

PÂMELA GOMES NAKADA FREITAS

COBERTURAS DE SOLO E USO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES NO
PLANTIO DIRETO DA ALFACE CRESPA

Relatório de Pós-doutorado realizado na
Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências
Agrônômicas, Botucatu.

Supervisor: Prof. Dr. Antonio Ismael
Inácio Cardoso

Agência de fomento: Fundação Agrisus – Processo nº PA 3420/22

Botucatu
2024

1. Resumo

O sistema de plantio direto proporciona condições favoráveis para promover e manter a atividade de microrganismos eficientes no solo, devido a palhada permanente no solo. Esses microrganismos conseguem melhorar a utilização da matéria orgânica, na degradação e ciclagem dos nutrientes, tornando-os, assim, disponível para as plantas. Além de contribuir nas propriedades físico-químicas do solo, a utilização do manejo conservacionista permite reduzir o uso de adubos solúveis e agrotóxicos. Portanto, o objetivo do trabalho foi estudar o efeito de coberturas vegetais em sistema de plantio direto com e sem aplicação de microrganismos eficientes no solo na cultura da alface crespa. O experimento foi em parcela subdividida, com adubos verdes na parcela (70% *C. spectabilis*+30% milho; 70% feijão guandú anão+30% milho; 70% mucuna+30% milho; mucuna; *C. spectabilis* e teve o pousio: sem cobertura vegetal) e na subparcela foi com e sem aplicação no solo de microrganismos eficientes (EMs). O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. A espécie vegetal em rotação de cultura foi a alface crespa cultivar Vanda, que foi cultivada em dois ciclos consecutivos após a roçagem dos adubos verdes. O EM foi aplicado duas vezes, uma após a roçagem dos adubos verdes e a outra após o transplante das mudas no segundo ciclo da alface. As coberturas com *C. spectabilis* e mucuna, em cultivo solteiro, se destacaram na rotação de cultura proporcionando maior produção no primeiro ciclo, cultivado no inverno (28/06 a 02/08/23). No cultivo da alface houve melhor desempenho e rendimento quando não se aplicou microrganismos eficientes tanto no primeiro (inverno) como no segundo (primavera: 08/09 a 21/10/23) ciclo. Nota-se também menor produção no segundo ciclo de cultivo da alface devido à ausência de adubação após o primeiro ciclo e as intempéries que afetaram o seu desenvolvimento.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., adubos verdes, *Crotalaria spectabilis*, mucuna, feijão guandú anão, milho.

2. Introdução

Os efeitos das mudanças climáticas são desafios para a agricultura e para a segurança alimentar. Os sistemas de produção precisam se modificar para se tornarem mais resilientes diante dessas novas adversidades causadas pelo aquecimento global, de forma mais sustentável. Em hortaliças, particularmente, os sistemas de produção convencionais utilizam grande quantidade de insumos químicos e revolvimento do solo, acarretando contaminação e erosões no solo (RIBEIRO, 2016).

O sistema de plantio direto está se mostrando muito eficiente para grandes culturas, enquanto para hortaliças tem apresentado resultados interessantes, principalmente em cultivos orgânicos, com a utilização de adubos verdes que tem capacidade de aumentar os teores de carbono orgânico total (COT) e nutrientes (ANDRADE et al., 2012), além de auxiliar na redução de custo, visto que, segundo Fontanétti et al. (2006), a adubação apenas com insumos químicos tem se mostrado uma prática cara em função do grande volume necessário e a variação do preço.

Segundo Menezes e Silva (2008), é de fundamental importância o conhecimento da combinação dos adubos verdes mais apropriados, sendo esse um fator que varia em função das condições edafoclimáticas e morfofisiológicas dos adubos, podendo ser solteira ou consorciada.

Microrganismos eficazes (também conhecidos como EMs - “Efficient Microorganisms”), conforme os trabalhos de Pugas et al. (2013), são reconhecidos por sua capacidade de promover a mineralização de nutrientes e melhorar a disponibilidade de elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Esses microrganismos constituem um conjunto de organismos que, quando introduzidos no solo, contribuem para o aumento da diversidade microbiológica do ambiente. Eles desempenham um papel crucial na indução da decomposição da matéria orgânica, resultando na liberação de nutrientes de forma mais eficiente, beneficiando assim o crescimento das plantas.

Segundo a classificação de Andrade (2011), os microrganismos eficientes podem ser dividido em quatro grupos: leveduras, que utilizam substâncias que os vegetais utilizam para o crescimento; bactérias que produzem ácidos lácticos e eliminam microrganismos fitopatogênicos; bactérias fotossintéticas que liberam substâncias que estimulam o crescimento vegetal e aumentam populações de outros microrganismos benéficos, como actinomicetos, fungos micorrízicos e fixadores de nitrogênio; actinomicetos, que equilibram a população de fungos e bactérias fitopatogênicas.

A alface é considerada uma das principais hortaliças consumidas no Brasil, e cada vez mais a população está buscando por alimentos mais saudáveis, sem a utilização de insumos sintéticos e agrotóxicos. Portanto, diante dos novos desafios de produção e trabalhos promissores em práticas como o sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH) e a utilização de microrganismos eficientes (EM) que este trabalho foi executado, com o objetivo de implantar diferentes coberturas vegetais em sistema de plantio direto com e sem aplicação de microrganismos eficientes no solo.

pH	P _{resina}	M.O.	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	m
(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						% %		
6,5	220	14	9	0	3,3	62	12	77,3	86,3	90	0
B	Cu	Fe	Mn	Zn							
mg dm ⁻³											
0,14	1,5	12	15,2	6,2							

Além da adubação mineral, foi aplicado $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ de cama de aves curtido e incorporado com enxada rotativa encanteiradora nas duas áreas (Imagem 1A). Para evitar o ataque de pássaros ou qualquer outro animal a fim de evitar alimentação com alguma semente exposta, foram colocados sacos bolha amarrados em estacas, pois com presença de vento e sua movimentação, acreditou-se que pudesse assustá-los (Imagem 1B).

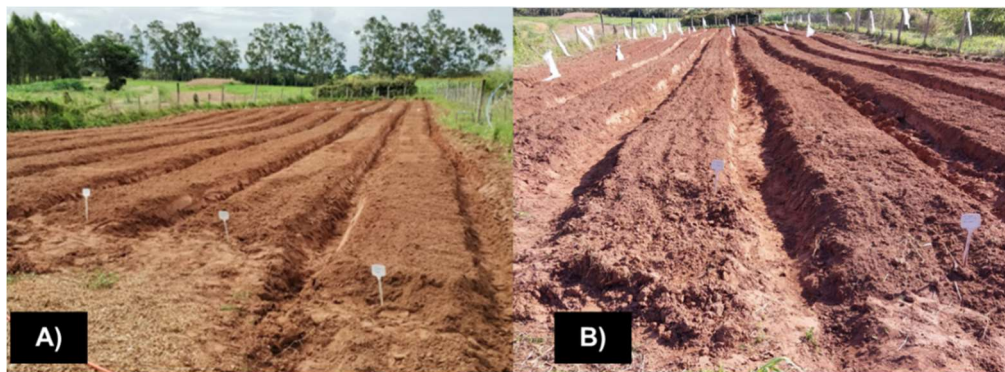


Imagem 1. Área experimental com os canteiros já levantados e incorporados os adubos mineral e orgânico (A) e área experimental com a presença de estacas com saco bolha para espantar animais (B).

A semeadura dos adubos verdes foi realizada manualmente no dia 17 de março de 2023 e em alguns canteiros foi feita abertura de linhas com um equipamento simples, adaptado e confeccionado com madeira (Imagem 2A). Para as sementes graúdas como de mucuna (Imagem 2B), foi realizada em linha e as demais a lanço e posteriormente foi passado o rastelo para incorporação. A média da germinação estava em 75%, portanto, foi feita a correção da quantidade de sementes para obtenção de estande adequado para os tratamentos desta pesquisa (Tabela 3). A irrigação foi em sistema de aspersão.



Imagem 2. Abertura das linhas de sementeira (A) e sementes de mucuna semeadas em linhas (B).

Tabela 3. Quantidade de sementes semeadas por hectare de cada tratamento seguindo as respectivas coberturas vegetais.

Tratamentos/ Parcelas (coberturas vegetais)				
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	70% feijão guandú anão+30% milho	70% mucuna+30% milho	mucuna	<i>C. spectabilis</i>
72 kg ha ⁻¹ +31 kg ha ⁻¹	181 kg ha ⁻¹ +31 kg ha ⁻¹	289 kg ha ⁻¹ +31 kg ha ⁻¹	413 kg ha ⁻¹	103 kg ha ⁻¹

O experimento foi em parcela subdividida (Imagem 3), com adubos verdes na parcela (70% *C. spectabilis*+30% milho; 70% feijão guandú anão+30% milho; 70% mucuna+30% milho; mucuna; *C. spectabilis* e teve o pousio: sem cobertura vegetal) e na subparcela foi com e sem aplicação no solo com microrganismos eficientes (EMs). O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições e cada parcela foi composta de 9,0 m.

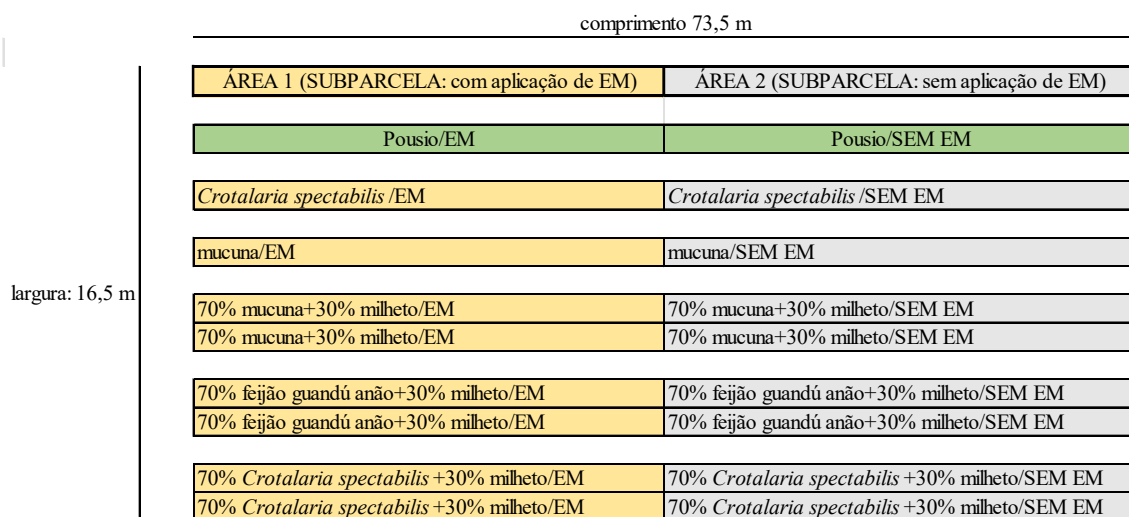


Imagem 3. Croqui da área experimental constando as parcelas com as coberturas vegetais e as subparcelas com e sem aplicação de microrganismos eficientes (EMs).

Segundo a Tabela 4 nota-se considerável quantidade de nematoides e ovos em solo e raiz (berinjela) na área experimental de pesquisa anterior.

Tabela 4. Nematoides e ovos em amostras de solo e raiz na área experimental.

Nematoides	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	Solo ¹	Raiz ²	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0
<i>Meloidogyne</i> sp.	53000	4000	34860	3600	45980	8350	10920	5500	11800	4500
Ovos	2100	51040	6580	39300	13200	75310	2520	45600	2970	15700

¹Solo: Jenkins (1964): 250 mL

²Raiz: Coolen; D'Herde (1972): 10 g de raiz

Devido a elevada incidência de nematóides, foi aplicado o produto Quartzo[®] (nematicida biológico que contém *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis*) via solo no dia 30 de março de 2023 na dose de 300 g ha⁻¹.

Para captura dos microrganismos, adotou-se a metodologia de Casali (2020), distribuindo arroz cozido sem sal em calhas de bambu, cobertos com tela fina visando proteger contra-ataques de animais que poderiam se alimentar (Imagem 4A).

Estes itens foram colocados na mata virgem da FCAT, com limpeza da serapilheira ao redor das armadilhas para garantir a captura dos EMs desta biodiversidade. Após sete dias foi o suficiente para detectar as colorações no arroz que variaram entre vermelho, amarelo, laranja e branco (Imagem 4B).



Imagem 4. Bambu cortado ao meio para alocar arroz cozido sem sal para captura dos microrganismos eficientes (EMs) (A) e EMs colonizados de cor vermelha, amarela, laranja e branca (B).

O arroz colorido foi distribuído em cinco garrafas de plástico de 2 L e foi colocado 200 mL de melaço em cada garrafa e completado com água filtrada (sem cloro) que ficou em repouso por 24 horas para garantir a eliminação de qualquer cloro (Imagem 5A). As garrafas foram fechadas para fermentação anaeróbia e deixadas à sombra por 20 dias. A cada 2 dias, ou conforme o estufamento das garrafas devido a elevada produção de gases, elas foram abertas e amassando o meio para expulsão dos gases, bem rapidamente, permitindo que o processo continuasse sem que entrasse oxigênio no interior. O processo foi finalizado quando não havia mais estufamento das garrafas. Ao final, o líquido dos EMs resultou em coloração alaranjada (Imagem 5B) com cheiro adocicado. Segundo Casali (2020), se bem armazenado, este produto pode ser armazenado por um ano.



Imagem 5. Garrafa PET com melaço inicialmente para ativação dos microrganismos eficientes (EMs) (A) e após 20 dias da ativação dos EMs (B) finalizado o processo com coloração mais clara.

Os EMs foram aplicados duas vezes, uma após a roçagem das coberturas vegetais e a outra após o transplântio das mudas do segundo ciclo da alface.

Quanto ao desenvolvimento das coberturas vegetais, na Imagem 6A tem-se uma visualização aos 9 dias após a semeadura (DAS), na Imagem 6B aos 18 DAS e aos 25 DAS (Imagens 7 a 11).



Imagem 6. Coberturas vegetais aos 9 dias após a semeadura (DAS) (A) e 18 DAS (B).

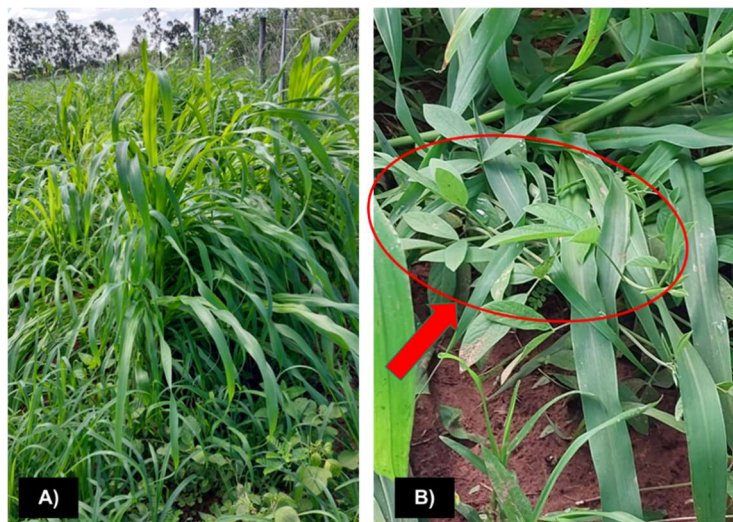


Imagem 7. Coberturas vegetais 70% feijão guandú anão + 30% de milho aos 25 (DAS) (A) e (B) em vermelho é o feijão guandú anão em desenvolvimento.

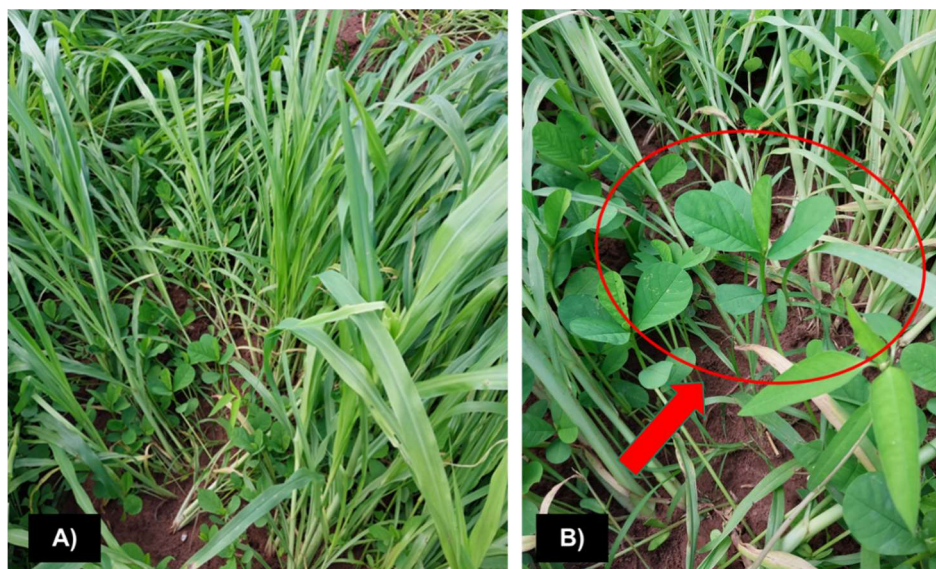


Imagem 8. Coberturas vegetais 70% *Crotalaria. Spectabilis* + 30% de milho aos 25 (DAS) (A) e (B) em vermelho é a *C. spectabilis* em desenvolvimento.



Imagem 9. Coberturas vegetais 70% mucuna + 30% de milho aos 25 (DAS) (A) e (B) em vermelho é a mucuna em desenvolvimento.



Imagem 10. Cobertura vegetal de mucuna (A) aos 25 DAS e (B) estrutura trepadora da planta se enrolando na estaca de madeira.



Imagem 11. Cobertura vegetal de *Crotalaria spectabilis* aos 25 DAS.

As coberturas vegetais foram conduzidas até o início do florescimento e roçadas no dia 12/05/2023, com um ciclo total de 61 dias. O resultado antes (imagem 12-1) e depois da roçada (imagem 12-2) pode ser visto na imagem a seguir:

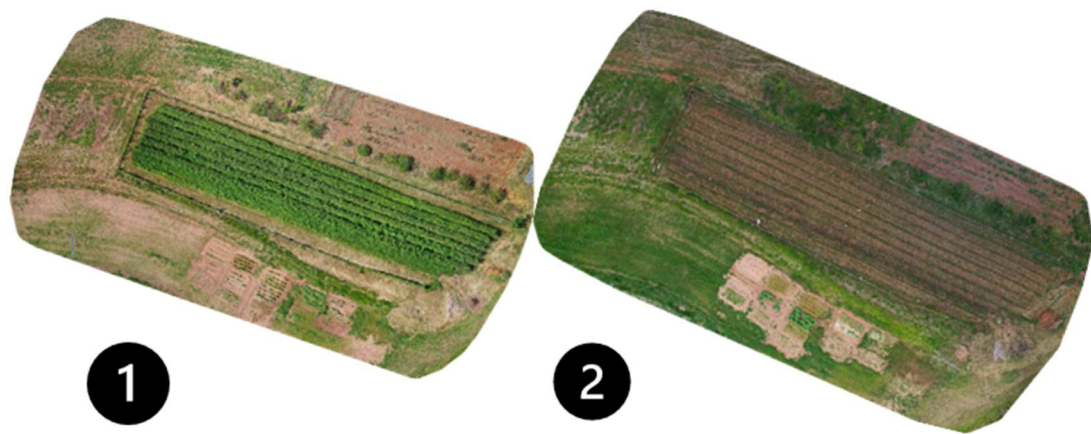


Imagem 12. Vista aérea fotografada por drone durante o ciclo dos adubos verde e pós a roçagem.



Imagem 13. Roçagem dos adubos verdes

Esperou-se 10 dias após a roçagem para coletar a matéria seca das coberturas vegetais. Com o auxílio de um quadrado metálico de 0,25 m² de área realizou-se a amostragem de três pontos ao acaso em cada parcela. Em seguida o material coletado foi levado para estufa com circulação de ar forçada a 65°C durante 5 dias.

No dia 23/06/2023 realizou-se a 1^a aplicação dos EM. Foi utilizado para a aplicação uma bomba costal (20 L) própria para aplicar produtos biológicos, numa proporção de 20 L de água para 100 mL da solução com os microrganismos. A aplicação foi realizada no fim da tarde e na sequência a área foi irrigada durante 2 horas para a

população de microrganismos conseguir ultrapassar a palhada e povoar os primeiros centímetros de solo. A segunda aplicação dos EM aconteceu antes do transplântio do segundo ciclo da alface, no dia 07/09/2023.

O sistema de irrigação utilizado no cultivo da alface foi de aspersão convencional composto por duas linhas com oito aspersores cada linha, no espaçamento de 12 metros entre aspersores na linha e 12 metros entre as linhas de irrigação, de forma a obter uma boa uniformidade de aplicação com uma lâmina líquida de $7,18 \text{ mm h}^{-1}$ em uma pressão de serviço $2,0 \text{ Kgf cm}^{-2}$. Para determinação das lâminas de irrigação foi adotado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (1942) (Imagem 14), com mínimo de 85% de uniformidade, que foi avaliado após a instalação do sistema de irrigação e ajustado por meio do tempo de funcionamento do sistema. O período de irrigação foi de 40 minutos na parte da manhã e 40 minutos na parte da tarde.



Imagem 14. Teste de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), UNESP, Dracena-SP, 2023.

Para o cultivo da alface crespa Vanda, foram adquiridas 5.000 mudas em uma casa agropecuária situada na cidade de Dracena-SP. As mudas foram transplantadas em espaçamento de $0,3 \times 0,3\text{m}$ (Imagem 15), no dia 28/06/2023. A colheita foi realizada no dia 11/08/2023, quando as plantas visualmente chegaram no padrão comercial (Imagem 16).



Imagem 15. Transplantio da alface na palhada

O segundo ciclo da alface foi de 8/09/2023 até 21/10/2023, seguindo a mesma metodologia do primeiro ciclo.



Imagem 16. Estádio de colheita da alface crespa Vanda

Foram avaliadas as seguintes características na alface (Imagem 17): massa fresca e massa seca de parte aérea, número de folhas, altura de planta, comprimento e diâmetro do caule e produtividade.

Já para as características de solo foram avaliadas resistência a penetração do solo e umidade gravimétrica no dia 12/08/23 com o aparelho penetroLOG®, realizado após a colheita do primeiro ciclo da alface.

Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando houve diferença significativa, foi aplicado teste de Tukey para as coberturas vegetais, e teste t para os microrganismos eficientes, todos ao nível de 5% de probabilidade.



Imagem 17. Comprimento (A) e diâmetro do caule (B), altura de planta (C).

4. Resultados e Discussão

Quando em consórcio de duas espécies (uma leguminosa (crotalária, feijão guandú anão e mucuna) + milho (gramínea)) houve maior produção de massa seca em comparação ao cultivo solteiro só com as leguminosas (que não diferiram entre si), produzindo, em alguns casos, mais de 100% a mais de massa seca no consórcio em relação ao cultivo solteiro (Tabela 5). Os consórcios produziram mais massa devido a presença do milho que tem desenvolvimento mais rápido, plantas de porte mais elevado em relação às leguminosas do presente trabalho e vale destacar que devido esse rápido desenvolvimento, foi difícil de verificar a presença das outras espécies de leguminosa no meio do milho. Na média dos três consórcios houve a produção de $6,3 \text{ t ha}^{-1}$, valor muito próximo ao encontrado por Marangoni et al. (2017) que foi de $6,2 \text{ t ha}^{-1}$ apenas na produção do milho.

Tabela 5. Massa seca das coberturas vegetais. Dracena – SP, 2023.

Cobertura vegetal	Massa seca cobertura vegetal (t ha ⁻¹)
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> + 30% milho	5,8 a ¹
70% feijão guandú anão + 30% milho	6,9 a
70% mucuna + 30% milho	6,3 a
<i>Crotalaria spectabilis</i>	2,0 b
Mucuna	3,2 b
CV (%) ²	21,2

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

²CV (%): coeficiente de variação.

A interação entre coberturas e a utilização de EM não foi significativa para as características de resistência à penetração nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, bem como para unidade gravimétrica nas respectivas profundidades.

Os tratamentos mucuna e pousio obtiveram as maiores resistências a penetração em ambas as camadas de solo estudadas após o primeiro ciclo da alface e a crotalária e os consórcios de milho + leguminosas (crotalária, feijão guandú e mucuna) foram os de menores valores (Tabela 6), entretanto, todos os tratamentos obtiveram médias menores que o valor considerado como compactado que é de 2,5 MPa, segundo Canarache (1990). Esses menores valores podem ser explicados devido ao maior potencial de enraizamento e colonização mais superficial do solo com a gramínea (milho), sistema radicular fasciculado e superficial, resultando na maior formação de agregados e reduzindo a resistência a penetração.

A umidade do solo não influenciou os valores obtidos de resistência à penetração, pois estavam todos próximos à capacidade de campo e não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de resistência a penetração (RP1 e RP2) e umidade gravimétrica (Ug1 e Ug2) do solo, nas camadas de 0-0,10m (RP1 e Ug1) e de 0,10-0,20m (RP2 e Ug2). Dracena - SP, 2023.

Coberturas vegetais	RP1 (MPa)	RP2 (MPa)	Ug1 (%)	Ug2 (%)
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> + 30% milho	0,062 b ¹	0,003 b	17,790	16,190
70% feijão guandú anão+30% milho	0,186 a	0,004 b	19,405	19,430
70% mucuna + 30% milho	0,033 b	0,004 b	18,380	18,915
<i>Crotalaria spectabilis</i>	0,041 b	0,003 b	14,365	14,835
Mucuna	0,196 a	0,125 a	14,730	14,975
pousio	0,182 a	0,295 a	14,445	14,110
Subparcelas				
Com EM	0,095 b	0,068	15,183	15,935
Sem EM	0,138 a	0,077	16,568	16,231

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Primeiro ciclo da alface após cultivo das coberturas vegetais (transplante dia 28/06/23 e colheita dia 02/08/23)

Não houve interação significativa para as características de massa seca de planta, número de folhas, altura de parte aérea, comprimento de caule e diâmetro de caule. Foi significativo apenas para os fatores isolados.

Embora tenha ocorrido maior produção de massa seca das coberturas vegetais nos consórcios, promovendo maior cobertura e esperando trazer maior contribuição de matéria orgânica no perfil do solo (Tabela 5), nota-se nas características de massa seca de planta, número de folhas, altura de parte aérea, comprimento de caule e diâmetro de caule, que houve melhor desempenho nas parcelas com adubos verdes de *C. spectabilis* e mucuna em solteiro em relação aos consórcios, bem como comparado ao pousio (Tabela 7). Acredita-se que devido a alface ter um ciclo curto e as leguminosas possuírem menor relação C/N, em torno de 10 a 12/1 (AMBROSANO et al., 2016), deve ter ocorrido mineralização mais rápida da matéria orgânica e disponibilizado mais rápido os nutrientes. Além disso, os microrganismos também necessitam de nitrogênio para sua sobrevivência e processo de decomposição da matéria orgânica e nas parcelas em consórcio pode ter se prejudicado quanto as características agronômicas da alface. Outra hipótese seria o efeito antagônico da *C. spectabilis* e mucuna aos nematoides presentes na área no ciclo anterior que já foi relatado na Tabela 4.

Tabela 7. Massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA), comprimento de caule (CC) e diâmetro de caule (DC) de alface em plantio direto em função de coberturas vegetais. Dracena - SP, 2023.

Cobertura vegetal	MSPL (g)	NF	ALTPA (cm)	CC (cm)	DC (cm)
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	5,8 b	14,5 b	17,3 b	2,0 b	1,4 b
70% feijão guandú anão+30% milho	6,7 b	14,6 b	17,3 b	2,1 b	1,6 b
70% mucuna+30% milho	6,3 b	15,0 b	18,0 b	2,2 b	1,6 b
<i>Crotalaria spectabilis</i>	10,8 a	19,6 a	22,6 a	3,7 a	2,3 a
Mucuna	9,9 a	18,1 a	21,5 a	3,2 a	2,1 a
Pousio	6,4 b	14,0 b	16,1 b	2,3 b	1,4 b

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Sabe-se que os microrganismos eficientes são benéficos na ciclagem de nutrientes decompondo a matéria orgânica (CASALI, 2020). A proposta da aplicação dos EMs eram de acelerar a mineralização do material vegetal implantado em área para produção de alface em sistema de plantio direto. No entanto, segundo a Tabela 8, nota-se que os resultados foram contrários ao esperado neste primeiro ciclo, pois houve melhor desempenho para as características de massa seca de planta, altura de parte aérea e comprimento de caule nas subparcelas que não foram aplicados os EMs. Ainda deve-se considerar que houve adubação mineral e orgânica apenas na implantação das coberturas vegetais não realizado em nenhum outro momento, nem de plantio nem de cobertura da alface. Nas áreas havia teores diferentes de fertilidade, assim foi ajustado o mais próximo possível a adubação para igualar o nível de fertilidade, no entanto, na área que aplicou-se o microrganismo eficiente e que se esperava aumentar a produção devido a mineralização mais rápida, isso não ocorreu, talvez pelo motivo que havia menor teor de fósforo de 71 mmolc dm⁻³ na área que aplicou-se os EMs contra 220 mmolc dm⁻³ comparado a área sem aplicar, bem como quanto ao cálcio com 31 e 62 mmolc dm⁻³, respectivamente (Tabela 1 e 2).

Quanto ao número de folhas e diâmetro de caule, não houve diferença significativa.

Tabela 8. Massa seca de planta (MSPL), número de folhas (NF), altura de parte aérea (ALTPA), comprimento (CC) e diâmetro de caule (DC) de alface em plantio direto em função da aplicação de microrganismos eficientes. Dracena – SP, 2023.

Microrganismos eficientes (EM)	MSPL (g planta ⁻¹)	NF	ALTPA (cm)	CC (cm)	DC (cm)
COM	7,0 b ¹	15,0 a	18,3 b	2,4 b	1,6 a
SEM	8,3 a	16,1 a	19,3 a	2,8 a	1,8 a

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Para as características de massa fresca de parte aérea e produtividade, houve efeito significativo para a interação entre as coberturas vegetais e a aplicação, ou não, dos EMs (Tabela 9). Tanto com como sem aplicação de EMs, a crotalária e a mucuna se destacaram quanto a massa fresca de parte aérea por planta em relação às demais coberturas bem como ao pousio sem haver diferença significativa entre estes tratamentos com coberturas solteiras. Na comparação em cada cobertura vegetal considerando aplicar ou não os EMs, apenas no consórcio de crotalária + milho e crotalária em solteiro, sobressaiu quando não houve a aplicação dos EMs. Já nas demais coberturas e no pousio, não houve diferença entre aplicar ou não essa biota para acelerar a decomposição da matéria orgânica e beneficiar a cultura.

A produtividade da alface foi maior nas coberturas de crotalária (18,3 t ha⁻¹) e mucuna (19,4 t ha⁻¹) em solteiro quando foi aplicado os EMs, também superior na crotalária sem aplicação de EMs (29,3 t ha⁻¹), com valores intermediários para as demais coberturas e menor produtividade no pousio sem EMs (10,8 t ha⁻¹). Ainda para produtividade da alface ‘Vanda’ comparando aplicar ou não os EMs, nas subparcelas que não se aplicaram, houve superioridade para a não aplicação apenas na crotalária + milho e na crotalária em solteiro.

Tabela 9. Massa fresca de parte aérea e produtividade de alface em função do cultivo sob plantio direto com diferentes coberturas vegetais e da aplicação de microrganismos eficientes. Dracena – SP, 2023.

Coberturas vegetais	Massa fresca de parte aérea (g planta ⁻¹)	
	Microrganismos eficientes (EM)	
	COM	SEM
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	65,9 Bb ¹	107,4 Ab
70% feijão guandú anão+30% milho	95,5 Ab	98,5 Ab
70% mucuna+30% milho	81,2 Ab	107,8 Ab
<i>Crotalaria spectabilis</i>	163,9 Ba	262,9 Aa
Mucuna	173,3 Aa	174,2 Aa
Pousio	66,8 Ab	96,6 Ab

Coberturas vegetais	Produtividade (t ha ⁻¹)	
	COM	SEM
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	7,5 Bb	12,1 Ac
70% feijão guandú anão+30% milho	10,7 Ab	11,1 Ac
70% mucuna+30% milho	9,1 Ab	12,1 Ac
<i>Crotalaria spectabilis</i>	18,3 Ba	29,3 Aa
Mucuna	19,4 Aa	19,5 Ab
Pousio	7,6 Ab	10,8 Ac

¹Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey na comparação entre as coberturas vegetais e teste t para comparar médias entre presença e ausência dos microrganismos eficientes, ambos a 5% de probabilidade.

Segunda colheita do primeiro ciclo da alface após cultivo das coberturas vegetais (transplante dia 28/06/23 e colheita no dia 11/08/23)

Segundo os dados obtidos da avaliação de produção da alface (Tabela 10), observa-se diferença significativa para todas as características (massa fresca de planta, massa seca de planta, altura da parte aérea e produtividade) nas subparcelas onde não se aplicou os microrganismos eficientes. Para a produtividade, obteve-se valor 26% superior com a não utilização de EMs (Tabela 10). Segundo Matos (2016), os organismos do solo podem ter a capacidade de ter interações negativas com as plantas, como por exemplo a competição. Isso pode ocorrer devido à alta relação C/N (70/1 a 80/1), fazendo com que os microrganismos consumam o carbono e nitrogênio disponível da palhada e, consequentemente, ocasionando um déficit desses nutrientes para a alface. Segundo Granjeiro et al. (2006), o nitrogênio é um dos principais nutrientes para o desenvolvimento da alface e, consequentemente, nestas características analisadas, corroborando com os valores mais elevados para o tratamento que

não foi aplicado EM. Santos (2022), em seu trabalho com aplicação de microrganismos em alface, concluiu que a utilização de EM interferiu negativamente no desenvolvimento da alface.

Tabela 10. Massa fresca de planta (MFPL), massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA) e produtividade de alface (PD) em função de aplicar ou não microrganismos eficientes via solo. Dracena-SP, 2023.

Microrganismos Eficientes (EM)	MFPL (g)	MSPL (g)	ALTPA (cm)	PD (t ha ⁻¹)
COM	154 b ¹	10,4 b	18,5 b	17,1 b
SEM	207 a	12,5 a	20,3 a	23,0 a

¹Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Para as características de número de folha (21,8), comprimento (3,6 cm) e diâmetro de caule (2,2 cm) não houve diferença significativa. Ao avaliar o efeito da utilização de EM por curto período, SABKA (2021) também não observou diferença para número de folhas em condições de primavera e inverno na cidade de Santa Cruz do Sul-RS.

Segundo ciclo da alface (transplante dia 08/09/2023 e colheita dia 21/10/2023)

Após o segundo cultivo da alface, que vale destacar onde não houve nenhuma adubação adicional durante o manejo, mas apenas antes da implantação das coberturas vegetais, houve superioridade para todas as características avaliadas da alface quando não se aplicou os EMs, sendo superior para massa fresca (116,9 g), massa seca (10,7 g), número de folhas por planta (23,9), altura de parte aérea (15,8 cm), comprimento (5,8 cm) e diâmetro de caule (1,8 cm) e produtividade de alface (13,0 t ha⁻¹) (Tabela 11).

Quando comparado a produtividade da primeira colheita da alface sem aplicação de EM com a segunda colheita sem aplicação também, nota-se uma diminuição por volta de 57%. Essa queda de produtividade está diretamente ligada às condições ambientais desfavoráveis para cultivo da alface, como pode ser visto na Figura 1. Para Rodrigues, (2019), a produção da alface crespa é favorecida quando a faixa de temperatura oscila entre 15°C e 25°C. Na maior parte do segundo ciclo da alface, a temperatura ficou acima da recomendada e com baixa umidade do ar, condições essas que podem ter implicado

nos resultados maiores para comprimento e diâmetro de caule (Tabela 6), características indesejáveis, pois a alface foi induzida ao florescimento (ou pendoamento) precoce, estimulando a produção de látex, fator que prejudica o padrão de comercialização da alface, tornando-a amarga.

Outra situação pode ter sido a não aplicação de nitrogênio, desfavorecendo o desenvolvimento da cultura.

Tabela 11. Massa fresca de planta (MFPL), massa seca de planta (MSPL), número de folhas por planta (NF), altura de parte aérea (ALTPA), comprimento de caule (CPCaule), diâmetro de caule (DCaule) e produtividade de alface (PD) em função de aplicar ou não microrganismos eficientes via solo. Dracena-SP, 2023.

EM	MFPL (g)	MSPL (g)	NF	ALTPA (cm)	CC (cm)	DC (cm)	PD (t ha ⁻¹)
COM	78,5 b ¹	6,7 b	18,8 b	13,6 b	4,5 b	1,4 b	8,7 b
SEM	116,9 a	10,7 a	23,9 a	15,8 a	5,8 a	1,8 a	13,0 a

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

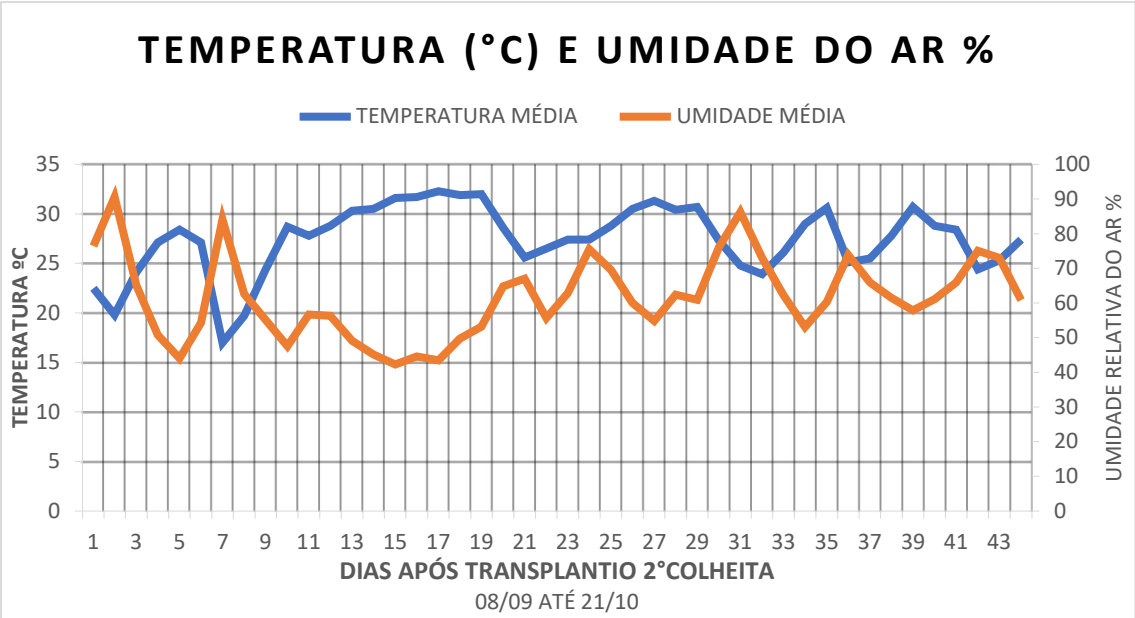


Figura 1. Dados climáticos de temperatura e umidade relativa no segundo ciclo do cultivo da alface sob diferentes coberturas vegetais e aplicação ou não com microrganismos eficientes. Dracena-SP, 2023.

5. Conclusão

Considerando as cinco coberturas vegetais, as coberturas com *Crotalaria spectabilis* e mucuna em solteiro se destacaram em produção no primeiro ciclo, cultivado no inverno.

No cultivo da alface crespa cultivar Vanda houve melhor desempenho e rendimento quando não se aplicou microrganismos eficientes tanto no primeiro (inverno) como no segundo ciclo (primavera) de cultivo após as coberturas vegetais.

Nota-se também menor produção no segundo ciclo de cultivo da alface devido à ausência de adubação em cobertura e as intempéries que afetaram o seu desenvolvimento e rendimento.

6. Agradecimentos

À Agrisus pelo financiamento do projeto e bolsa de iniciação científica.

7. Referências.

- AMBROSANO, E. J., WUTKE, E. B., SALGADO, G. C., ROSSI, F., DIAS, F. L. F., TAVARES, S., OTSUK, I. P. Caracterização de cultivares de mucuna quanto a produtividade de fitomassa, extração de nutrientes e seus efeitos nos atributos do solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.
- ANDRADE, A. P.; MAFRA, A. L.; PICOLLA, C. D.; ALBUQUERQUE, J. A.; BERTOL, I. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, 2012.
- ANDRADE, F. M. C. **Cadernos dos microrganismos eficientes (EM):Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM**. 2 Ed. Viçosa: [sn], 2011. 32 p.
- CASALI, V. W. D. **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM)**. 3 Ed. Editora UFV. Viçosa-MG, 2020. 31 p.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkely: University of California, 1942. 124 p.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agriculture Research Center, 1972. 77 p.
- FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.
- GRANGEIRO, L. C.; COSTA, K. R.; MEDEIROS, M. A.; SALVIANO, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S. L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 190–194, 2006.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.629, 1964.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo. Piracicaba: ESALQ**. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/portais-de-pesquisa/livros-abertos-da-esalq>> Acesso em: 24 jun. 2024.
- MARANGONI, R. E., DA SILVA ARAÚJO, L., DE SOUZA VALENTE, M., SILVA, L. G. B., DA SILVEIRA, P. M., DA CUNHA, P. C. R. Produção de fitomassa seca de guandu-anão e milheto e a decomposição das palhadas sob cultivo do feijoeiro. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 11, n. 2, p. 119-127, 2017.

- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, JÁ; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1997. 285 p.
- PUGAS, A. S; GOMES, S. S; DUARTE, A. P. R.; ROCHA, F. C. R.; SANTOS, T. E. M. S. Efeito dos microrganismos eficientes na taxa de germinação e no crescimento da Abobrinha (*Curcubita pepo* L.). **Cadernos de Agroecologia**, [sl], v. 8, n. 2, p.1-5, 2013.
- RIBEIRO, A. M. **Poluição do solo agrícola e fontes hídricas pelo uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes**. Paranaíba, 2016. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_cien_unesparparanavai_armeniomarquesribeiro.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- RODRIGUES, P. **Novas cultivares de alface crespa suportam até dez dias mais o calor**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45214606/novas-cultivares-de-alface-crespa-suportam-ate-dez-dias-mais-o-calor#:~:text=seu%20pleno%20desenvolvimento.->>>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- SABKA, V. S. **Aplicação de biofertilizante na produção de alface (*Lactuca sativa* L.)**. <<https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1981>>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- SANTOS, P. C. O.; SOUZA, F. R. C.; OLIVEIRA, D. K.; FLORENTINO, L. A.; BIANCHINI, H. C. Utilização de microrganismos eficazes no processo de compostagem no cultivo de alface. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**, v., p. 190–197, 2022.