiro (*Tuta absoluta*). Ainda para o controle da traça do tomateiro foi aplicado calda composta por detergente neutro e óleo vegetal, ambos a 3,0%, nos dias 25 de setembro e 10 e 17 outubro, equivalente a 105, 120 e 127 DAT.

A desbrota do tomateiro e a aplicação de calda bordalesa a 1,0% ocorreram em 15 operações, com periodicidade semanal, entre os dias 04 de junho a 10 de outubro, correspondendo a 22 até 120 DAT. O sistema de condução do tomateiro foi definido com 3 hastes. Aos 120 DTA foi realizado o desponte da haste do tomateiro (capação), deixando por volta de 10, 9 e 8 cachos de nas hastes principal, secundária e terciária, respectivamente. As colheitas do rabanete, alface, brócolo e do milho-verde ocorreram nos dias 12 de julho, 01 de agosto, 31 de agosto e 10 outubro, respectivamente, correspondendo aos 30, 50, 80 e 120 DAT. Para o tomate foram realizadas oito

colheitas, com periodicidade semanal, que tiveram início em 18 de setembro e término em 15 de novembro, de 90 a 145 DAT.

3.4. Sistema de irrigação

Em todas as parcelas foram instalados sistemas de irrigação por gotejamento. O manejo da irrigação buscou atender às necessidades hídricas de cada uma das culturas nos sistemas solteiro S1 e S2. No consórcio, o manejo da irrigação foi baseado na tensiometria.

Foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento por fita gotejadora de vazão de $1,11 \text{ L h}^{-1}$ na pressão de 68,6 kPa. Para a avaliação da eficiência de irrigação (E_i) do sistema de irrigação, foram realizadas amostragens, que consiste na média da medição das vazões de quatro emissores ao longo da linha gotejadora (início, 1/3, 2/3 e final) em quatro linhas (KELLER; KARMELI, 1975). Após as coletas foi possível calcular o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 94,8%. A E_i para irrigação por gotejamento é o próprio CUC.

3.4.1. Manejo da irrigação

As curvas características de retenção de água do solo foram elaboradas com o método da centrífuga, conforme descrito por Freitas Júnior & Silva (1984), nas tensões de água correspondentes a 10, 30, 100, 500 e 1500 kPa (EMBRAPA, 1997). As equações das curvas características de retenção de água do solo foram ajustadas conforme Van Genuchten (1980), os coeficientes do ajuste das equações foram obtidos com o auxílio do software SWRC (Soil Water Retention Curve) versão 3.00 (Dourado Neto et al., 2001). Com a equação ajustada foram determinados os coeficientes de ajuste da curva de retenção, α (0,099972) e n (1,157), para as profundidades (0-0,20), respectivamente.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha \times \psi)^n\right]^{\left(1 - \frac{1}{n}\right)}}$$

Onde;

θ ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) é o conteúdo de água volumétrico; θ_r e θ_s ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) são os conteúdos de água residual e saturado, respectivamente; ψ (MPa) é a tensão de água no solo (módulo do potencial mátrico) e α e n outros parâmetros de ajuste do modelo.

Para a realização deste manejo verificou-se, em campo, semanalmente, dados diretos da tensão da água retida no solo, obtidos a partir do monitoramento de 22 tensiômetros instalados e distribuídos na área do experimento. Os valores de tensão foram transformados em valores de umidade do solo, a partir da curva de retenção. Outros dados para manejo da irrigação como precipitação, umidade relativa do ar e temperatura foram obtidos a partir da estação meteorológica automática, instalada na área do experimento. Os valores da estação meteorológica foram verificados semanalmente.

3.4.2. Variáveis climáticas

Durante o período experimental (12 de junho a 13 de novembro) as temperaturas máxima, mínima e média registradas foram, respectivamente, de 33,5 °C, 7,0 °C e 19,33 °C. A precipitação pluvial total foi de 207,7 mm, com maior incidência de chuvas nos meses agosto e novembro. A radiação solar média e a umidade relativa do ar média, durante o experimento, foram de 14,61 MJ m⁻² e de 83,78%, respectivamente.

A variação da temperatura, precipitação pluvial, umidade relativa e radiação luminosa durante o experimento, estão dispostas na Figura 4 e a quantidade de água (irrigação + precipitação) nos tratamentos estão apresentadas na Tabela 5.

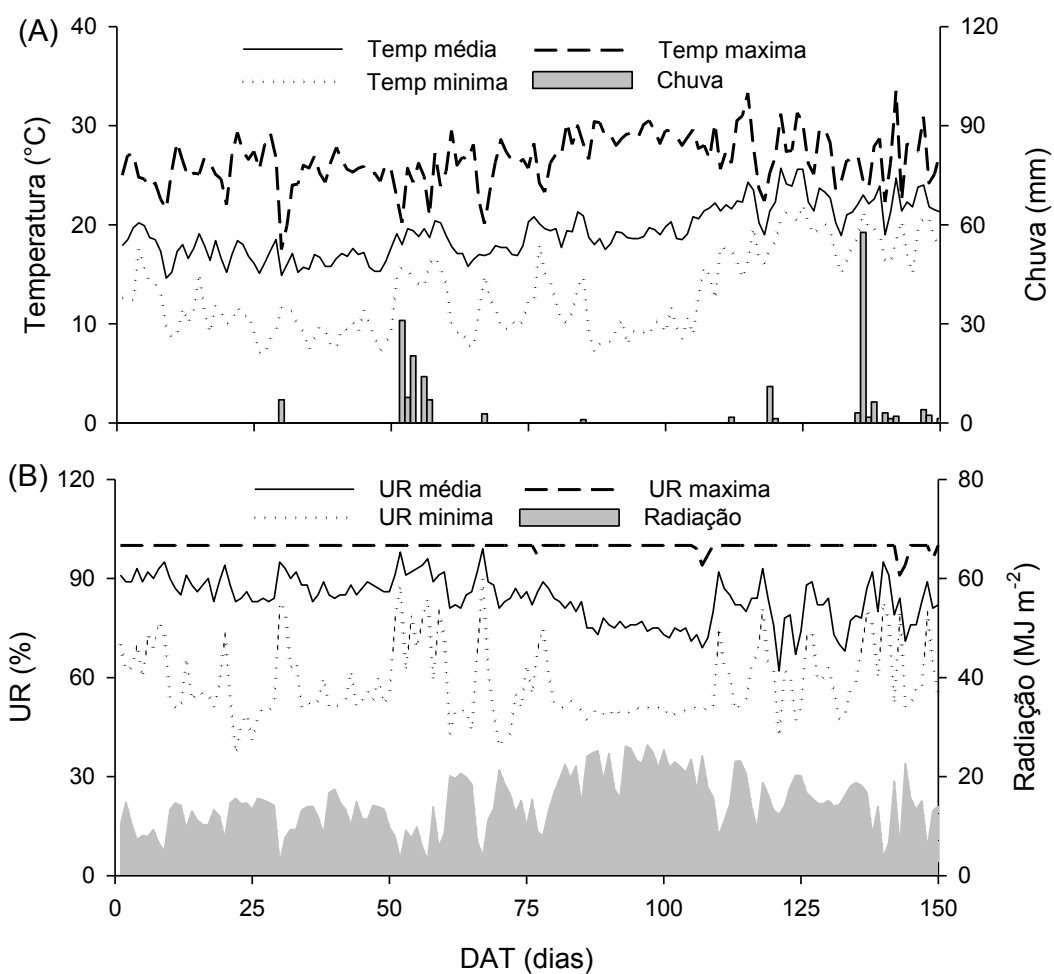


Figura 4: (A) Temperatura máxima, mínima e média e precipitação durante o período do experimento, em Viçosa-MG. (B) Umidade relativa máxima, mínima e média e radiação durante o período do experimento, em Viçosa-MG.

Tabela 5: Volume de água aplicada na irrigação, precipitação pluvial e somatório da precipitação + irrigação, aplicados para cada sistema

Sistemas	Irrigação	Precipitação	Irrigação + Precipitação
	(mm)	(mm)	(mm)
Rabanete S1	66,7	7,0	73,7
Rabanete S2	66,7	7,0	73,7
Alface S1	78,1	38,0	116,1
Alface S2	72,2	38,0	110,2
Brócolos S1	78,1	89,7	167,8
Brócolos S2	33,2	89,7	122,9
Milho S1	44,3	207,7	252,0
Milho S2	44,3	207,7	252,0
Tomate S1	44,3	207,7	252,0
Tomate S2	44,3	207,7	252,0
Consórcio	88,5	207,7	296,2

3.5. Variáveis avaliadas:

3.5.1. Características avaliadas na cultura do rabanete

Para todas as características avaliadas na cultura do rabanete foram utilizadas 16 amostras de plantas por parcela.

3.5.1.1. Comprimento da planta (CP):

Foram colhidas a plantas inteiras. O critério utilizado para medir o comprimento da planta foi verificar a distância, em cm, do ápice da folha mais longa até a base da raiz tuberosa. Para tal, utilizou-se uma trena com a fita fixada em uma mesa.

3.5.1.2. Diâmetro longitudinal da raiz tuberosa (DLO):

O diâmetro longitudinal da raiz foi medido com paquímetro na parte central da raiz.

3.5.1.3. Diâmetro latitudinal da raiz tuberosa (DLA):

O diâmetro longitudinal da raiz foi obtido pela medição da distância entre a porção superior da raiz tuberosa (coletor) e o ápice da mesma com auxílio de um paquímetro digital.

3.5.1.4. Peso médio por unidade de raiz tuberosa (PM):

Cada raiz tuberosa foi pesada individualmente em uma balança de precisão tirando-se a média.

3.5.1.5. Produtividade de raiz tuberosa (PD):

Para o cálculo da produtividade (t/ha) utilizou-se o valor do peso médio por unidade de raiz (PM) multiplicou-se pela densidade populacional (plantas/ha).

3.5.2. Características avaliadas na cultura da alface

Para todas as características avaliadas na cultura da alface foram utilizadas 6 amostras de plantas por parcela.

3.5.2.1. Peso média da cabeça (PC):

Cada cabeça foi pesada individualmente em uma balança de precisão fazendo-se a média.

3.5.2.2. Diâmetro longitudinal da cabeça (DLO):

O diâmetro longitudinal da cabeça foi verificar a distância foi obtido pela medição de um lado ao outro da cabeça, passando pela parte central com auxílio de uma trena.

3.5.2.3. Produtividade (PD):

Para o cálculo da produtividade (t/ha) utilizou-se o valor do peso médio por unidade de cabeça (PM) multiplicou-se pela densidade populacional (plantas/ha).

3.5.3. Características avaliadas na cultura do brócolo

Para todas as características avaliadas na cultura do brócolo foram utilizadas 6 amostras de plantas por parcela.

3.5.3.1. Peso médio da cabeça (PC):

Para todas as amostras foram retiradas as folhas e cortado o talo a 3 cm abaixo da inflorescência pesando-se cada cabeça individualmente.

3.5.3.2. Diâmetro longitudinal da cabeça (DLO):

O diâmetro da cabeça foi obtido pela distância de um lado ao outro da cabeça, passando pela parte central utilizando-se uma trena.

3.5.3.3. Produtividade (PD):

Para o cálculo da produtividade (t/ha) utilizou-se o valor do peso médio por unidade de cabeça (PM) e multiplicou-se pela densidade populacional (plantas/ha).

3.5.4. Características avaliadas na cultura do milho-verde

Para todos os itens avaliados para a cultura do milho-verde utilizou-se o mesmo número de amostras. Foram realizadas colheitas de duas espigas de milho-verde por planta. Cada espiga foi considerada uma amostra. Foram coletadas 10 plantas num total de 20 espigas por parcela.

3.5.4.1. Peso médio da espiga sem palha (PE):

Após a colheita, cada espiga foi despalhada e pesada individualmente em balança de precisão.

3.5.4.2. Diâmetro longitudinal da espiga sem palha (DLO):

O diâmetro foi medido na porção mediana da espiga sem palha com auxílio de uma régua, colocada sobre a mesa.

3.5.4.3. Comprimento da espiga sem palha (CE):

O comprimento da espiga sem palha foi obtido com auxílio de uma trena medindo a distância da base ao ápice da espiga.

3.5.4.4. Produtividade (PD):

Para o cálculo da produtividade (t/ha) utilizou-se o valor do peso médio por unidade de espiga (PM) multiplicou-se pela densidade populacional (plantas/ha).

3.5.5. Características avaliadas na cultura do tomate

Para os seguintes itens avaliados seguem os mesmos números de amostras. Foram coletados 10 frutos por parcela a cada colheita. Foram realizadas 8 colheitas durante todo o período experimental.

3.5.5.1. Diâmetro longitudinal do fruto (DLO):

O diâmetro longitudinal do fruto foi obtido pela medição na parte central do fruto com auxílio de uma régua, colocada sobre a mesa.

3.5.5.2. Diâmetro latitudinal do fruto (DLA):

O diâmetro latitudinal do fruto ou comprimento do fruto foi obtido, em cm, na parte central do fruto. Para tal, utilizou-se uma régua, colocada sobre a mesa, medindo a distância da base ao ápice do fruto.

3.5.5.3. Peso médio do fruto (PM):

O peso médio do fruto foi obtido pela pesagem individual, em uma balança de precisão, cada fruto, calculando-se a média.

3.5.5.4. Número médio de frutos colhidos por planta (NF):

Todos os frutos colhidos por parcela foram contados, e depois de quantificados, foi dividido pelo número de plantas.

3.5.5.5. Produção média por planta (PP):

Para o cálculo da produção média por planta, utilizou-se o valor do peso total das colheitas por parcela e dividiu-se pelo número de plantas totais por parcela.

3.5.5.6. Produtividade (PD):

Para o cálculo da produtividade (t/ha) utilizou-se o valor da produtividade média por planta (PP) multiplicou-se pela densidade populacional (plantas/ha).

3.5.5.7. Porcentagem de frutos brocados (PFB):

Foram quantificados todos os frutos brocados em cada parcela, durante o período de 90 a 118 DAT. Os valores obtidos foram transformados em porcentagem, a partir do número de frutos brocados em relação ao número total de frutos colhidos.

4. ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DO SISTEMA:

4.1. Índice de produtividade relativa (PR):

A Produtividade relativa (PR) foi calculada a partir da divisão da produtividade da cultura no consórcio (CS) por sua produtividade em cultivo solteiro (S2), no espaçamento recomendado comercialmente.

$$PR = \frac{PD_i (CS)}{PD_i (S2)}$$

Onde $PD_i (CS)$ e $PD_i (S2)$ são as produtividades da cultura i no consórcio e no solteiro 2 (com espaçamento comercial)

4.2. Índice de uso equivalente de terra (UET):

O índice equivalente de terra (UET) foi calculado a partir do somatório das PR das culturas que compõem o consórcio (CS) e pode ser expresso como:

$$UET = \sum_{i=1}^n PRi$$

Onde PRi é a produtividade relativa de uma das culturas que compõe o consórcio.

4.3. Índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT):

A equivalência relativa da área/tempo (ERAT) de cada cultura ou parcial, foi obtida a partir da produtividade relativa de cada cultura no consórcio multiplicada pelo tempo de cada uma dessas culturas em campo e dividida pelo tempo total do consórcio. Para cada cultura que compõe o consórcio é gerado uma ERAT parcial. A ERAT parcial é expressa como:

$$ERAT(parcial) = \frac{[PRi (CS)]. [ti]}{T}$$

Onde $PRi (CS)$ é a produtividade relativa da cultura i no consórcio e ti é o tempo dessa cultura em campo, e T é o tempo total do consórcio em campo.

A ERAT total é o somatório das ERAT parciais e pode ser expressa como:

$$ERAT(total) = \frac{\sum [PRi (CS)]. [ti]}{T}$$

4.4. Índice de relação de equivalência de colheita na área (RECA):

A relação de equivalência de colheita por área (RECA) de cada cultura ou parcial, é obtida pelo somatório da produtividade de cada cultura que compõe o consórcio, dividido pelo somatório da produtividade de cada cultura solteira multiplicada pelo número de colheitas (ou cultivos) que poderiam ser obtidas no tempo total do consórcio em campo.

A RECA parcial é expressa como:

$$RECA (parcial) = \frac{PDi (CS)}{[PDi (S2)]. [ni]}$$

Onde $PDi (CS)$ e $PDi (S2)$ é a produtividade da cultura i no consórcio e a produtividade da cultura i no solteiro 2, e n é número inteiro de colheitas da cultura i que pode ser obtido no tempo total do consórcio em campo.

A RECA total é o somatório das RECA parciais e pode ser expressa como:

$$RECA (total) = \sum_{i=1}^n \frac{PDi (CS)}{[PDi (S2)]. [ni]}$$

4.5. Índice de relação de desempenho da cultura (RDC):

A relação de desempenho da cultura (RDC) é obtida pela produtividade de uma da cultura no consórcio (CS) dividida pela produtividade da cultura no cultivo solteiro (S2) (espaçamento comercial), multiplicada pela proporção de sua densidade populacional no consórcio em relação ao cultivo solteiro. Para cada cultura que compõe o consórcio é gerado uma RDC parcial. A RDC parcial é expressa como:

$$RDC (parcial) = \frac{PDi (CS)}{[PDi (S2)]. [PRPi (CS)]}$$

Onde $PDi (CS)$ e $PDi (S2)$ são as produtividades da cultura no consórcio e no solteiro 2 (com espaçamento comercial) respectivamente. $PRPi (CS)$ é a proporção entre o número de plantas da cultura no consórcio (CS) e o número total de plantas da cultura no solteiro (S2).

A RDC total é obtida pelo somatório das produtividades das culturas que compõe o consórcio em razão do somatório da produtividade de cada cultura solteira ajustada a proporção da densidade populacional do consórcio, e é expressa como:

$$RDC (total) = \frac{\sum PDi (CS)}{\sum \{ [PDi (S2)]. [PRPi (CS)] \}}$$

4.6. Índice de perda ou ganho real de rendimento (PGRR):

A perda ou ganho real de rendimento (PGRR) de cada cultura ou parcial é obtido pela divisão da produtividade da cultura no consórcio (CS) pela sua densidade populacional, divididos pela da produtividade da cultura no cultivo solteiro comercial (S2) dividida pela sua densidade populacional. O resultado desta operação é subtraído por um. A PGRR é expressa como:

$$PGRR(parcial) = \left(\frac{[PDi (CS)/DPi (CS)]}{[PDi (S2)/DPi (S2)]} \right) - 1$$

Onde $PDi (CS)$ e $PDi (S2)$ são a produtividade da cultura i no consórcio e a produtividade da cultura i no solteiro 2, e $DPi (CS)$ e $DPi (S2)$ são a densidade populacional da cultura i no consórcio e a densidade populacional da cultura i no solteiro 2.

A PGRR total é o somatório das PGRR parciais e pode ser expressa como:

$$PGRR = \sum_{i=1}^n PGRRi(parcial)$$

4.7. Uso equivalente da água (UEA):

No presente trabalho, o cálculo utilizado para o uso equivalente de água, em mm, foi realizado a partir da multiplicação do valor de do uso da água (precipitação + irrigação) de cada cultura do cultivo S2 pelo valor do índice RDC correspondente a cada uma dessas culturas. O uso equivalente da água foi expresso como:

$$UEA = [P + I]i. RDCi$$

Onde $[P + I]$ é o valor da soma da precipitação e da irrigação da cultura i no solteiro 2, e o RDC é o valor do índice de relação de desempenho da cultura i .

4.8. Uso eficiente do esterco (UEE):

No presente trabalho, o cálculo utilizado para o uso eficiente do esterco foi realizado a partir da divisão do valor da produtividade de cada cultura do S2, em kg/ha, pelo valor utilizado de esterco, em kg/ha. Para o cultivo em consórcio (CS) também foi utilizado a divisão da produtividade de cada cultura no CS, em kg/ha, pela quantidade utilizada de esterco, em kg/ha. No entanto, o valor final utilizado para o uso eficiente do esterco no CS foi o somatório parcial obtido a partir de todas as culturas componentes do consórcio. O uso eficiente do esterco é expresso como:

$$UEE (parcial) = \frac{PD_i}{ET}$$

Onde PD é o valor da produtividade da cultura i e ET é o valor total de esterco utilizada para a cultura i .

No consórcio, o uso eficiente do esterco é expresso como:

$$UEE(CS) = \sum_{i=1}^n UEE_i(parcial)$$

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada análise estatística descritiva e contrastes para a comparação de cultivos dois a dois. Desta forma realizou-se o contraste do consórcio (CS) com o cultivo solteiro 1 (S1) com objetivo de verificar o efeito do consórcio sobre o desempenho de cada cultura e cada indivíduo, visto que a densidade populacional era a mesma. O outro contraste foi realizado para a comparação entre os tratamentos consórcio (CS) e solteiro 2 (S2), onde a densidade populacional era diferente. Foram calculados a variância e realizado o teste F e o teste t-student, a 5% de significância. As análises foram realizadas com auxílio do programa R (R CORE TEAM, 2018).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Avaliação das características agronômicas das culturas

6.1.1. Rabanete

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 1 (S1), com a mesma população e arranjo do CS, os resultados indicaram não haver diferença ($p \geq 0,05$) de produtividade (PD), como também não haver diferença para as outras características agronômicas avaliadas: comprimento de planta (CP), diâmetro longitudinal médio da raiz (DLO), diâmetro latitudinal médio da raiz (DLA) e peso médio da raiz (PM), como consta na Figura 5.

Estes resultados evidenciam que o rabanete não sofreu competição quando consorciado com as demais culturas pesquisadas.

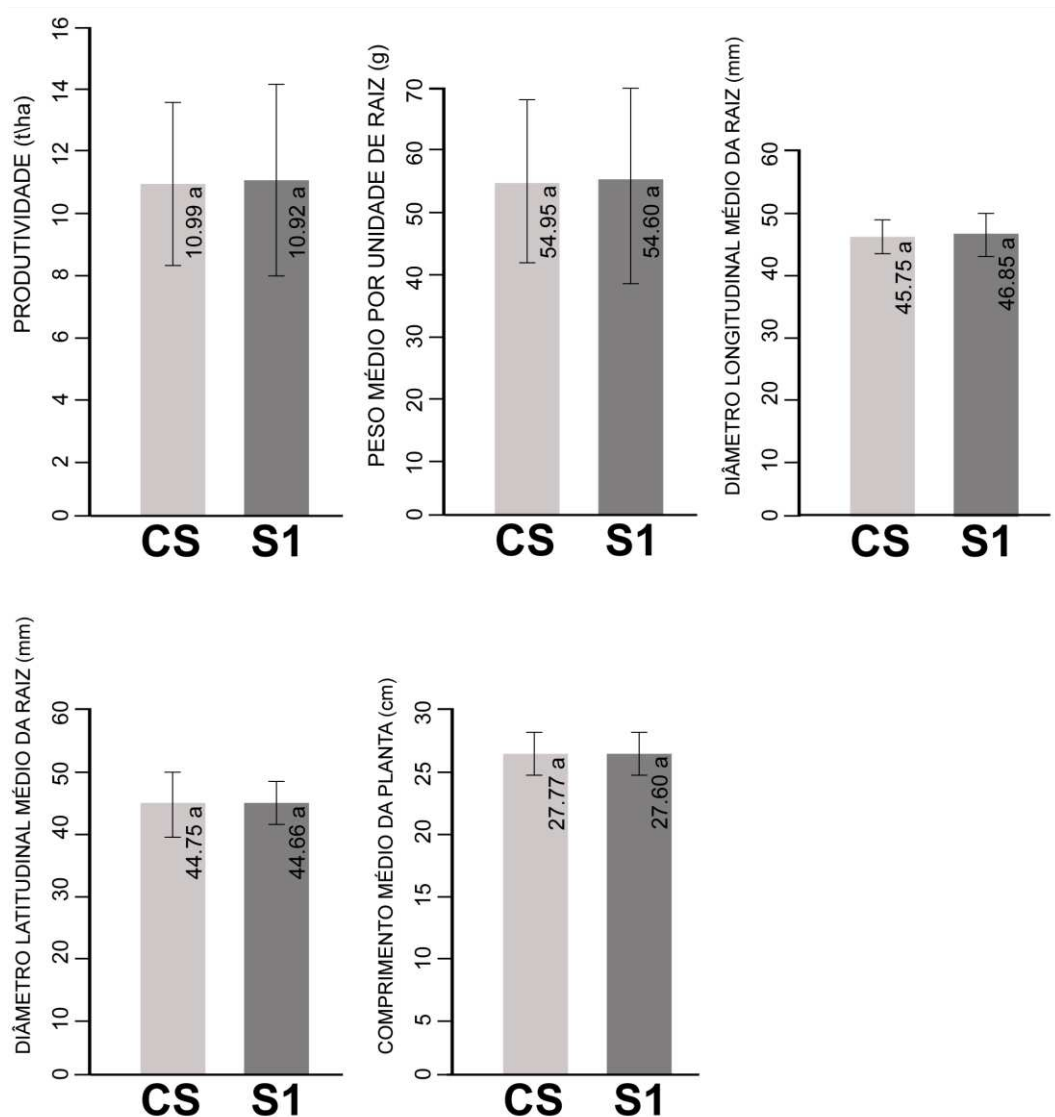


Figura 5: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com a mesma população e arranjo do CS, para a cultura do rabanete, para os atributos produtividade (PD), Peso médio por unidade de raiz (PM), diâmetro longitudinal médio da raiz (DLO), diâmetro latitudinal médio da raiz (DLA) e comprimento de planta (CP).

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comerciais, os resultados indicaram que houve diferença de produtividade (PD), como também das características agrônômicas avaliadas: comprimento de planta (CP), diâmetro longitudinal médio da raiz (DLO), diâmetro latitudinal médio da raiz (DLA) e peso médio da raiz (PM), como consta na Figura 6.

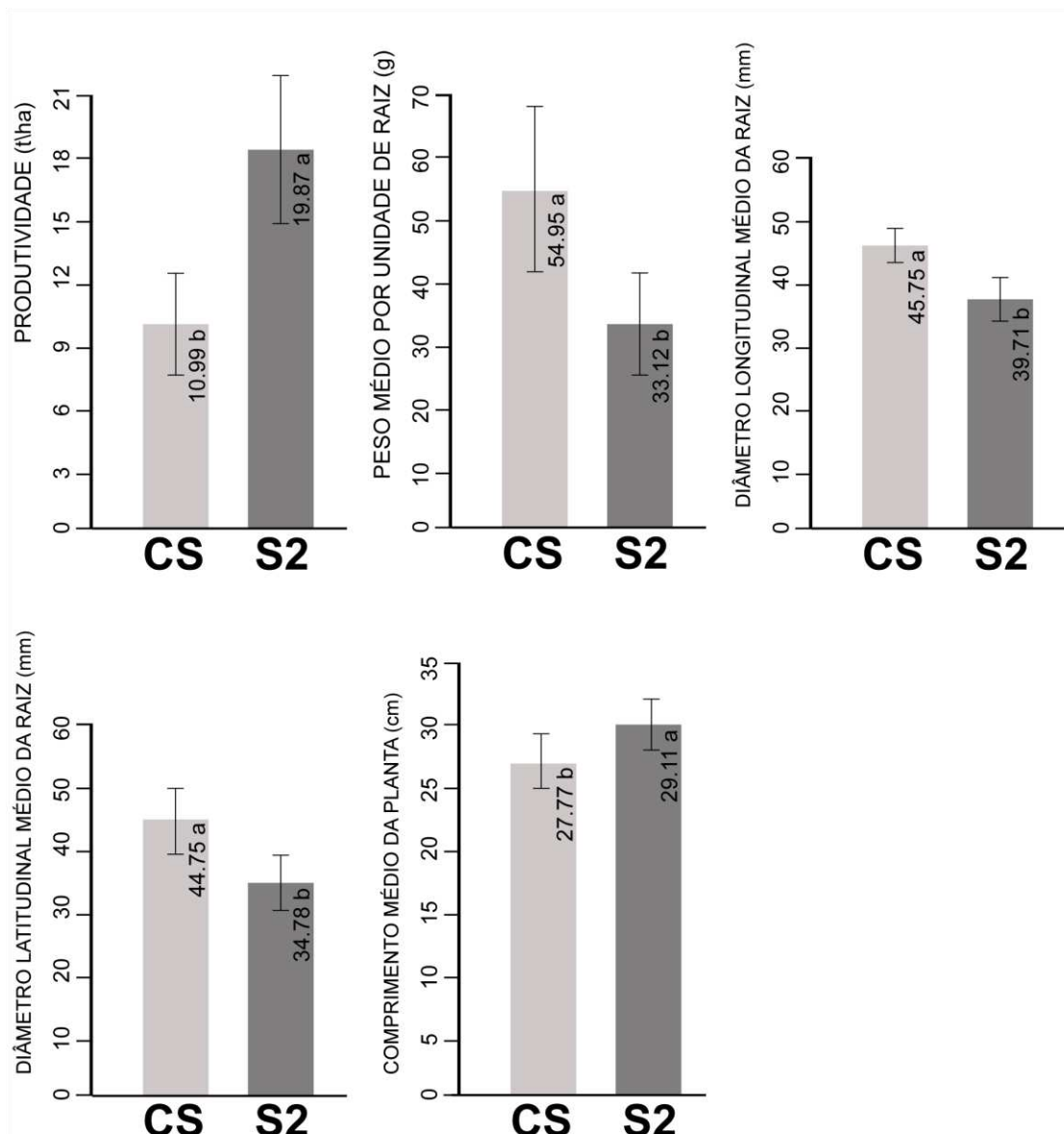


Figura 6: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura do rabanete, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de raiz (PM), diâmetro longitudinal médio da raiz (DLO), diâmetro latitudinal médio da raiz (DLA) e comprimento de planta (CP).

A diferença de produtividade de 8,88 t/ha entre o S2 e o CS indica que o CS produziu 44,69% a menos do que o S2. A maior produtividade de S2 tem relação direta com a densidade populacional, visto que a população do CS é 66,67% menor do que a população do S2 (Tabela 3).

Com relação às características agrônômicas, os valores médios de DLO, de DLA e de PM foram estatisticamente maiores no CS. Esta diferença representou uma raiz maior e 65,91% mais pesada em relação a raiz do S2. Este resultado sugere que houve

competição intraespecífica no tratamento S2, embora com maior produtividade. Esta competição pode ter ocorrido por nutrientes, por luz e ocupação espacial, visto que a densidade populacional em S2 foi três vezes maior.

Os resultados do contraste entre CS e S1 e entre CS e S2 sugerem que não há indícios de competição das culturas que compõem o consórcio com o rabanete. Tanto que no CS cada indivíduo apresentou maiores valores de características agronômicas do que no S2, onde a competição intraespecífica foi mais intensa. Desta forma, pode-se sugerir um aumento na população do rabanete no CS, com objetivo de aumentar a produtividade e obter produtos (ou raízes) similares aos obtidos no S2.

Os resultados encontrados, no presente trabalho, para a produtividade do rabanete no S2 estão de acordo com os valores de produtividade média da cultura do rabanete divulgado pela Associação dos Produtores e Distribuidores de Hortifruti do Estado de São Paulo, que variam de 10 a 30 t/ha (APHORTESP, 2019). Cecílio Filho et al. (2007) em experimento com consórcio de rabanete e alface obtiveram valores de 25,94 g e 19,06 g para o peso médio por unidade de raiz de rabanete, para o melhor tratamento com consórcio e cultivo solteiro, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos resultados obtido no presente trabalho, para todos os sistemas (CS, S1 e S2).

O melhor desempenho agrônômico do rabanete, no presente trabalho, em comparação com o experimento de Cecílio Filho et al. (2007), deve-se em parte, pela influência do maior aporte de adubação. Neste experimento a adubação do consórcio, assim como a do rabanete solteiro, foi realizada conforme a necessidade da cultura do tomate. Enquanto que a adubação do experimento citado, para o consórcio de rabanete e alface, foi realizada conforme a necessidade da cultura da alface e a adubação do rabanete solteiro foi realizada de acordo com a necessidade da própria cultura. Desta forma, espera-se que o fator adubação tenha influenciado, no presente trabalho, em raízes mais pesadas e conseqüentemente, maior produtividade.

6.1.2. Alface

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, os resultados indicaram que houve diferença de produtividade (PD), como também de peso médio da cabeça (PC) (Figura 7).

A produtividade do CS foi 20,41% menor do que no S1. As culturas que compõem o CS prejudicaram a produtividade da alface, uma vez que as populações das alfaces eram idênticas no CS e no S1. A menor produtividade ocorreu devido ao menor peso médio da cabeça (PM) no CS que foi reduzido em 109,16 g, o que corresponde a mesma redução de 20,41% por cabeça. No entanto, o diâmetro médio da cabeça não foi afetado (Figura 7), não havendo competição por espaço, assim como também o número médio de folhas por cabeça (NF), que apresentou valores de 21,25 e 20,20, respectivamente, para o CS e S1. Estes valores indicam que houve maior biomassa nas folhas da cabeça de alface no tratamento S1, mesmo estas apresentando mesmo tamanho e número de folhas da cabeça de alface do tratamento CS. O maior peso médio de cabeça no cultivo solteiro pode ser atribuído a maior exposição das plantas à radiação solar tornando-as com maior teor de fibras.

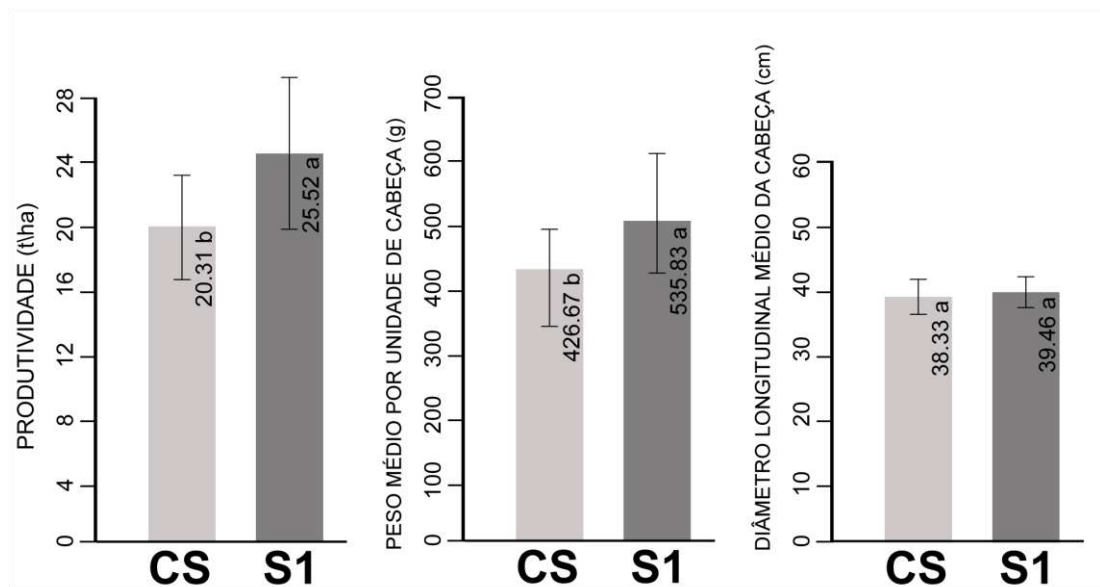


Figura 7: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, para a cultura da alface, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO).

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comerciais, os resultados indicaram que houve diferença de

produtividade (PD) como também do peso média da cabeça (PC), (Figura 8). A produtividade no CS foi 64,56% menor do que a do S2, fato que pode ter relação direta com a densidade populacional, visto que a população no CS foi 57,14% menor do que a do S2. A diferença entre o peso médio da cabeça (PC) foi de 89,16 g entre o S2 e CS, o que corresponde uma redução em 17,28% de biomassa nas cabeças no CS, mesmo com menos plantas de alface. Entretanto, o diâmetro médio da cabeça (DLO) foi similar no CS e no S2, (Figura 8). Estes resultados sugerem que, além do efeito de menor população, há também o efeito da competição no consórcio, tanto interespecífica como intraespecífica. Desta forma, pode-se sugerir uma redução na população das alfaces no CS, com objetivo de obter produtos (cabeças) de alfaces com maior massa.

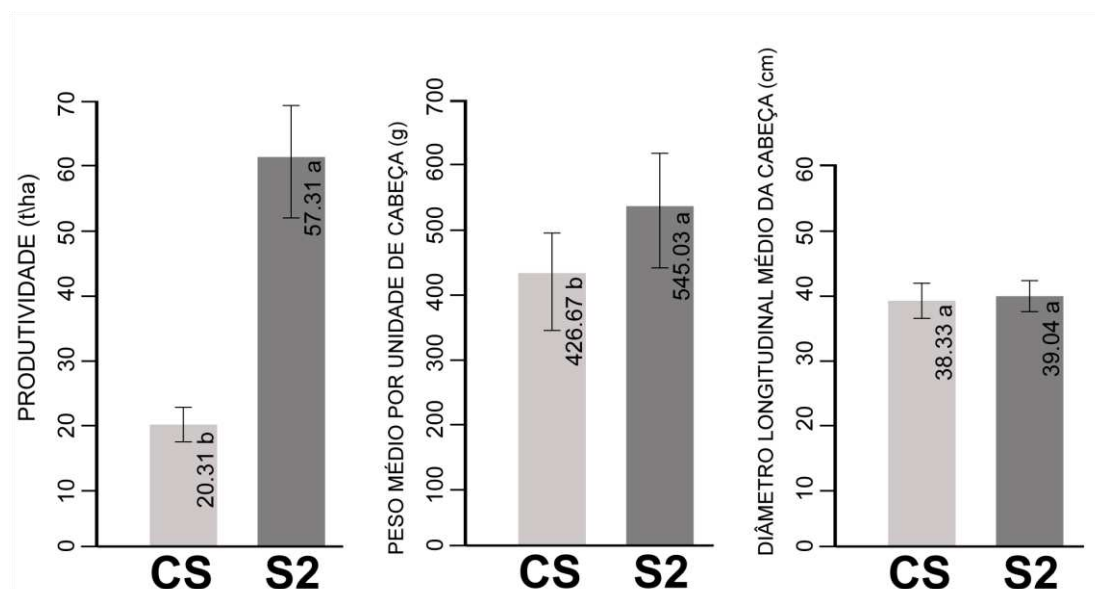


Figura 8: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura da alface, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO).

Os resultados encontrados, no presente trabalho, para a produtividade no S2 seguem a tendência da produtividade média encontrada por Queiroga et al. (2001) e por Bezerra Neto et al. (2005), que variaram entre 39,14 a 57,92 e entre 66,67 a 83,64 t/h, respectivamente. No entanto, a densidade populacional de alface utilizada, por estes autores, nestes experimentos foi de 250.000 pl./ha, enquanto que, no presente trabalho, a densidade populacional da alface no cultivo S2 foi de 111.111 pl./ha. Ou seja, a densidade populacional da alface no S2 foi 55,55% menor. Porém, os resultados sugerem que mesmo apresentando menor densidade populacional, cada planta de

alface compensou o menor número de plantas por área, por um maior peso médio de cabeça.

No presente trabalho, os valores encontrados para peso médio da cabeça foram similares ao encontrado por Cecílio Filho et al. (2007) no experimento com consórcio de rabanete e alface. O valor encontrado, pelo autor, para o melhor resultado de peso médio da cabeça de alface no consórcio foi de 434,9 g. Este resultado difere em apenas 8,23 g do valor obtido neste experimento. Assim como o valor encontrado pelos mesmos autores, para o melhor resultado de peso médio da cabeça no cultivo solteiro foi de 542,9 g. Este valor também foi similar ao encontrado no presente trabalho, variando apenas 2,13 g a mais por peso médio da cabeça. Estes resultados sugerem que a intensidade de competição que o rabanete exerceu sobre a alface foi semelhante nos dois experimentos, visto que os desempenhos agronômicos das alfaces foram similares nos dois experimentos.

6.1.3. Brócolos

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, os resultados indicaram que houve diferença de produtividade (PD), assim como no peso médio (PC) e diâmetro médio da cabeça (DLO), (Figura 9). A produtividade no CS foi 31,83% menor do que no S1, e a diferença entre peso da cabeça no S1 e no CS foi de 269,37 g, o que corresponde uma redução em 31,84% de biomassa nas cabeças do CS. Estes resultados indicam que houve competição interespecífica entre as culturas do consórcio e a cultura do brócolo, refletindo na menor crescimento em diâmetro e ganho de massa refletindo na produtividade e menor desenvolvimento agronômico da parte comercial, uma vez que a densidade populacional era a mesma. Essa competição levou à redução da produtividade do brócolo.

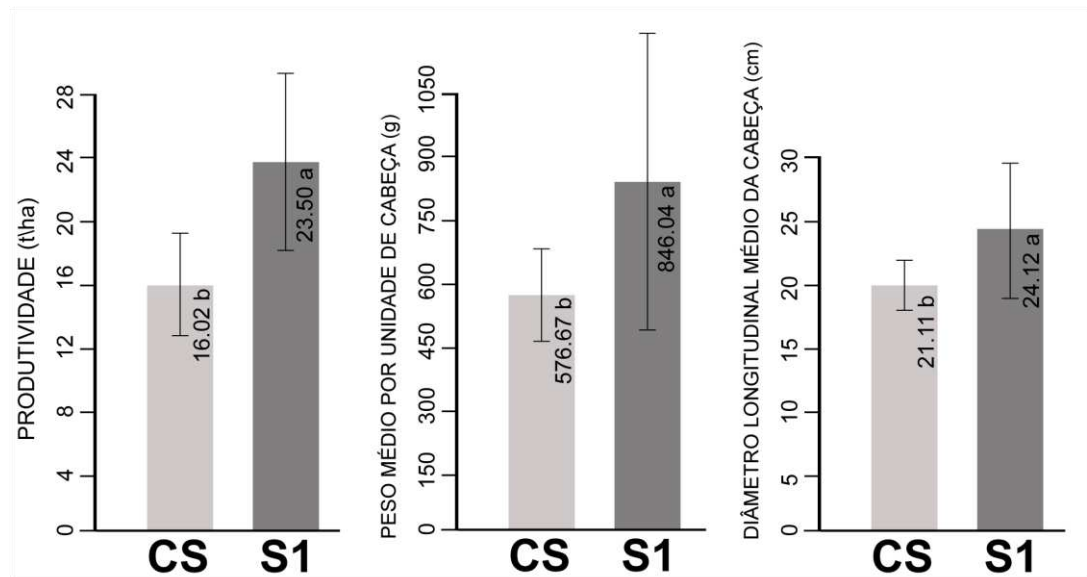


Figura 9: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, da cultura do brócolos, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO).

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 2 (S2) os resultados indicaram que não houve diferença de produtividade (PD), apesar do maior peso médio e de diâmetro médio da cabeça no sistema solteiro (Figura 10). Os valores de produtividade têm influência direta da densidade populacional, visto que a população do CS foi 38,91% maior do que a população do S2. A diferença para PC do S2 em relação ao CS foi de 233,89 g, o que corresponde uma menor biomassa de cabeça de brócolos no CS em 28,85% em relação ao S2. Desta forma, os resultados sugerem que a menor produtividade refletiu no desempenho das características agrônômicas de produção. A redução nas características produtivas no consórcio foi compensada pelo maior número de plantas de brócolos, resultando em uma produtividade que fosse similar a obtida no cultivo solteiro S2. Assim, os resultados apontam para uma forte competição interespecífica e intraespecífica no consórcio, que resultou em menor desempenho agrônômico dos brócolos.

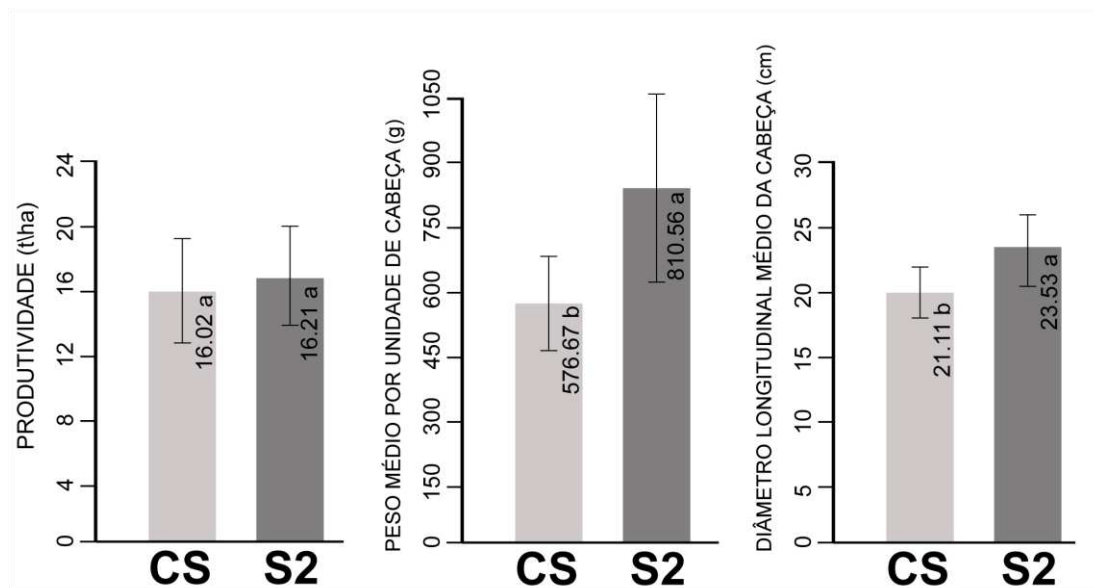


Figura 10: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura do brócolo, para os atributos produtividade (PD), peso médio por unidade de cabeça (PM), diâmetro longitudinal médio da cabeça (DLO).

Os resultados encontrados no presente trabalho para a produtividade no S1 seguem a tendência da produtividade média encontrada por Cecílio Filho et al. (2012) de 22,08 t/ha para a inflorescência e de 17,09 t/ha para os floretes. No entanto, a densidade populacional do brócolos utilizada, por estes autores, foi de 62.500 pl./ha. Em contrapartida, a densidade populacional utilizada, no presente trabalho, para o S1 foi 55,55% menor em relação a utilizada por Cecílio Filho et al. (2012). Desta forma, evidencia que houve, no cultivo S1, uma compensação produtiva, que repercutiu em inflorescências maiores e mais pesadas do que as inflorescências do artigo citado, mesmo o cultivo S1 apresentando menor densidade populacional.

Os valores encontrados, no presente trabalho, para peso médio da cabeça foram inferiores aos valores encontrados por Ohse et al. (2007) no experimento com consórcio de brócolos e alface. O valor encontrado, pelos autores, para o melhor resultado de peso médio da cabeça no consórcio, foi de 1.006 g. Os autores consideraram as folhas e o talo do brócolo para o cálculo do peso média da cabeça. No presente trabalho, não foram consideradas as folhas nem o talo para a medição do o peso médio da cabeça. No experimento de Ohse et al. (2007) não houve diferença na produtividade do brócolo com a consorciação da alface, em diferentes dias após o transplante do brócolo, indicando que não houve competição interespecífica. Já neste experimento, os resultados indicaram que o brócolo no consórcio recebeu competição

interespecífica que pode ter sido pelo milho-verde e/ou pelo tomateiro, haja vista que estas duas culturas ocuparam rapidamente o estrato aéreo acima do brócolo e provavelmente, interferiram na captação de luz pelo brócolo, reduzindo assim, a sua taxa fotossintética e interferindo na produtividade.

6.1.4. Milho-verde

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, os resultados indicaram que houve diferença de produtividade (PD), peso médio da espiga sem palha (PE), comprimento médio da espiga sem palha (CE) e diâmetro médio da espiga sem palha (DLO), com maiores valores para o S1 (Figura 11). A produtividade, PE, CE e DLO no CS foram menores em relação ao S1, respectivamente, em 14,69%, 15,74%, 11,06% e 4,19%. Estes resultados indicam que no S1 foram produzidas espigas mais compridas e mais grossas, que resultaram em maior peso médio por espiga e, conseqüentemente, maior produtividade, visto que as populações eram idênticas. Desta forma, os resultados indicam que houve competição interespecífica no consórcio, visto que houve uma redução na produtividade e em todas as características agrônômicas avaliadas. Como o milho-verde é uma cultura muito responsiva a nutrientes, pode ter ocorrido maior competição por nutrientes no CS se comparado ao milho-verde no S1, visto que ambos os sistemas receberam a mesma quantidade de esterco.

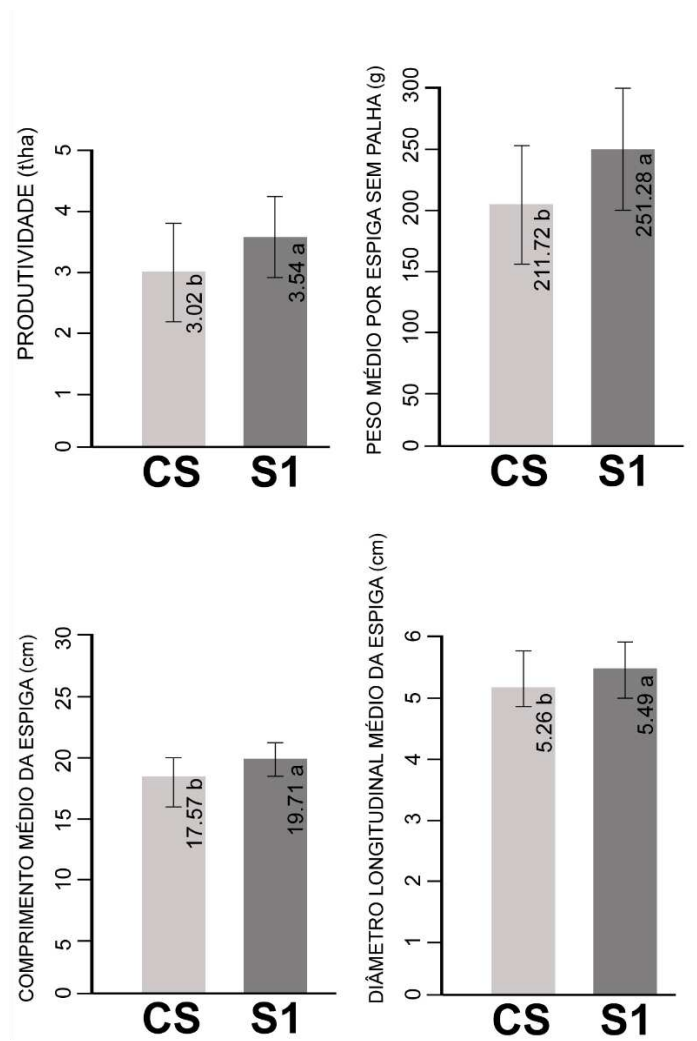


Figura 11: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, para a cultura do milho-verde, para os atributos produtividade (PD), peso médio por espiga sem palha (PM), diâmetro longitudinal médio da espiga (DLO) e comprimento médio da espiga (CE).

Na comparação entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, os resultados indicaram que houve maior produtividade (PD) no sistema S2, porém não houve diferença para as características de peso médio da espiga sem palha (PE), comprimento médio da espiga sem palha (CE) e diâmetro médio da espiga sem palha (DLO), (Figura 12). Portanto, a maior produtividade de S2 é devida, ao efeito populacional, visto que a população do CS é 85,71% menor. A diferença entre a produtividade foi de 19,85 t/ha e corresponde para o CS uma produtividade 86,79% menor em relação S2. Estes resultados evidenciam que o desempenho agrônômico tanto no CS como no S2 foram similares para todos os atributos avaliados e que a diferença de produtividade foi devido ao efeito

populacional. Ou seja, o efeito de competição exercido pelas outras culturas do consórcio foi similar ao efeito de competição intraespecífica exercido pelo milho, em S2. Desta forma, pode-se sugerir uma a manutenção da densidade populacional de milho-verde no CS, visto que o desempenho agrônômico individual foi similar aos obtidos no S2.

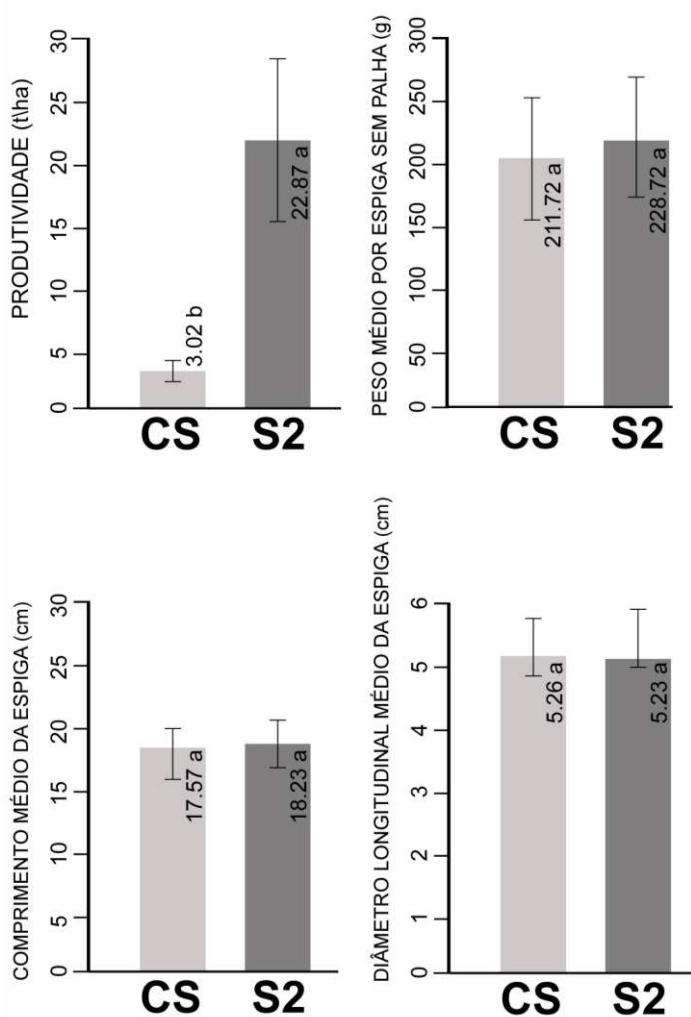


Figura 12: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, para a cultura do milho-verde, para os atributos produtividade (PD), peso médio por espiga sem palha (PM), diâmetro longitudinal médio da espiga (DLO) e comprimento médio da espiga (CE).

Os resultados encontrados, no presente trabalho, para a produtividade no S2 seguem a tendência da produtividade média encontrada por Albuquerque et al. (2008) de 22,08 t/ha para o mesmo milho-verde AG1051. No experimento citado a densidade populacional foi idêntica ao do presente trabalho, porém, avaliaram a espiga

empalhada para o cálculo da produtividade, enquanto que no presente trabalho, utilizou-se para o cálculo a espiga sem palha.

Os valores encontrados, no presente trabalho, para peso médio da espiga, nos sistemas CS, S1 e S2, foram semelhantes aos valores encontrados por Nespoli et al. (2017) no experimento com consórcio de milho-verde e alface. Os autores encontraram os valores de 232,9 g e 239,1 g/espiga para o milho-verde em cultivo solteiro e em consórcio, respectivamente. Assim como no presente trabalho, o experimento de Nespoli et al. (2017) também não indicou diferença entre o peso média da espiga para os tratamentos cultivo solteiro e cultivo em consórcio. Porém, os resultados do presente trabalho, apontam discordância com relação a sugestão de que o milho-verde em consórcio recebe pouca ou nenhuma competição interespecífica. No presente experimento, o contraste entre CS e S1 indicou que o milho-verde sofreu competição interespecífica. Esta competição pode ter ocorrido de maneira mais intensa, devido a presença do tomate, que competiu pelo recurso luz, haja vista a maior exigência em luz pela cultura do milho-verde, por ser uma planta de metabolismo C4.

6.1.5. Tomate cereja

Nas comparações entre o consórcio (CS) e o cultivo solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS, e entre o CS e o cultivo solteiro 2 (S2), com espaçamento e arranjo comercial, os resultados indicaram que houve diferença em todas as características avaliadas (Figuras 13 e 14).

A diferença de produtividade do S1 e S2 em relação ao CS foi 17,28 t/ha e de 18,80 t/ha, o que corresponde à redução de produtividade do CS em relação ao S1 e S2 de 44,81% e de 46,90%, respectivamente. Este resultado sugere que o tomateiro no consórcio recebeu forte competição interespecífica, visto que a densidade populacional nos sistemas CS, S1 e S2 eram idênticas.

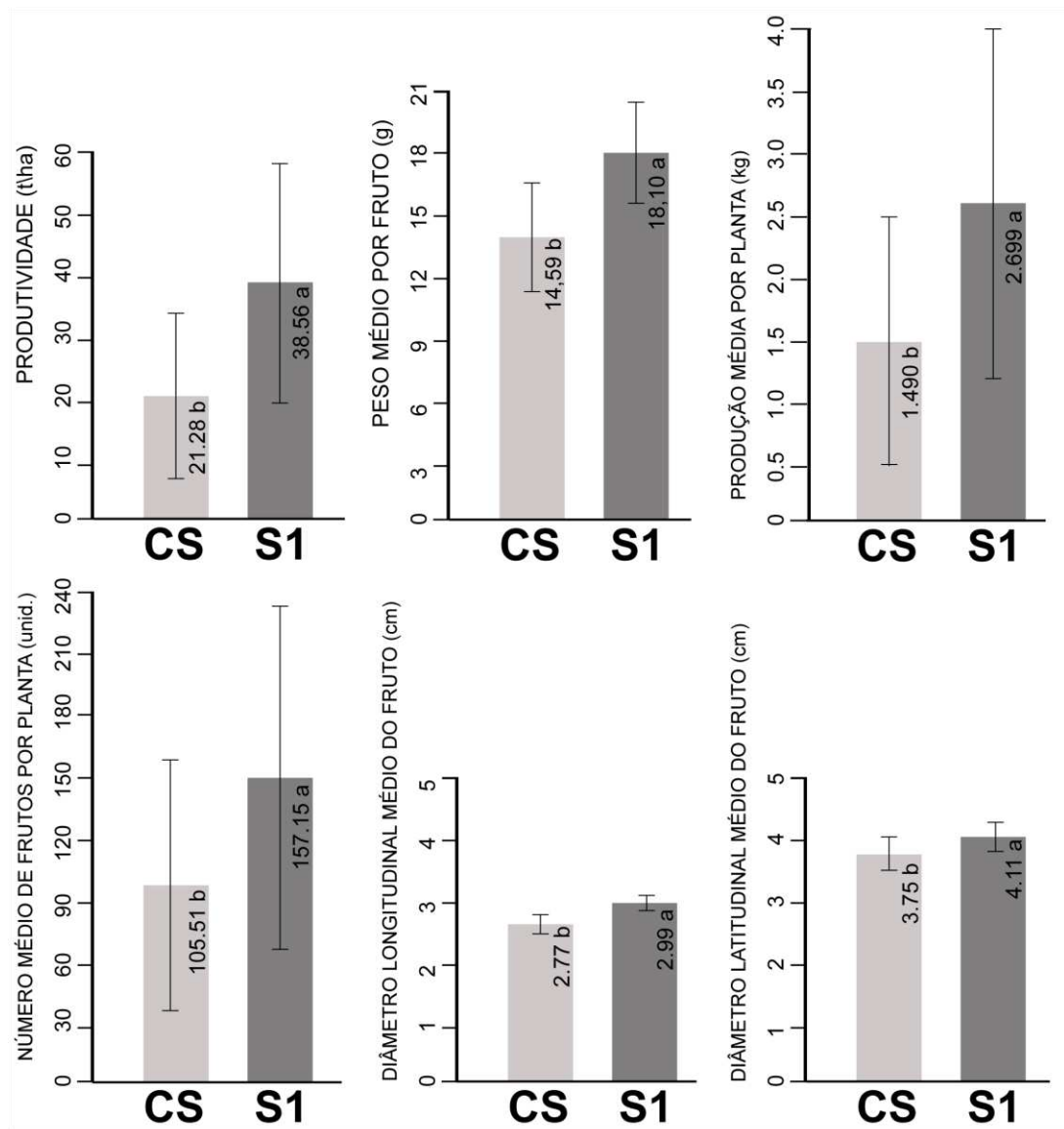


Figura 13: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS e comercial, para a cultura do tomate, para os atributos produtividade (PD), peso médio por fruto (PM), produção média por planta (PM), número médio de frutos por planta (NF), diâmetro longitudinal médio do fruto (DLO) e diâmetro latitudinal médio do fruto (DLA).

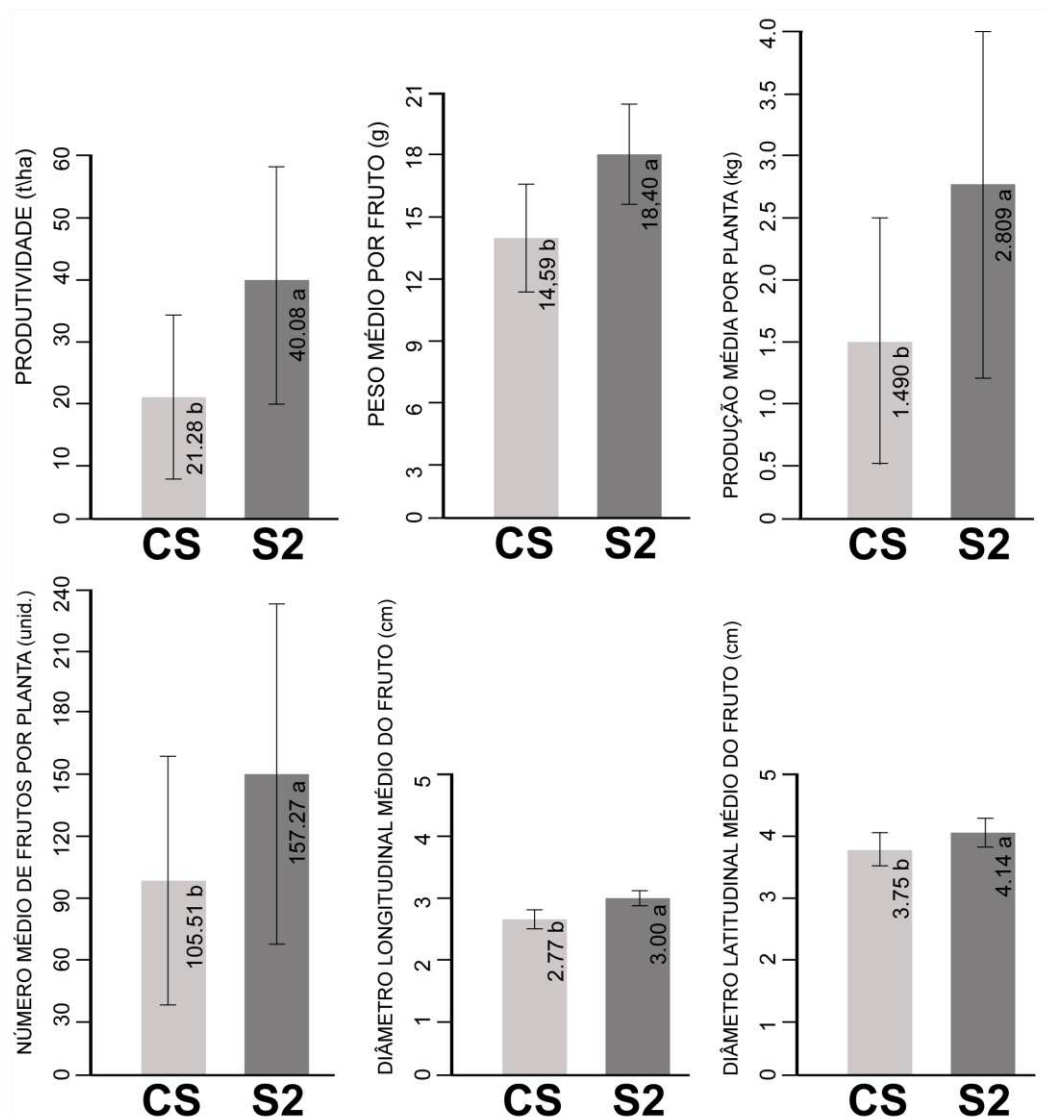


Figura 14: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com arranjo e espaçamento do CS e comercial, para a cultura do tomate, para os atributos produtividade (PD), peso médio por fruto (PM), produção média por planta (PM), número médio de frutos por planta (NF), diâmetro longitudinal médio do fruto (DLO) e diâmetro latitudinal médio do fruto (DLA).

A menor produtividade de frutos do tomateiro no consórcio foi devido a valores menores de PP, PM, NF, DLO e DLA. Os frutos no consórcio foram 8,76% mais curtos que os frutos do S1 e 9,42% que os frutos do S2; foram 7,36% mais estreitos que os frutos do S1 e 7,66% que os frutos do S2, e 19,94% mais leves que os frutos do S1 e 21,25% que os frutos do S2. Estes resultados indicaram uma menor produção por planta no CS, onde cada planta produziu 44,79% a menos em relação ao S1 e 46,95% a menos em relação ao S2. Ainda no CS, cada planta produziu 32,86% menos frutos em relação ao S1 e 32,91% em relação ao S2. Estes resultados indicam a competição interespecífica das outras culturas no consórcio com o tomateiro, visto a menor

produção individual por planta, menor quantidade de frutos e frutos menores e mais leves.

Os resultados encontrados, no presente trabalho, para a produtividade no CS, S1 e S2 foram muito superiores à produtividade média encontrada por Souza et al. (2015) de 15,4 t/ha para o tomate seriguela. O peso médio por fruto, o diâmetro e o comprimento dos frutos foram similares para o CS e o experimento de Souza et al. (2015). Porém, estas características agronômicas, nos sistemas de S1 e S2, foram bem superiores, no presente trabalho, quando comparada ao experimento citado

Os resultados apontados por Cecílio Filho et al. (2011) em um consórcio de tomateiro e alface indicam que o tomateiro não sofreu competição interespecífica, a partir de diferentes datas de transplante da alface. No entanto, a alface sofreu competição interespecífica e ela foi mais intensa à medida que foi maior o atraso do transplante das mesmas. No presente trabalho, os resultados indicam que o tomate em consórcio recebeu competição interespecífica, diferentemente do observado com tomateiro no experimento de Cecílio Filho et al. (2011). Talvez o curto tempo de convivência entre as duas culturas, citadas no experimento acima, não foi suficiente para influenciar negativamente o tomateiro e estabelecer uma forte competição por recursos como água, luz e nutrientes. Diferentemente do presente trabalho, onde o tempo de convivência das culturas foi extremamente longo para a cultura do tomate. O tomate em consórcio conviveu com outras culturas durante um período de 120 dias, o que equivale a 82,76 % do tempo total que esta cultura ficou em campo. Portanto, espera-se que esse efeito de convivência tenha proporcionado forte competição por recursos, em especial nutrientes e radiação solar.

6.1.5.1. Porcentagem de frutos brocados (PFB)

Os resultados encontrados para porcentagem de frutos de tomate brocado (PFB) indicaram que houve diferença tanto para o contraste entre CS e S1 como também para o contraste CS e S2, (Figura 15). A diferença entre a porcentagem de frutos brocados entre S1 e CS e entre S2 e CS foram, respectivamente, de 6,09% e 5,93%, podendo ter impactos sobre o rendimento econômico, tendo em vista o alto custo de produção e o alto valor agregado aos frutos. Estes resultados sugerem que o consórcio proporcionou algum benefício para a cultura do tomate, que resultou em

menor incidência de ataques de brocas, principalmente a broca-pequena-do-tomateiro (*Neoleucinodes elegantalis*) e a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*).

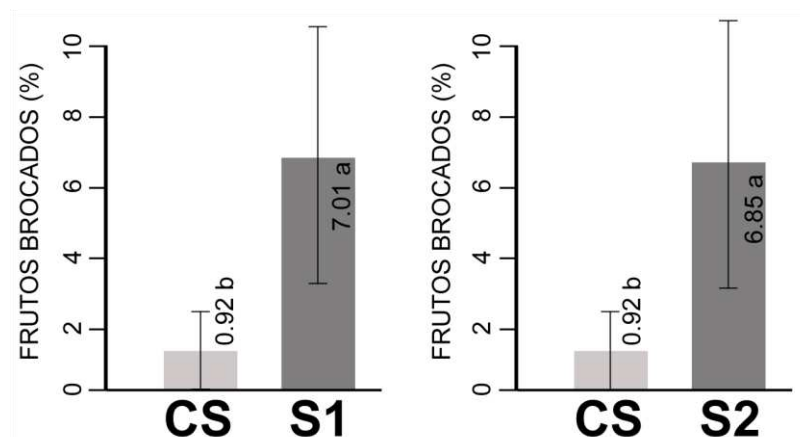


Figura 15: Valores médios \pm desvio padrão e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 1 (S1), com espaçamento e arranjo do CS e contraste entre Consórcio (CS) e Cultivo Solteiro 2 (S2), com arranjo e espaçamento do CS e comercial, para a cultura do tomate para o atributo porcentagem de frutos brocados (PFB).

Degri e Samaila (2014) avaliaram o efeito do consórcio entre tomate e milho no controle da broca de *Helicoverpa armigera* no fruto do tomateiro. Os resultados indicaram que no consórcio houve redução entre 34,04 a 76,95% na incidência de brocas. A menor incidência de brocas apresentou relação com as diferentes proporções da densidade populacional de tomate e de milho. No presente trabalho, o milho-verde pode ter proporcionado efeito positivo sobre o tomateiro. Este efeito positivo pode estar relacionado à mudança do dossel do tomateiro, visto que o milho-verde cresceu mais rápido e ocupou um estrato acima do tomateiro, o que não é esperado pelas outras culturas, que apresentam porte mais baixo. Além disso, o milho-verde e as outras culturas do consórcio podem ter proporcionado microclima desfavorável às brocas (JAYARAJ, 2002) ou influenciado na dinâmica, colonização e ciclo de vida dessas pragas (RAM e SINGH, 2010). Além disso, tanto a traça-do-tomateiro como broca-pequena-do-tomateiro são pragas específicas de solanáceas e a especificidade dessas pragas pode ser uma característica positiva por proporcionar menor incidência dessas pragas em ambientes com maior diversidade de culturas e maior número de inimigos naturais (NORDLUND et al., 1984, MEDEIROS et al 2011).

6.1.6. Discussão dos contrastes

Os resultados dos contrastes indicam que, com exceção do rabanete, para todas as culturas avaliadas houve competição intraespecífica e/ou interespecífica. Com exceção do milho-verde, a competição foi proporcionalmente mais intensa nas culturas que ficaram mais tempo em campo, em associação com as outras culturas, como brócolo e tomateiro. Estas culturas ficaram em campo 50, 80 e 145 dias, respectivamente. O efeito desta competição foi observado a partir da menor produtividade do CS em comparação com o S1 e pode ser verificado de forma mais intensa à medida que aumenta o tempo da cultura no campo. Em comparação com o cultivo (S1), o efeito da competição na alface do CS reduziu a produtividade em 20,83%; no brócolo reduziu em 31,83% e no tomate reduziu em 44,81%. Para o rabanete não se verificou o efeito da competição. Este resultado sugere que o efeito da competição com as outras culturas pode ter sido mínimo devido ao curto ciclo da cultura e conseqüentemente curto tempo de convivência em campo com as outras culturas do CS. O curto tempo de convivência das outras culturas com o rabanete pode ter sido insuficiente para que estas, competissem pelos mesmos recursos utilizados pelo rabanete.

Para o milho-verde houve fraco efeito de competição. Esta competição foi observada pela maior, embora com pequena diferença, produtividade do cultivo (S1) em comparação ao CS. No entanto, quanto ao peso médio de espiga (PM) do milho-verde o resultado do CS foi similar ao do cultivo (S2), com espaçamento comercial. Este resultado sugere que houve menor competição intraespecífica entre o cultivo (S1) se comparado a competição intraespecífica no cultivo (S2). Já no CS, os resultados sugerem que houve fraca competição interespecífica das outras culturas com o milho-verde. Esta fraca competição interespecífica pode estar relacionada as vantagens que o milho apresenta por ser uma gramínea com metabolismo C4, de porte ereto e superior, e de maior eficiência fotossintética e aproveitamento de água, se comparado as outras culturas que compuseram o CS.

Fatores como luz, nutrientes e arranjo provavelmente influenciaram a intensidade da competição entre as culturas. A disponibilidade de água foi controlada durante o período experimental e espera-se que não tenha tido influência no efeito competitivo por recursos. O fator água foi controlado a partir do manejo da irrigação e do uso de tensiômetros, com fornecimento de mais água para o sistema com maior demanda, no

caso o consórcio. O fator densidade populacional foi controlado pela comparação entre os sistemas de cultivo em consórcio (CS) e cultivo solteiro (S1), que tiveram o mesmo arranjo e densidade populacional, variando apenas as culturas componentes do consórcio. Desta forma, esta comparação permitiu avaliar o efeito da população das culturas componentes do consórcio na cultura avaliada.

O tomateiro, por apresentar porte mais alto que as plantas de rabanete, alface e brócolos, possivelmente, recebeu menos competição pelo fator luz. O fator nutriente, possivelmente, teve grande influência no efeito da competição, visto que a adubação do CS foi idêntica a adubação dos cultivos (S1) e (S2). O efeito da adubação pode ser melhor comparado, a partir da cultura do tomate, visto que todas as culturas, inclusive o CS, receberam a adubação equivalente a necessidade nutricional do tomateiro. Além disso, o arranjo e a densidade populacional do tomateiro no CS foram idênticos ao cultivo (S1) e (S2). O resultado dessa comparação sugere que houve forte competição por nutrientes, visto que os tomateiros no CS produziram 55,21% e 53,10% em relação aos cultivos (S1) e (S2).

6.2. Índices de eficiência do sistema

Na Tabela 6 são apresentados os índices PR, UET, ERAT, RECA, RDC e PGRR e os fatores necessários aos cálculos desses índices, como o tempo da cultura em campo (t), o número de colheitas (ou cultivos) possíveis durante o período do consórcio (n), a densidade populacional e a produtividade das culturas.

Tabela 6: Índices de eficiência dos sistemas

Culturas			Produtividade (t/ha)		DP (10 ³ pl./ha)		Índices de eficiência (parcial)					
	t (dias)	n (unid.)	CS	S2	CS	S2	PRP	PR	ERAT	RECA	RDC	PGRR
Rabanete	30	4	10,99	19,87	200,00	600,00	0,33	0,55	0,12	0,14	1,66	0,66
Alface	50	2	20,31	57,31	47,62	111,11	0,43	0,35	0,12	0,18	0,83	- 0,17
Brócolos	80	1	16,02	16,21	27,78	20,00	1,39	0,99	0,54	0,99	0,71	- 0,29
Milho	120	1	3,02	22,87	7,14	50,00	0,14	0,13	0,11	0,13	0,92	- 0,08
Tomate	145	1	21,28	40,08	14,28	14,28	1,00	0,53	0,53	0,53	0,53	- 0,47
Índices de Eficiência (total)												
UET	-	-	-	-	-	-	-	2,55	-	-	-	-
ERAT	-	-	-	-	-	-	-	-	1,42	-	-	-
RECA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,97	-	-

Onde t = tempo da cultura em campo, em dias; n = colheitas (ou cultivos) possíveis durante a duração do consórcio; CS = cultivo em consórcio; S2 = cultivo solteiro com espaçamento e arranjo comercial; DP = densidade populacional; PRP = proporção entre o nº plantas do CS e do S2; PR = produtividade relativa; ERAT = equivalência relativa de área/tempo; RECA = relação de equivalência de colheita por área; RDC = relação de desempenho da cultura; PGRR = perda ou ganho real de rendimento; UET = uso equivalente de terra.

6.2.1. Índice de produtividade relativa (PR)

A produtividade relativa (PR) indica o desempenho produtivo do consórcio (CS) em relação ao desempenho produtivo do cultivo solteiro (S2). Este índice considera a produtividade de cada cultura que compõe o CS, proporcionando, em geral, um esperado efeito negativo em termos de produtividade, visto que a densidade populacional do CS é menor em relação ao S2.

Embora, o princípio da produção facilitada e da produção competitiva exposto por Vandermeer (1989) se aplique de maneira mais rigorosa quando as populações das culturas analisadas são idênticas ou similares, no presente trabalho, as populações comparadas são diferentes, com exceção da cultura do tomate, onde a população é idêntica para ambos os cultivos em CS e S2. Desta forma, a interpretação da produtividade relativa parcial de cada cultura do consórcio é influenciada diretamente pela população do S2, que em geral é superior a população do CS, com exceção da cultura do brócolo. A interpretação do resultado da PR para cada cultura sugere, proporcionalmente, o quanto é mais ou menos vantajoso produzir cada uma dessas culturas, como consta na Figura 15.

A PR do rabanete foi de 55%, mesmo com população equivalente a 33% da população do cultivo S2. Este resultado positivo pode ter relação com a menor competição por recursos por parte das outras culturas que compuseram o CS. Esta fraca competição pode estar relacionada ao curto ciclo da cultura do rabanete e ao breve período de convivência com as culturas em campo, visto que no período de crescimento e maturação do rabanete com as outras culturas componentes do CS, estas ainda estavam muito pequenas.

A PR da alface apresentou valor de 35%, porém com uma população equivalente a 43% da população do cultivo S2. Este resultado expressa que houve alguma competição por recursos entre as outras culturas e a alface em CS. A PR do brócolos apresentou um valor próximo ao 100%, o que representaria um desempenho produtivo similar ao do cultivo S2. No entanto, este valor não leva em consideração o efeito populacional, visto que a população equivalente do brócolos em CS foi de 139% em relação ao cultivo S2, expressando que também houve competição por recursos entre as outras culturas e o brócolos em CS.

A PR do milho-verde foi a menor, sendo de 13%. Porém, a cultura do milho-verde estava em população equivalente de 14% em relação a população do cultivo S2. Este resultado sugere que o milho-verde recebeu pouca ou fraca competição por recurso das culturas em consórcio. A PR do tomate correspondeu a 53% do cultivo solteiro, porém com uma população equivalente de 100% do cultivo solteiro. Neste caso, fica evidente que houve competição por recursos com as demais culturas do consórcio.

6.2.2. Índice de uso equivalente de terra (UET)

O resultado encontrado para o índice de uso equivalente de terra (UET) de 2,55 (Tabela 6), indica o efeito positivo na produtividade no sistema de cultivo em CS, quando comparado com o sistema de cultivo solteiro (S2) com espaçamento comercial. Isso significa que são necessários pelo menos 155% a mais de área para que as culturas, no cultivo solteiro (S2), produzam o equivalente à produção no CS. As culturas que mais contribuíram para este resultado positivo do UET foram em ordem decrescente, a cultura do brócolo, seguida pelo rabanete e por fim, pelo tomate. Este resultado sugere que este consórcio é indicado para agricultores que tem acesso a pequenas áreas de plantio ou agricultores que querem maximizar o uso da terra.

Além do maior aproveitamento do uso da terra, o consórcio oferece outras vantagens aos agricultores, como: maior diversidade de produção por área, colheita e oferta escalonada e diversificada de produtos, menor risco de perda do investimento caso haja perda de produção, diversidade de espécies que promovem efeito benéfico no controle de plantas espontâneas, insetos e patógenos e menor uso de insumos por unidade de área de produção (HORWITZ, 1985). Neste trabalho, vale chamar a atenção, que a quantidade de insumos utilizado para a adubação do consórcio foi idêntica a quantidade utilizada para todos os cultivos solteiros avaliados. Ou seja, com a mesma quantidade de insumos, o consórcio produziu 155% a mais de alimentos por unidade de área, se comparado aos outros cultivos solteiros avaliados.

Outra vantagem que pode ser proporcionada ao agricultor por este tipo de consórcio é o acesso a mercados especializados. Os mercados especializados estão em expansão no Brasil e o consumidor está cada vez mais exigindo um compromisso da produção agrícola associado a sustentabilidade dos recursos (DAROLT, 2012). Estes

mercados são formados por consumidores que privilegiam a compra direta com os agricultores, que preferem produtos cultivados sem o uso de agrotóxicos e que dão preferência para produtos da época e que haja diversidade de produtos ofertados. Esta comercialização se dá por circuitos curtos de comercialização e podem se desdobrar em venda direta e indireta que podem ocorrer na propriedade, em feiras agroecológicas, em grupos organizados de consumidores, em cestas domiciliares, em lojas especializadas, em cooperativas, em pequenos mercados locais de produtos naturais, em lojas virtuais e em programas de governo (DAROLT et al. 2013).

6.2.3. Índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT)

O índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT) de 1,42, indica o efeito positivo da consorciação em relação ao cultivo solteiro (S2). Isso significa que são necessários pelo menos 42% a mais de área de cultivo solteiro (S2) para que as culturas, com ciclos produtivos diferentes, produzam o equivalente à produção do CS. Este índice torna-se mais apropriado que o UET para este experimento, visto que as culturas componentes do consórcio tiveram diferentes tempos de permanência em campo. Ou seja, o ERAT considera que uma cultura, que tenha um ciclo mais curto, possa ser cultivada mais de uma vez durante o tempo de permanência em campo do consórcio. O tempo de permanência no campo das culturas foi considerado entre o dia de plantio e o dia de colheita, sendo de 30, 50, 80 120 e 145 dias, respectivamente, para as culturas de rabanete, alface, brócolos, milho-verde e tomate. O somatório do ERAT parcial das culturas componentes do consórcio proporcionaram o cálculo do ERAT total, como disposto na Figura 18).

O valor obtido para o ERAT pode ser interpretado como um valor subestimado em relação ao uso equivalente da terra. O ERAT pode subestimar as vantagens de rendimento do consórcio devido à suposição de que o rendimento é apenas uma função do tempo total de permanência em campo do consórcio. Desta maneira, considera o máximo de cultivo que cada cultura componente do consórcio poderia ser cultivada no período de tempo total do consórcio. No entanto, não considera o tempo de preparo, implantação e colheita das culturas. Em outras palavras, a definição do fator tempo em ERAT tem limitações em situações práticas da agricultura.

O efeito positivo gerado pelo ERAT deve-se em grande parte as culturas que tiveram maior densidade populacional e/ou associada à maior permanência em campo, como brócolos e tomate. O rabanete, que recebeu pouca ou nenhuma competição, não gerou valor alto de ERAT parcial, visto o pouco tempo permanência da cultura em campo quando comparado o tempo total de permanência em campo do consórcio. Quanto maior o número possível de cultivos de uma cultura durante o período de duração do consórcio, menor é o valor da ERAT parcial.

As principais críticas à ERAT são que este índice não leva em consideração o tempo gasto para a preparação do cultivo, o tempo gasto no período de colheita. Além disso, a ERAT considera o tempo sem levar em consideração os períodos mais frios e mais quentes, que podem impossibilitar o crescimento e desenvolvimento real da cultura no campo e os estádios fenológicos da cultura.

6.2.4. Índice de razão de equivalência de colheita por área (RECA)

O resultado encontrado para a razão de equivalência de colheita por área (RECA) de 1,97, indica o efeito positivo na produtividade da consorciação em relação ao cultivo solteiro (S2), considerando o número possível de colheitas durante o período do consórcio. Isso significa que são necessários pelo menos 97% a mais de área para que as culturas, no cultivo solteiro (S2), produzam o equivalente à produção no CS (Tabela 6).

O RECA total é calculado a partir do somatório das RECA parcial das culturas componentes do consórcio, como disposto na Figura 18. Este valor da RECA não é tão superestimado como o UET e nem tão subestimado como a ERAT, como pode ser observado na Tabela 6. O efeito do fator colheita teve influência apenas nas RECA parciais das culturas de rabanete e alface, que durante o ciclo do consórcio, possibilitaram 4 e 2 colheitas, respectivamente. Quanto maior o número de colheitas, menor é o valor da RECA parcial. Assim as culturas, brócolos, milho-verde e tomate, durante o ciclo do consórcio, de 145 dias, possibilitaram apenas uma colheita (ou cultivo, no caso do tomateiro) e não influenciaram os valores da PR para o cálculo da RECA parcial.

6.2.5. Índice de relação de desempenho da cultura (RDC)

A relação de desempenho da cultura (RDC) é um índice que expressa o desempenho produtivo do CS em relação ao desempenho produtivo do cultivo solteiro (S2), a partir das densidades populacionais das culturas, corrigindo assim o fator populacional. A partir desses resultados é possível comparar proporcionalmente, o rendimento de cada cultura no CS em relação a cada cultura no cultivo solteiro (S2), como disposto na Tabela 6.

Os resultados da RDC parcial indicaram que na consorciação, apenas o rabanete apresentou desempenho produtivo superior ao cultivo solteiro (S2), considerando as diferentes densidades populacionais. O milho-verde na consorciação apresentou desempenho produtivo próximo ao cultivo solteiro (S2). Já as outras culturas (alface, brócolos e tomate) tiveram o desempenho produtivo inferior ao cultivo solteiro (S2). Quando comparado com a PR observa-se que todos os valores da RDC foram superiores aos valores da PR, como era esperado, devido a supressão do efeito populacional (Tabela 6). A única exceção foi o tomateiro, que apresentou valores idênticos para PR e RDC, visto que as populações também foram idênticas no consórcio e cultivo solteiro. Comparar o RDC com a PR tornou-se interessante, pois suprime o efeito populacional, relativizando a produtividade em função da densidade populacional. Esta relativização pode ser interessante, pois pode gerar subsídios para interpretação comparativas do CS e do S2 com relação aos gastos com sementes, com operações de plantio, colheita e tratos culturais.

6.2.6. Índice de perda ou ganho real de rendimento (PGRR)

A perda ou ganho real de rendimento (PGRR) é um índice que compara o rendimento por planta do cultivo em CS com o rendimento por planta do cultivo solteiro (S2). Desta forma, a PGRR suprime o efeito populacional e permite comparar proporcionalmente quanto cada planta produziu no CS em relação a cada planta no cultivo solteiro (S2). Os valores expressos positivamente indicam ganho reais de rendimento e quando expressos negativamente indicam perdas reais de rendimentos. Estes ganhos e perdas reais de rendimentos por planta, estão dispostos na Tabela 9.

Os resultados da PGRR indicaram que na consorciação, apenas o rabanete teve um ganho real no rendimento produtivo por planta. Este ganho produtivo por planta foi de 66% em relação ao solteiro (S2) e pode estar relacionado a menor competitividade por recursos. O milho-verde em consorciação teve um rendimento produtivo similar ao cultivo solteiro (S2). Este desempenho sugere que esta cultura sofreu pouca competição por recursos ou foi mais eficiente na aquisição destes recursos. A maior eficiência na aquisição de recursos pode estar relacionada ao milho-verde ser uma gramínea C4 e apresentar maior eficiência fotossintética e melhor aproveitamento do uso da água. Já as outras culturas do CS (alface, brócolos e tomate) tiveram perda real no desempenho produtivo por planta. Estas perdas foram de 18%, 29% e 47%, respectivamente. As perdas reais de rendimento por planta seguiram uma tendência, de que quanto maior o tempo da cultura no campo, maior foi a perda de rendimento por planta, com exceção para a cultura do milho-verde.

Os valores obtidos na PGRR das culturas consorciadas estão em concordância com os dados obtidos em campo para o PM de cada cultura. Estes dados reafirmam a discussão do contraste entre PM do consórcio e do solteiro (S2), sugerindo que este índice possa expressar resultados robustos para esta discussão. Os valores da RDC parcial são correspondentes aos valores da PGRR e indicam de forma inversa o ganho e a perda real do rendimento de cada cultura, também servindo como um bom indicador para esta discussão, como pode ser observado na Tabela 6, embora ambos os índices levem as mesmas conclusões, podendo um índice substituir o outro.

6.2.7. Discussão geral sobre os índices

Os índices de eficiência do sistema são uma forma de avaliar o desempenho dos consórcios. Os consórcios podem ser avaliados quanto ao uso mais eficiente da terra, mas também quando ao desempenho de cada cultura consorciada comparada individualmente com o seu cultivo solteiro comercial. Os índices são importantes pois indicam o quanto o consórcio pode ou não ser vantajoso. Existem diversos índices de eficiência para avaliar consórcios. Para consórcios mais complexos, onde existam mais de duas culturas consorciadas, existem poucos índices de eficiência que são compatíveis metodologicamente. No presente trabalho, buscou-se explorar os índices de eficiência compatíveis com o consórcio de cinco culturas.

Foi verificado que alguns índices acabam sobrepondo informações, como por exemplo o índice de relação de desempenho da cultura (RDC) e o índice de perda e ganho real de rendimento (PGRR). De forma prática, poderia escolher apenas um desses índices, para obter resultados semelhantes. Outros índices, como por exemplo, o índice de uso equivalente de terra (UET), o índice de equivalência relativa de área/tempo (ERAT) e o índice de relação de equivalência de colheita por área (RECA) são índices que fornecem informações complementares. Esses índices fornecem informações sobre a maximização do aproveitamento do uso da terra. No presente trabalho, onde avaliou-se cinco culturas com diferentes tempos de permanência em campo, verificou-se que o RECA seria o índice mais apropriado, por considerar de forma prática o uso da terra e o tempo necessário para o manejo.

O índice de produtividade relativa (PR) indicou o desempenho de cada cultura no consórcio comparando-o com o melhor desempenho que cada cultura poderia obter no cultivo solteiro com espaçamento e arranjo comercial. Este índice é importante, pois os resultados podem ser utilizados como parâmetro de comparações para o rendimento do consórcio. No presente trabalho, as PR foram bastante satisfatórias visto que das cinco culturas, três delas tiveram rendimentos superiores a 50%, sugerindo um aproveitamento do uso da terra. O somatório desses rendimentos sugere valores de UET maior do que 1, indicando que este consórcio é vantajoso.

6.3. Uso equivalente da água

Os valores obtidos para o uso equivalente de água no consórcio (CS) e cultivo solteiro (S2) são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Uso equivalente de água do consórcio em relação ao cultivo solteiro comercial (S2)

Culturas no cultivo solteiro S2	Irrigação + precipitação (mm)	RDC	Uso equivalente de água (mm)
Rabanete	73,7	1,68	123,81
Alface	110,2	0,82	90,36
Brócolis	122,9	0,71	87,26
Milho-verde	252,0	0,94	236,88
Tomate	245,0	0,53	133,56
Somatório	1.908,2	-	671,87
Consórcio	296,2	-	-

O resultado obtido a partir da comparação entre o somatório do uso equivalente de água para todas as culturas do cultivo S2 e o valor obtido do uso de água no consórcio (irrigação + precipitação) indicam que o consórcio utilizou 55,91% a menos de água para produzir o equivalente à produção de cada cultura no S2, ajustada a densidade populacional. Este resultado sugere o quanto o consórcio pode ser econômico no uso da água, quando comparada ao cultivo solteiro. O melhor aproveitamento do uso da água pode estar relacionado ao aumento e a diversificação das colônias de fungos micorrízicos arbusculares no sistema, visto que estes fungos, podem melhorar a absorção de água pelas plantas (SMITH e READ, 2008), exceto as brássicas, como o brócolos, nas quais, via de regra, não são micorrizadas. Além disso, a diversificação de culturas pode proporcionar diferentes profundidades de exploração das raízes no solo, o que pode provocar maior mobilização passiva de água, realizada por raízes de horizontes úmidos para horizontes secos (CALDWELL et al., 1998). Ainda, as diferentes profundidades de exploração das raízes também podem produzir um efeito de maior armazenamento de água no perfil do solo (ZEGADA-LIZARAZU et al., 2006) assim como um maior aproveitamento da água da chuva (DE BARROS et al., 2007).

6.4. Uso eficiente do esterco (UEE)

Os valores do uso eficiente do esterco no consórcio (CS) em comparação ao cultivo solteiro S2 estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8: Produtividade e uso eficiente do esterco (UEE)

	CS	S2	CS	S2
Culturas	Produtividade (kg/ha)		UEE (parcial)	
Rabanete	10.990	19.870	0,55	0,99
Alface	20.310	57.310	1,02	2,87
Brócolo	16.020	16.210	0,80	0,81
Milho-verde	3.020	22.870	0,15	1,14
Tomate	21.280	40.080	1,06	2,00
UEE (CS) Somatório	-	-	3,58	-

Obs: Todos os sistemas do S2 e o CS foram adubados com 20 t/há de esterco bovino.

Os resultados da relação entrada de insumo/esterco e saída de produto (RES) indicam que o consórcio teve maior aproveitamento do esterco e uso mais eficiente do insumo. Para cada quilo de esterco utilizado no consórcio foram produzidos 3,58 kg

de hortaliças, sendo estas correspondentes à 0,55 kg de rabanete, 1,02 kg de alface, 0,80 kg de brócolo, 0,15 kg de milho-verde e 1,06 kg de tomate. No cultivo S2, dentre as hortaliças solteiras que tiveram o melhor desempenho na RES, destacaram-se a alface e o tomate, nas quais cada quilo de esterco utilizado no cultivo proporcionou a produção de 2,87 kg e 2,0 kg de produtos, respectivamente.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No sistema de consórcio, com exceção da cultura do rabanete, a qual não apresentou competição intraespecífica e interespecífica, as outras culturas componentes (alface, brócolo, milho-verde e tomate) quando consorciadas, apresentaram redução de rendimento em razão de competição interespecífica.

Os rabanetes no sistema de consórcio apresentaram tamanho e peso similares aos valores obtidos para os rabanetes no sistema de cultivo solteiro. As alfaces, embora no sistema de consórcio tenham apresentado mesmo diâmetro e número de folhas que as alfaces do sistema de cultivo solteiro, apresentaram menor peso por cabeça.

Os brócolos no sistema de consórcio apresentaram cabeça menor e mais leves que as cabeças de brócolo no sistema de cultivo solteiro. Em contrapartida, a diferença entre o peso, o diâmetro e o tamanho da espiga de milho-verde entre o sistema de consórcio e o sistema de cultivo solteiro foi pequena, não indicando diferença significativa entre estes tratamentos.

A cultura do tomate no sistema de consórcio foi a que apresentou a maior intensidade de competição dentre todas as culturas componentes do consórcio. Esta competição refletiu em menor número de frutos por planta, menor tamanho de frutos e frutos mais leves, em relação aos frutos do tomateiro no sistema de cultivo solteiro.

Os índices de eficiência do consórcio indicaram importantes resultados sobre o desempenho deste consórcio. O índice de PR indicou que todas as culturas componentes do consórcio apresentaram rendimento inferior ao cultivo solteiro comercial, com exceção do brócolo. Para todos os resultados de PR houve influência do efeito da densidade populacional.

O índice de UET indicou que a consorciação foi vantajosa e que seriam necessários, no mínimo, área 155% maior, para que no cultivo solteiro comercial, produza o equivalente, em biomassa de hortaliças, por hectare.

O índice de ERAT indicou que a consorciação foi vantajosa e que seriam necessários, no mínimo, área 42% maior, para que no cultivo solteiro comercial, produza o equivalente, em biomassa de hortaliças, por hectare.

O índice de RECA indicou que a consorciação foi vantajosa e que seriam necessários, no mínimo, área 97% maior, para que no cultivo solteiro comercial, produza o equivalente, em biomassa de hortaliças, por hectare.

O índice de RDC indicou que o rabanete na consorciação teve desempenho de rendimento superior ao cultivo solteiro com espaçamento comercial e que o milho-verde na consorciação teve desempenho de rendimento similar ao cultivo solteiro com espaçamento comercial.

O índice de PGRR indicou que, individualmente, cada planta de rabanete na consorciação teve desempenho de rendimento superior a cada planta no cultivo solteiro com espaçamento comercial e que cada planta de milho-verde na consorciação teve desempenho de rendimento similar ao cultivo solteiro com espaçamento comercial.

No cultivo em consórcio houve menor incidência de brocas nos frutos do tomateiro, quando comparada ao cultivo solteiro comercial (S2), sendo de apenas 0,92% dos frutos colhidos.

O cultivo em consórcio proporcionou redução no uso da água em 55,91%, equivalente a produção de cada cultura no S2, ajustada a densidade populacional.

O cultivo em consórcio apresentou uma eficiência no uso do esterco superior a qualquer dos sistemas testados, produzindo 3,58 kg de hortaliças para cada quilo de esterco utilizado.

8. CONCLUSÕES

O consórcio das culturas rabanete, alface, brócolo, milho-verde e tomate mostrou-se viável do ponto de vista agrônomo, visto que, mesmo que a avaliação agrônoma indicou competição interespecífica para a maioria das culturas componentes do consórcio, ainda assim os resultados do sistema de consórcio indicaram valores superiores aos valores do sistema de cultivo solteiro para produtividade por unidade de área, para o melhor aproveitamento do esterco por unidade de área e pelo menor consumo de água por unidade produtiva.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A BLUEVISION DE ERNST GÖTSCH. Produção de Blue Vision. Rio de Janeiro: Blue Vision, 2018. (7:34 min), son. Color. Youtube. Disponível em: <<https://bluevisionbraskem.com/inteligencia/bluevision-de-ernst-gotsch>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

ANDRADE, Dayane. *Agricultura Sintrópica*. Agenda Gotsch. Disponível em: <www.agendagotsch.com.br/agricultura-sintropica/>. Acesso em: 1o fev. 2019.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; Pinho, R. G. V.; Borges, I. D.; Souza Filho, A. X. D.; Fiorini, I. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2008.

ALTIERI, Miguel A. Enhancing the productivity and multifunctionality of traditional farming in Latin America. **The International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 7, n. 1, p. 50-61, 2000.

ALTIERI, Miguel A. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 1, p. 35–42, 2004

ANDREWS, D. J.; KASSAM, A. H. **The importance of multiple cropping in increasing world food supplies**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, p. 1-10, 1976.

AZAM-ALI, S. N. et al. Light use, water uptake and performance of individual components of a sorghum/groundnut intercrop. **Experimental Agriculture**, v. 26, n. 4, p. 413-427, 1990.

BAI, Wei et al. Mixing trees and crops increases land and water use efficiencies in a semi-arid area. **Agricultural water management**, v. 178, p. 281-290, 2016.

BALASUBRAMANIAN, V; SEKAYANGE, L. Area harvests equivalency ratio for measuring efficiency in multiseason intercropping. **Agronomy journal**, v. 82, n. 3, p. 519-522, 1990.

BANIK, P. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1: 1 and 2: 1 Row-replacement series system. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 5, p. 289-294, 1996.

BEZERRA NETO, F. et al. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 189-192, 2005.

BHAGWAT, Shonil A. et al. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?. **Trends in ecology & evolution**, v. 23, n. 5, p. 261-267, 2008.

BROOKER, R. W.; et al. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. **New Phytologist**, v. 206, n. 1, p. 107-117, 2015.

CALDWELL, M. M., DAWSON, T. E., RICHARDS, J. H. Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants. **Oecologia**, v. 113, p. 151-161, 1998.

CALLAWAY, Ragan M.; WALKER, Lawrence R. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1958-1965, 1997.

CECÍLIO FILHO, Arthur Bernardes; REZENDE, Bráulio Luciano A.; CANATO, Gustavo Henrique D. Produtividade de alface e rabanete em cultivo consorciado estabelecido em diferentes épocas e espaçamentos entre linhas. **Horticultura Brasileira**, p. 15-19, 2007.

CECÍLIO FILHO, Arthur B. et al. Produtividade e classificação de brócolos para indústria em função da adubação nitrogenada e potássica e dos espaçamentos entre plantas. **Horticultura Brasileira**, p. 12-17, 2012.

CECÍLIO FILHO, Arthur B. et al. Agronomic efficiency of intercropping tomato and lettuce. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 3, p. 1109-1119, 2011.

CLEMENTE, Flávia M. V. T. (ed.). **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. Brasília: Embrapa, 2015.

COSKUN, D. et al. How Plant Root Exudates Shape the Nitrogen Cycle. **Trends in plant science**, v. 22, n. 8, 2017. p. 661-673

DA HORTA À FLORESTA. Produção de Dayana Andrade e Felipe Pasini. Brasília: Agenda Götsch, 2015. (15:20 min), son. color. Vimeo. Disponível em: <<https://www.agendagotsch.com/portfolio/da-horta-a-floresta/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

DAROLT, M. R.; LAMINE, C.; BRANDEMBURG, A. A diversidade dos circuitos curtos de alimentos ecológicos: ensinamentos do caso brasileiro e francês. **Revista Agriculturas**, v. 10, n. 2, p. 8-13, 2013.

DAROLT, Moacir Roberto. **Conexão Ecológica**: novas relações entre agricultores e consumidores. IAPAR, Instituto Agrônômico do Paraná, 2012.

DE BARROS I, GAISER T, LANGE FM, ROMHELD V. Mineral nutrition and water use patterns of a maize/cowpea intercrop on a highly acidic soil of the tropic semiarid. **Field Crops Research**, v.101, p. 26–36, 2007.

DE ALBUQUERQUE, M.B.; SANTOS, R.C.; LIMA, L.M.; MELO FILHO, P. D. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; CÂMARA, C. A. G.; RAMOS, A. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 31, n. 2, 2011.

DE SÁ JÚNIOR, Arionaldo et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2012.

DE WIT, C. T.; VAN DEN BERGH, J. P. Competition between herbage plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, p. 212-221, 1965.

DEGRI, M. M.; SAMAILA, A. E. Impact of intercropping tomato and maize on the infestation of tomato fruit borer [*Helicoverpa armigera* (Hubner)]. **Journal of Agricultural and Crop Research**, Londrina, v. 2, n. 8, p. 160-164, 2014.

DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo van Genuchten. **Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3, 00 beta)**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

FEDERER, W. T. **Statistical Design and Analysis for Intercropping Experiments, Volume I: Two Crops**. New York: Springer Series in Statistics, 1993.

FILGUEIRA, F. A. R.; OBEID, P. C.; MORAIS, H. J.; SANTOS, W. V.; FONTES, R., R. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

FREITAS JÚNIOR, Elias; DA SILVA, Euzébio Medrado. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 11, p. 1423-1428, 1984.

FUNDAMENTOS. Produção de Dayana Andrade e Felipe Pasini. Brasília: Agenda Götsch, 2013. (5:09 min), son. color. Vimeo. Disponível em:

<<https://www.agendagotsch.com/portfolio/fundamentos-1/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Ed. da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1994.

GÖTSCH, E. **O Renascer da Agricultura**. Centro Sabiá, Recife, 1996.

HIEBSCH, C. K.; MCCOLLUM, R. E. Area × time equivalency ratio: A method for evaluating the productivity of intercrops 1. **Agronomy Journal**, v. 79, n. 1, p. 15-22, 1987.

HORWITH, Bruce. A role for intercropping in modern agriculture. **BioScience**, v. 35, n. 5, p. 286-291, 1985.

JAYARAJ, S. Prudent suppression of pests. The Hindu Survey of Indian Agriculture, p. 187-190, 2002.

KELLER, J. KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. Glendora, California, USA, 1975.

LAMBERTS, Mary Louise. **Intercropping with potatoes**. Tese de Doutorado. Cornell University, May, 1980.

LI, L., LI, S.M., SUN, J.H., ZHOU, L.L., BAO, X.G., ZHANG, H.G., ZHANG, F. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus deficient soils. **Proceeding of the National Academy Sciences of the United States of American**, v.104, n.27, 2007.

LITHOURGIDIS, A., DORDAS, C., DAMALAS, C., VLACHOSTERGIOS, D. Annual intercrops: a alternative pathway for sustainable agriculture. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, p. 396-410, 2011.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Centro Nacional de Pesquisa de hortaliças, 5. Ed., Brasília-DF: Embrapa, 1996.

MEAD, R.; WILLEY, R. W. The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. **Experimental Agriculture**, v. 16, n. 3, p. 217-228, 1980.

MEDEIROS, M. A.; SUJII, E. R.; MORAIS, H. C. Fatores de mortalidade na fase de ovo de *Tuta absoluta* em sistemas de produção orgânica e convencional de tomate. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 72-80, 2011.

MICCOLIS, A. et al. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agorflorestal – ICRAF, 2016.

MOUSAVI, Sayed R.; ESKANDARI, Hamdollah. A general overview on intercropping and its advantages in sustainable agriculture. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, v. 1, n. 11, p. 482-486, 2011.

NAIR, PK Ramachandran. The coming of age of agroforestry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 9, p. 1613-1619, 2007.

NESPOLI, André et al. Consórcio de alface e milho verde sobre cobertura viva e morta em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, 2017.

NORDLUND, D. A.; CHALFAND, R. B.; LEWIS, W. J. Arthropod populations, yield and damage in monocultures and polycultures of corns, beans and tomatoes. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, v.11, p.353-367, 1984.

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

PASINI, F. S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro: Macaé, 2017. p.104.

POHL, M; POPE; K. O; JONES, J. G; JACOB. J. S; PIPERNO, D; FRANCE, S; GIFFORD, J; DANFORTH, M; JOSSERAND, L; KATHRYN, J. Early agriculture in the Maya lowlands. **Latin. American Antiquity**, n.7, 1996. pp.352-372.

QUEIROGA, Roberto Cleiton F. et al. Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 192-196, 2001.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 15 out. 2018.

RAM, S.; SINGH, S. Effect of intercropping of spices, cereal and root crops on the incidence of *Helicoverpa armigera* (Hub.) in tomato. **Vegetable Science**, v. 37, n. 2, p. 164-166, 2010.

SHIMING, L.; GLIESSMAN, S. R. **Agroecology in China: Science, Practice, and Sustainable Management**. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2016

SMITH, S. E, READ D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. New York, NY, USA: Academic Press, 2008.

SOLOS, Embrapa. **Manual de métodos de análise de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 1997.

SOUZA, J. L; et al. **Variedades de tomate para sistema orgânico**. Programa de agroecologia. Espírito Santo: Incaper, 2015.

TERÁN, S.; RASMUSSEN, C. **La Milpa de los Mayas**. Yucatán: Danida, México, 1994. 349 pp.

TERÁN, S; RASMUSSEN, C; MAY-CAUICH, O. **Las Plantas de la Milpa entre los Mayas**. Yucatán: Fundación Tun Ben Kin, 1998. 294 pp.

VANDERMEER, J. **The Ecology of Intercropping**. New York: Cambridge University Press, 1989. p. 1-231

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils 1. **Soil science society of America journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VAZ DA SILVA, P. P. Agroflorestas, clareiras e sustentabilidade. In: CANUTO, J. C. (editor técnico). **Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

VIDA EM SINTROPIA. Produção de Dayana Andrade e Felipe Pasini. Brasília: Agenda Götsch, 2015. (15:29 min), son. color. Vimeo. Disponível em: <<https://www.agendagotsch.com/portfolio/vida-em-sintropia/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

WALKER, D. H.; SINCLAIR, F. L. Acquiring qualitative knowledge about complex agroecosystems. Part 2: formal representation. **Agricultural Systems**, v. 56, n. 3, p. 365-386, 1998.

WEZEL, Alexander et al. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 34, n. 1, p. 1-20, 2014.

ZEGADA-LIZARAZU, W., IZUMI, Y., IIJIMA, M. Water competition of intercropped pearl millet with cowpea under drought and soil compaction stresses. **Plant Production Science**, v.9, p.123–132, 2006.