



Foto: Rosângela Maria Simeão

COMUNICADO
TÉCNICO

164

Brasília, DF
Novembro, 2022

Embrapa

Forrageiras para rotação de culturas na produção do milho em sistema Integração Lavoura-Pecuária na região Central de Minas Gerais

Rosângela Maria Simeão
Emerson Borghi
Celso Dornelas Fernandes
Miguel Marques Gontijo Neto
Dagma Dionísia da Silva
Camilo de Lelis Teixeira Andrade



Forrageiras para rotação de culturas na produção do milho em sistema Integração Lavoura-Pecuária na região Central de Minas Gerais¹

¹ Rosângela Maria Simeão, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte. Emerson Borghi, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. Celso Dornelas Fernandes, pesquisador da Embrapa Gado de Corte. Miguel Marques Gontijo Neto, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. Dagma Dionísia da Silva, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. Camilo de Lelis Teixeira Andrade, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

Introdução

O estado de Minas Gerais ocupa o primeiro lugar nacional na produção de grãos de milho na primeira safra agrícola e responde por 18% de toda produção nacional com base na média de 2021 e 2022 (IBGE, 2022). Na segunda safra agrícola, a classificação do Estado cai para o 5º lugar e contribui com 3% da produção nacional. Em termos de rendimento médio por hectare, na primeira safra, as lavouras de milho-grão de Minas Gerais estão em 5º lugar, com uma produtividade média de 7 t ha⁻¹, enquanto a média dos quatro primeiros estados produtores é de 9 t ha⁻¹ (DF, MS, GO, PR) (IBGE, 2022).

Inúmeros fatores contribuem para a menor produtividade do milho em Minas Gerais, o primeiro deles é a dependência dos produtores por precipitação no cultivo da primeira safra agrícola. Esse fator ambiental tem se mostrado bastante variável e instável nos últimos anos. As datas de semeadura, de acordo com o ZARC (Zoneamento Agrícola de

Risco Climático), para um menor risco e frustração na produção, indicam uma janela estreita, basicamente com semeadura no mês de outubro, inclusive para produção de silagem de milho (MELO et al., 2021). Outro fator importante, determinante para a menor produtividade, é a baixa fertilidade natural dos solos, os quais são caracterizados pela grande necessidade de aplicação de fertilizantes e corretivos (AMARAL et al., 2004).

Práticas de manejo, tais como o uso do sistema plantio direto (SPD), em sua essência, preconizado pelo não revolvimento do solo, cobertura permanente do solo e a rotação de culturas, são grandes desafios a serem enfrentados nesta região, principalmente pela forma de exploração agrícola associada à precipitação. Uma das estratégias de compor modelos de sistemas de cultivo para ampliar as oportunidades tanto para agricultores, quanto para pecuaristas, é a consorciação de culturas anuais com forrageiras perenes, pois esta prática procura manter e/ou promover o aumento do rendimento de grãos

e a qualidade do solo, com menor impacto ambiental (SOUSA et al., 2019).

Tais práticas são essenciais para os solos encontrados nas regiões produtivas dos biomas Cerrados e Mata Atlântica de Minas Gerais. Nesse aspecto, o uso de plantas de cobertura que proporcionem o alicerce produtivo para a cultura do milho, em sistema plantio direto e na Integração Lavoura-Pecuária, proporcionam inúmeros benefícios ao sistema produtivo, especialmente na ciclagem de nutrientes, na redução da degradação do solo e da erosão. O resultado final é a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o que ajuda a mitigar os impactos ambientais causados pelo uso da terra (SOUSA et al., 2019).

Baseados nesses propósitos múltiplos, para identificar modalidades de cultivo e uso do solo intensificados, nesse trabalho foi avaliada a produção de biomassa seca de diferentes leguminosas forrageiras e de uma gramínea em diferentes modalidades de cultivo, bem como os efeitos dessas forrageiras na produção de biomassa da silagem e de grãos da cultura do milho.

Metodologia

O experimento foi conduzido na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, (19° 27' 20" S, 44° 10' 21" W, a 725 m de altitude). A temperatura média anual da série histórica (1927 - 2013) é de 21,9°C. O período chuvoso concentra-se de outubro a março e a estiagem de abril a

setembro, sendo a precipitação pluvial média anual de 1.345 mm (BORGES JÚNIOR et al., 2017). A região apresenta clima tropical, classificado como Cwa, conforme Köppen, com verões quentes e chuvosos e inverno seco. A pluviosidade e a temperatura média decendiais do período de realização dessa experimentação é apresentada na Figura 1.

O experimento foi conduzido por cinco anos agrícolas consecutivos (2016/17 a 2021/22). Neste período, as chuvas concentraram-se nas estações da primavera e verão e, em menor proporção, no outono. Os períodos de déficit hídrico se estenderam de abril até a segunda quinzena de outubro ou primeira quinzena de novembro (Figura 1).

O solo caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) de textura argilosa (BORGHI et al., 2021). Por ocasião da implantação do experimento, amostras de solo na camada de 0-20 cm foram coletadas em diferentes pontos da área experimental. Os resultados da análise química indicaram os seguintes valores: pH em água = 6,9; Ca = 8,4 cmolc dm⁻³; Mg = 1,1 cmolc dm⁻³; H+ Al = 2,4 cmolc dm⁻³; CTC(T) = 12,4 cmolc dm⁻³; P-Mehlich 1 = 68,3 mg dm⁻³; K = 220,5 mg dm⁻³; Zn = 11,5 mg dm⁻³; Fe = 31,1 mg dm⁻³; Mn = 32,9 mg dm⁻³; Cu = 0,8 mg dm⁻³; V = 80,9 (%). Com base na análise de solo, evidencia-se que os níveis de fertilidade encontrados atendem às exigências para a semeadura e produção do milho e das forrageiras avaliadas (SOUSA; LOBATO, 2004).

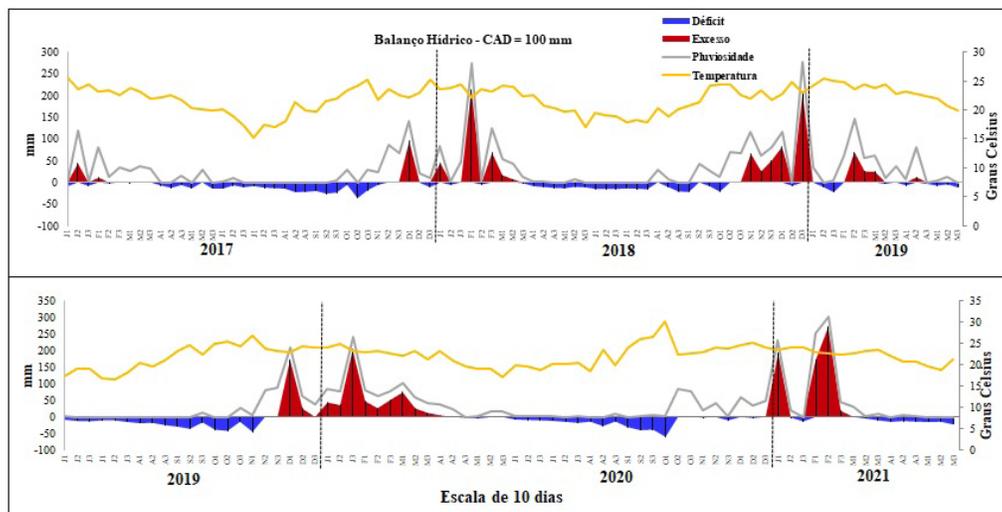


Figura 1. Balanço climatológico, considerando uma capacidade de água disponível (CAD) determinada até 100 mm do perfil do solo, precipitação (mm) e temperatura média do ar (°C) na escala decenal, quantificada durante os anos de experimentação, de janeiro de 2017 a maio de 2021, na Embrapa Milho e Sorgo, MG.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com seis repetições. Cada unidade experimental era composta por oito linhas de milho espaçadas a 0,70 m entre si e 5 m de comprimento, totalizando 28 m². O experimento foi subdividido em duas fases: a primeira constou dois anos agrícolas (2016/17 e 2017/18) e a segunda fase entre os anos 2018/19 a 2021/22. Em todos os anos, o milho foi semeado em sistema plantio direto sobre a palhada dos restos remanescentes das forrageiras estabelecidas nos anos anteriores.

Fase 1 – Anos agrícolas 2016/17 e 2017/18

Os tratamentos foram compostos por sete sistemas de cultivo:

1. Milho solteiro (controle);
2. *Arachis pintoi* 'BRS Mandobi' em cultivo solteiro;

3. *Arachis pintoi* 'BRS Mandobi' em consórcio com milho;

4. Estilosantes 'Bela' (mistura física de sementes das cultivares BRS Grof 1463 – 50% e BRS Grof 1480 – 50%, ambas pertencentes à espécie *Stylosanthes guianensis*) em cultivo solteiro;

5. Estilosantes 'Bela' em consórcio com milho;

6. *Cajanus cajan* 'Anão' em cultivo solteiro;

7. *Cajanus cajan* 'Anão' em consórcio com milho.

A semeadura do primeiro ano agrícola ocorreu em 18/01/2017. Nos tratamentos consorciados, as forrageiras foram semeadas nas entrelinhas do milho, adotando-se a taxa de semeadura indicada para cada cultivar, ou seja, amendoim forrageiro 'Mandobi' – 60 kg ha⁻¹; estilosantes 'Bela' – 5 kg ha⁻¹; guandu 'Anão' – 50 kg ha⁻¹.

Nesta fase, o híbrido de milho AG 8088 Pro2, foi semeado mecanicamente com semeadora-adubadora para plantio direto, com oito linhas espaçadas a 0,70 m. A densidade de sementes foi regulada para dez sementes por metro, objetivando o estande final de 60.000 plantas ha^{-1} . A adubação mineral de semeadura de todos os tratamentos constou da aplicação de 35 kg ha^{-1} de N, 123 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 70 kg ha^{-1} de K_2O , correspondendo a 440 kg ha^{-1} do fertilizante formulado 08-28-16, na linha do milho. A adubação de cobertura consistiu de 200 kg ha^{-1} de ureia. Para condução do segundo ano agrícola (2017/18), em novembro de 2017, todos os tratamentos foram dessecados com herbicida glifosato (1.800 g de i. a. ha^{-1}) para subsequente semeadura do milho em sistema de plantio direto (SPD). Assim, neste ano agrícola, somente o milho foi semeado, sem a presença das forrageiras em consórcio. Importante ressaltar que, nos tratamentos onde a forrageira foi estabelecida no ano agrícola 2016/17 de forma exclusiva (sem consórcio com o milho), o cereal foi semeado sobre a palhada proveniente dos tratamentos com forrageiras solteiras ou consorciadas, do ano anterior. No segundo ano, o milho foi semeado no dia 18/12/2017, utilizando o mesmo híbrido e recomendações de manejo descritas para o ano agrícola anterior.

Fase 2 - Anos agrícolas 2018/19 a 2021/22

Nessa fase, a cultivar 'Mandobi' foi substituída pela gramínea forrageira *Urochloa brizantha* 'BRS Paiaguás' e a

cultivar de guandu, pelo 'BRS Mandarin', mantendo-se os sete tratamentos:

1. Milho solteiro (testemunha);
2. *Urochloa brizantha* 'BRS Paiaguás' em cultivo solteiro;
3. *Urochloa brizantha* 'BRS Paiaguás' em consórcio com milho;
4. Estilosantes 'Bela' em cultivo solteiro;
5. Estilosantes 'Bela' em consórcio com milho;
6. *Cajanus cajan* 'BRS Mandarin' em cultivo solteiro;
7. *Cajanus cajan* 'BRS Mandarin' em consórcio com milho.

A semeadura dos sete tratamentos ocorreu em 06/12/2018. Nos tratamentos consorciados, as forrageiras foram semeadas nas entrelinhas do milho, adotando-se a taxa de semeadura indicada para cada cultivar: estilosantes 'Bela' – 5 kg ha^{-1} ; guandu 'Mandarin' - 50 kg ha^{-1} ; braquiária 'Paiaguás' – 5 kg ha^{-1} .

Nos três anos agrícolas, 2018-2019, 2019-2020 e 2020-2021, o híbrido AG 8088 PRO2 foi semeado mecanicamente com semeadora-adubadora para plantio direto, com oito linhas espaçadas a 0,70 m. A densidade de sementes foi regulada para 10 sementes por metro, objetivando-se estande final de 60.000 plantas ha^{-1} . A adubação mineral de semeadura da cultura do milho em todos os tratamentos constou da aplicação de 35 kg ha^{-1} de N, 123 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 70 kg ha^{-1} de K_2O , correspondendo a 440 kg ha^{-1} do fertilizante formulado 08-28-16 e a adubação de cobertura, com 200 kg ha^{-1} de ureia. Assim como na Fase 1, no ano agrícola 2019/20, em outubro de 2019, todos os tratamentos

foram dessecados com herbicida glifosato (1.800 g de i. a. ha⁻¹) para semeadura do milho em SPD sobre a palhada dos tratamentos do ano anterior, sem a presença das forrageiras em consórcio e também sobre a palhada proveniente das forrageiras semeadas em cultivo exclusivo (sem consórcio). O milho foi semeado no dia 18/11/2019, utilizando o mesmo híbrido e recomendações descritas para o ano agrícola anterior.

No ano agrícola 2020-2021 repetiu-se a implantação dos sete tratamentos, como descrito para o ano agrícola 2018-2019. A semeadura ocorreu em 02/12/2020 adotando-se os mesmos procedimentos.

Avaliações

Produtividade do milho para silagem

Em todos os anos agrícolas, a produtividade de silagem de milho foi realizada entre os estádios fenológicos R5 e R6 do milho (MAGALHÃES et al., 2020), por meio do corte manual de quatro linhas centrais da parcela. As plantas coletadas foram pesadas para estimativa da produtividade de massa verde, sendo os valores corrigidos para kg ha⁻¹. Após a pesagem, uma subamostra de quatro plantas foi levada ao laboratório e novamente pesadas para obtenção do peso verde. Posteriormente, cada subamostra foi picada mecanicamente e uma nova subamostra foi levada a estufa à 65°C até o peso constante. Com os dados de peso seco e úmido da segunda subamostra foi estimada a massa seca de silagem em kg ha⁻¹. As estações de cultivo,

as datas de semeadura, da colheita do milho para silagem e para grãos, e da colheita das forrageiras, também expressas em dias após a semeadura (DAS), constam na Tabela 1.

Produtividade de milho para grãos

Para a estimativa da produtividade de grãos, foram colhidas todas as espigas em duas linhas de cada unidade experimental. As espigas foram debulhadas mecanicamente, sendo os grãos pesados e uma subamostra de cada tratamento foi separada para obtenção do teor de umidade. Os valores foram convertidos para kg ha⁻¹ e ajustados para 13% de umidade (base úmida).

Produtividade de matéria seca das forrageiras

Nos anos agrícolas correspondentes à semeadura das forrageiras (2016/17, 2018/19 e 2020/21), essas foram avaliadas tomando-se uma amostra contida em um quadrado de 0,25 m², tanto nas parcelas consorciadas, quanto nas solteiras, avaliando-se o peso verde e o peso seco das amostras, após secagem em estufa a 65°C, por 72 horas. As datas de avaliação das forrageiras são apresentadas na Tabela 1.

Nos anos agrícolas onde houve somente a semeadura do milho (2017/18 e 2019/20), as forrageiras foram avaliadas antes da dessecação para a semeadura. Estas avaliações foram realizadas em outubro de 2017 e em outubro de 2019,

Tabela 1. Datas de semeadura e de avaliações da produtividade de silagem, de grãos de milho e de matéria seca das forrageiras antes da dessecação para semeadura do próximo ano agrícola nos cinco anos agrícolas de condução do experimento. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, anos agrícolas 2017/18 a 2021/22.

Ano agrícola	Semeadura	Silagem	Grão	Forrageiras
2016/2017	18/01/2017	26/04/2017 (98 DAS)	31/05/2017 (133 DAS)	25/04/2017 (97 DAS)
2017/2018	18/12/2017	01/03/2018 (73 DAS)	16/05/2018 (149 DAS)	-
2018/2019	06/12/2018	07/03/2019 (91 DAS)	24/05/2019 (169 DAS)	16/04/2019 (131 DAS)
2019/2020	18/11/2019	13/02/2020 (87 DAS)	15/04/2020 (149 DAS)	-
2020/2021	02/12/2020	15/03/2021 (103 DAS)	07/05/2021 (156 DAS)	25/03/2021 (113 DAS)

DAS – Dias após a semeadura.

utilizando da mesma metodologia descrita acima.

Índice de colheita

Com a finalidade de avaliar o índice de competição entre espécies, para características importantes de cada uma, foi estimado o efeito da condição de cultivo sem competição e com competição com a espécie consorciada. Esse efeito foi calculado utilizando o “índice de intensidade do efeito de vizinhança”, proposto por Díaz-Sierra et al. (2017) e utilizado por Chen et al. (2021). Esse índice é estimado por:

$NInt=2*(\Delta P/(P_{-N}+|\Delta P|))$, em que P é a característica avaliada (produção de silagem, produção de grãos ou produção de biomassa forrageira) no plantio solteiro (P_{-N}) e ΔP é a diferença na produção quantificada com e sem competição.

Dessa forma, quanto maior a competição interespecífica por nutrientes, luz ou outra, mais negativo será o índice.

Análise estatística

Os dados foram analisados usando os pacotes *agricolae* (MENDIBURU, 2009), *car* (FOX; WEISBERG, 2019), e *ggplot2* (WICKHAM, 2016) da plataforma R. A normalidade dos dados e erros foram avaliadas realizando o teste de Shapiro-Wilk (1965). No caso de não normalidade dos dados foi realizada a transformação logarítmica e análise de variância (ANAVA). As médias dos tratamentos e anos, quando significativas na ANAVA (mínimo 5% de probabilidade), foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (PERECIN; BARBOSA, 1988).

Resultados e discussão

Efeitos das forrageiras no desempenho da produção de silagem e de grãos do milho

As médias de produção de material para silagem verde de milho foram de 53 t ha⁻¹, no ano agrícola de 2017-2018, e de 72 t ha⁻¹, em 2018-2019 (Tabela 2). A produção de grãos foi de 9,8 t ha⁻¹ no ano agrícola de 2016-2017, e de 14,5 t ha⁻¹, em 2018-2019. Nas análises dos dados anuais de produção de material para silagem de

milho (biomassas verde e seca) e de grãos de milho, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos.

Os resultados da análise conjunta dos anos agrícolas 2016-2017 e 2017-2018, denominada Fase 1, em que foram testados os sete tratamentos com *Arachis* e guandu-anão no primeiro ano, seguida da semeadura do milho sobre a palhada dessas forrageiras no segundo ano, para avaliação de biomassa seca de material para silagem de milho e produção de grãos, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para produção de material para silagem e produção de grãos de milho, dentro do mesmo ano (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 2. Análises de variância univariadas para cada ano agrícola do experimento de sistema de produção de milho consorciado com forrageiras. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Ano agrícola	Silagem verde	Silagem seca	Grãos
2016/2017 (Pr(>F))	0,70	0,80	0,43
Média (t ha⁻¹)	56,78	22,23	9,81
CVe (%)	7,03	16,35	10,95
2017/2018 (Pr(>F))	0,30	0,52	0,24
Média (t ha⁻¹)	53,14	15,91	9,93
CVe (%)	7,28	11,53	20,39
2018/2019 (Pr(>F))	0,76	0,75	0,47
Média (t ha⁻¹)	72,04	21,61	12,47
CVe (%)	7,14	7,13	7,14
2019/2020 (Pr(>F))	2x10 ^{-5*}	2x10 ^{-7*}	0,07
Média (t ha⁻¹)	58,26	17,51	11,30
CVe (%)	24,01	15,27	16,21
2020/2021 (Pr(>F))	0,53	0,53	0,73
Média (t ha⁻¹)	65,71	19,71	11,25
CVe (%)	11,07	11,07	9,25

Pr(>F) – probabilidade estatística de significância, pelo teste F, *: significativo; CVe: coeficiente de variação experimental.

Tabela 3. Produtividade de matéria seca de material para silagem e de grãos de milho, semeado solteiro ou consorciado com diferentes espécies forrageiras. Embrapa Milho e Sorgo, anos agrícolas 2016/17 e 2017/18.

Espécie	Sistema de Cultivo	Produtividade de milho	
		Silagem, t de MS ha ⁻¹	Grãos, t ha ⁻¹
Ano agrícola 2016/17			
<i>A. pinto</i> 'Mandobi'	ConSORCIADO	22,2aA	10,3aA
Estilosantes 'Bela'	ConSORCIADO	21,6aA	9,7aA
<i>C. cajan</i> 'Anão'	ConSORCIADO	23,0aA	9,5aA
Milho	Solteiro	23,8aA	10,0aA
Ano agrícola 2017/18			
<i>A. pinto</i> 'Mandobi'	Solteiro	16,6aB	9,6aA
	ConSORCIADO	15,1aB	10,9aA
Estilosantes 'Bela'	Solteiro	15,0aB	11,7aA
	ConSORCIADO	16,0aB	10,3aA
<i>C. cajan</i> 'Anão'	Solteiro	15,0aB	9,4aA
	ConSORCIADO	17,0aB	9,4aA
Milho	Solteiro	16,2aB	9,7aA

* Valores seguidos pelas mesmas letras minúsculas por ano agrícola na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade; * Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre anos pelo teste SNK.

Entretanto, evidenciou-se diferença significativa entre os anos para produtividade de silagem, com a safra de 2016-2017, apresentando maior produtividade do que a evidenciada em 2017-2018 (Tabela 3). Para uma mesma cultivar forrageira, comparando a sua utilização em sistema consorciado ou exclusivo, evidenciou-se que a produção de silagem foi superior no sistema consorciado, exceto para o 'Mandobi'. O inverso foi observado para a produção de grãos, exceto para a forrageira guandu-anão, que resultou numa mesma produtividade de milho consorciado ou após o seu plantio solteiro sobre a palhada da forrageira.

Na segunda fase da experimentação, nos anos agrícolas 2018-2019, 2019-2020 e 2020-2021, foram evidenciadas diferenças estatísticas significativas entre tratamentos apenas para produção de silagem na safra de 2019-2020. As menores produtividades de silagem foram evidenciadas para o milho semeado sobre a palhada da 'Paiaguás', seja após o consórcio com milho ou posterior ao cultivo exclusivo da 'Paiaguás' (Tabela 4). Houve também diferença significativa entre anos de avaliação para produção de silagem de milho, com a maior produtividade evidenciada no ano agrícola 2018-2019 e a menor em 2019-2020.

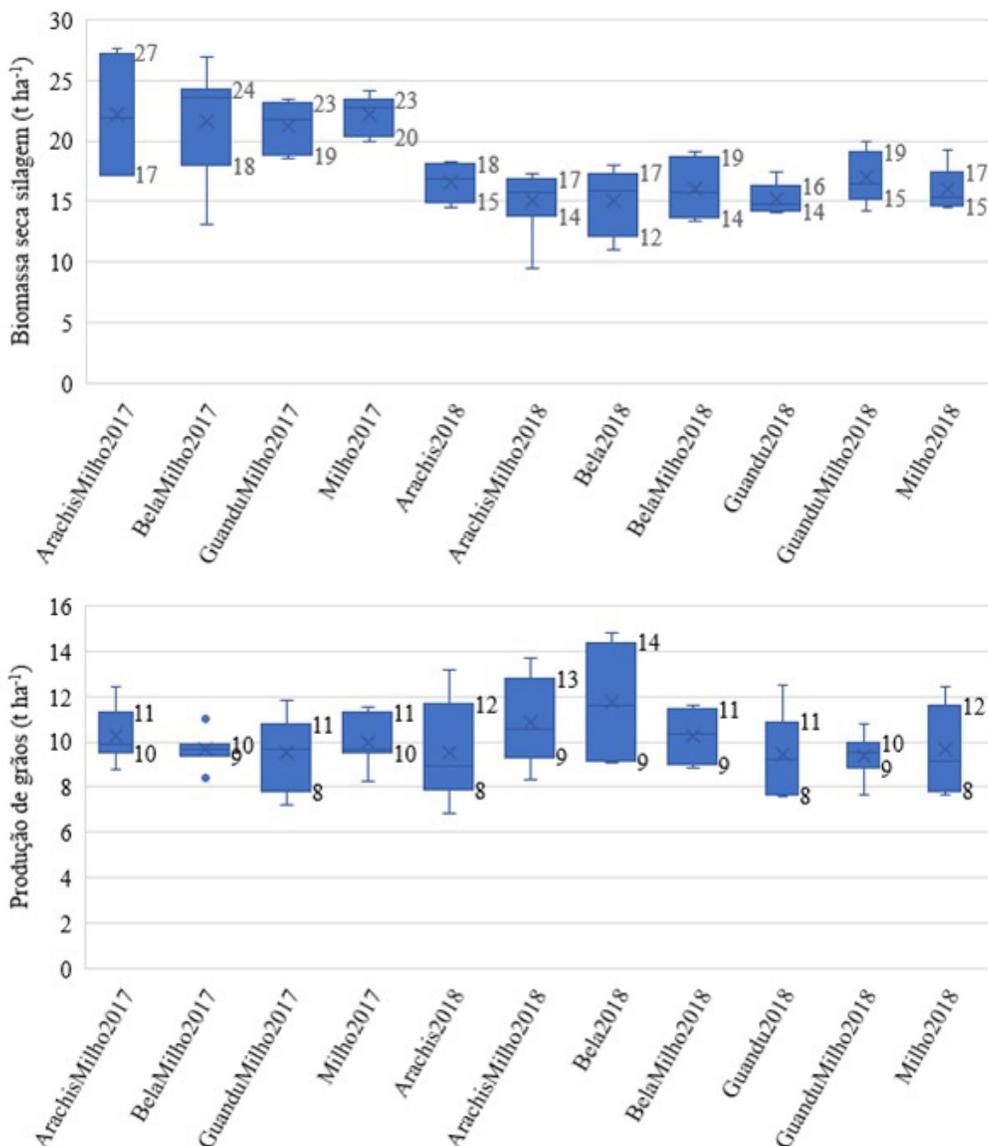


Figura 2. Produtividade de biomassa seca de material para silagem e produtividade de grãos de milho nos anos agrícolas 2016-2017, semeado em parcelas consorciadas, e 2017-2018, semeado sobre a palhada das forrageiras. Nos boxes são apresentados os intervalos de confiança dos tratamentos. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

A produção de grãos não diferiu entre os tratamentos dentro de um mesmo ano agrícola, entretanto diferiu entre anos, novamente com destaque para a maior produtividade para o ano agrícola 2018-2019 (Tabela 4, Figura 3).

O efeito do uso das leguminosas forrageiras na produção de grãos do milho pode ser considerado positivo, visto que compõem os preceitos

do SPD e como condição para solos cultivados em regiões de solos com baixo teor de matéria orgânica, baixa fertilidade e que precisam ter a sua capacidade de produção recuperada ou construída. No ano agrícola 2019-2020, a produção média de grãos de milho, após o cultivo exclusivo da leguminosa 'Bela', foi 8% superior à produção do milho solteiro, na mesma safra.

Tabela 4. Produtividade de matéria seca de material para silagem e de grãos de milho, semeado solteiro ou consorciado com diferentes espécies forrageiras. Embrapa Milho e Sorgo, anos agrícolas 2016/17 e 2017/18.

Espécie	Sistema de Cultivo	Produtividade de milho	
		Silagem, t de MS ha ⁻¹	Grãos, t ha ⁻¹
Ano agrícola 2018/19			
<i>U. brizantha</i> 'BRS Paiaguás'	ConSORCIADO	21,5aA	12,1aA
Estilosantes 'Bela'	ConSORCIADO	21,4aA	12,9aA
<i>C. cajan</i> 'BRS Mandarin'	ConSORCIADO	21,4aA	12,4aA
Milho**	Solteiro	22,2aA	12,5aA
Ano agrícola 2019/20			
<i>U. brizantha</i> 'BRS Paiaguás'	Solteiro	12,9cC	12,2aB
	ConSORCIADO	14,2bC	9,3aB
Estilosantes 'Bela'	Solteiro	19,4aC	12,5aB
	ConSORCIADO	20,0aC	11,5aB
<i>C. cajan</i> 'BRS Mandarin'	Solteiro	18,6aC	12,5aB
	ConSORCIADO	20,6aC	11,4aB
Milho	Solteiro	20,8aC	11,5aB
Ano agrícola 2020/21			
<i>U. brizantha</i> 'BRS Paiaguás'	ConSORCIADO	19,1aB	10,9aB
Estilosantes 'Bela'	ConSORCIADO	20,6aB	11,6aB
<i>C. cajan</i> 'BRS Mandarin'	ConSORCIADO	19,0aB	11,2aB
Milho	Solteiro	20,2aB	11,2aB

* Valores seguidos pelas mesmas letras minúsculas por ano agrícola na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade; * Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativa entre anos pelo teste SNK. **Controle.

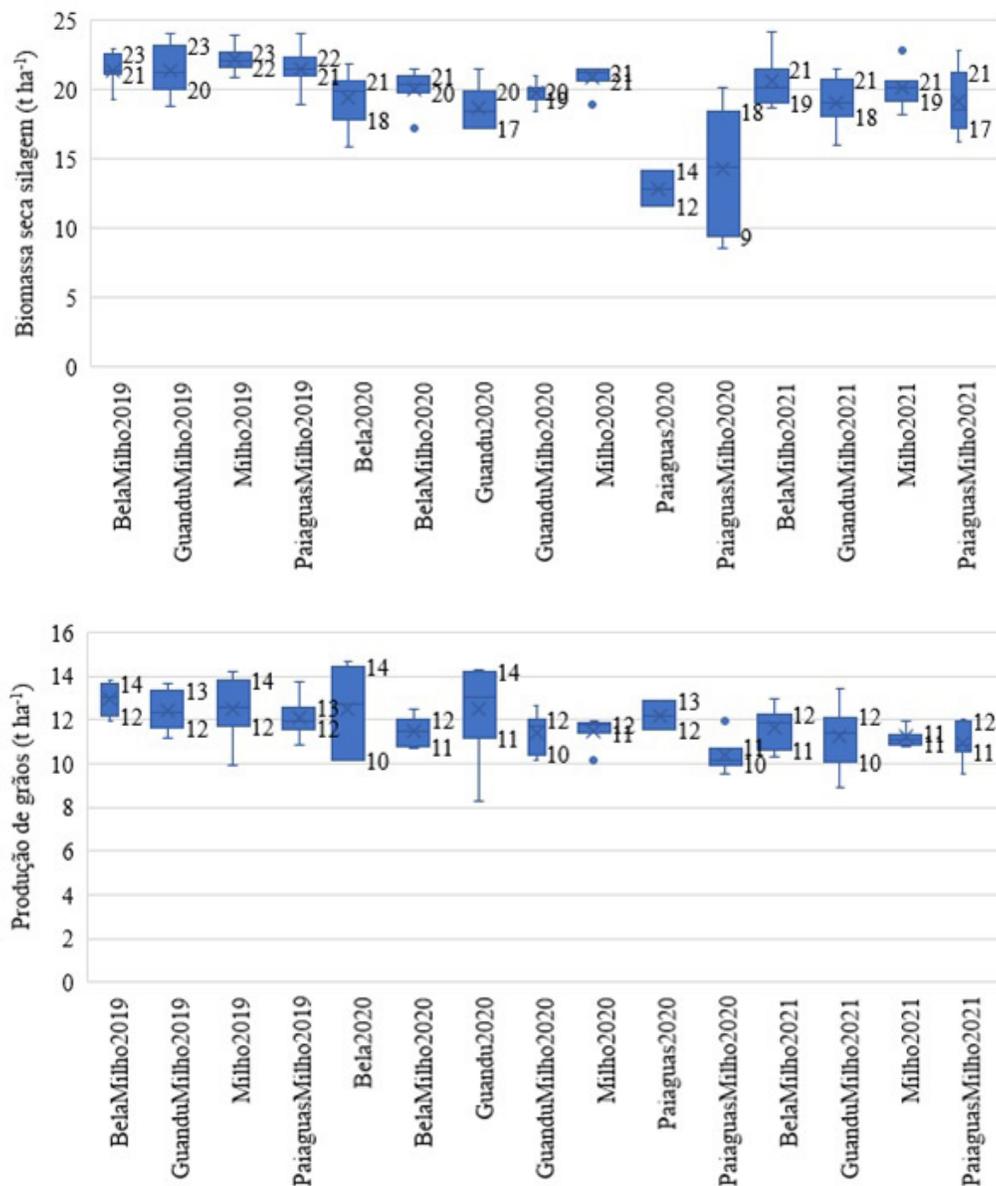


Figura 3. Produção de silagem de milho (biomassa seca) e produção de grãos de milho semeado em parcelas consorciadas, anos agrícolas 2018-2019 e 2020-2021, e sobre a palhada das forrageiras no ano agrícola 2019-2020. Nos boxes são apresentados os intervalos de confiança dos tratamentos. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

No sistema consorciado, a produção de grãos de milho no consórcio com estilosantes 'Bela' foi, em média, 2% superior à média do cultivo do milho solteiro, nas safras da Fase 2. Esse resultado não foi evidenciado para a leguminosa 'Mandarim' e a gramínea 'Paiaguás' (Tabela 4, Figura 3).

Desempenho da gramínea e leguminosas forrageiras no sistema de produção integrado com milho

A produção de biomassa seca das forrageiras diferiu estatisticamente nos anos agrícolas (2017-2018, 2018-2019 e 2020-2021) em que foram avaliadas em consórcio com o milho ou em plantio exclusivo.

Nas avaliações em parcelas das forrageiras solteiras (Tabela 5, Figura 4) evidenciou-se diferença significativa entre os tratamentos e entre os anos de avaliação. A maior produção de biomassa seca, em média, foi obtida para as forrageiras 'Paiaguás' (14,3 t ha⁻¹) e guandu (14,9 t ha⁻¹), ambas aos 270 DAS. A produção das duas cultivares de guandu foi equivalente, ou seja, guandu-anão e guandu-mandarim apresentaram produtividades semelhantes. O estabelecimento mais lento das leguminosas forrageiras, estilosantes 'Bela' e *Arachis* 'Mandobi', resultou na sua menor produção de biomassa seca, mesmo sem competição com outras espécies. A baixa produção

do *Arachis* nessa fase inicial fez com que essa cultivar fosse substituída nas avaliações seguintes. Nas parcelas das forrageiras exclusivas foram observadas diferenças significativas entre anos na produção de biomassa, com maior produção na avaliação realizada em 2019.

Todas as forrageiras avaliadas sofreram forte competição com o milho, na produção de biomassa seca, nos plantios consorciados (Tabela 5). A gramínea 'Paiaguás' produziu no consórcio somente 13% do que produziu em plantio solteiro. As leguminosas *Arachis*, Guandu e 'Bela' apresentaram em consórcio, somente 18%, 6% e 6%, respectivamente, da produção de MS do que sem competição com milho (Figura 5 - ilustrativa). No sistema consorciado foram evidenciadas diferenças significativas entre anos na produção de biomassa seca de forrageiras (Tabela 5 e Figura 4).

A produção de palhada das forrageiras, antes da semeadura do milho exclusivo, nos anos agrícolas 2017-2018 e 2019-2020, foi quantificada e os resultados apresentados na Tabela 6. Interessante evidenciar que o *Arachis*, que foi uma das forrageiras de menor produção na primeira avaliação, simultânea à quantificação da silagem de milho, foi a de maior produção média de palhada, juntamente com o guandu. A cultivar 'Bela', tanto consorciada quanto no plantio exclusivo, atingiu a mesma média final de produção, diferentemente do guandu e *Arachis*.

Tabela 5. Produtividade de matéria seca de forrageiras consorciadas com milho ou exclusivas. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, anos agrícolas 2016/17, 2018/19 e 2020/2021.

Espécie	Sistema de Cultivo	Produtividade da forrageira
		t de MS ha ⁻¹
Ano agrícola 2016/17		
<i>A. pintoi</i> 'Mandobi'	Consoiciado	0,31cB
	Solteiro	1,68cB
Estilosantes 'Bela'	Consoiciado	0,28cB
	Solteiro	4,81bB
<i>C. cajan</i> 'Anão'	Consoiciado	0,99cB
	Solteiro	14,95aB
Ano agrícola 2018/19		
<i>U. brizantha</i> 'BRS Paiaguás'	Consoiciado	2,24cA
	Solteiro	17,33aA
Estilosantes 'Bela'	Consoiciado	-
	Solteiro	-
<i>C. cajan</i> 'Mandarim'	Consoiciado	0,89cA
	Solteiro	14,30bA
Ano agrícola 2020/21		
<i>U. brizantha</i> 'BRS Paiaguás'	Consoiciado	-
	Solteiro	8,33bA
Estilosantes 'Bela'	Consoiciado	-
	Solteiro	4,64cA
<i>C. cajan</i> 'Mandarim'	Consoiciado	-
	Solteiro	14,96aA

* Valores seguidos pelas mesmas letras minúsculas por ano agrícola na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK), a 5% de probabilidade; * Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre anos pelo teste SNK.

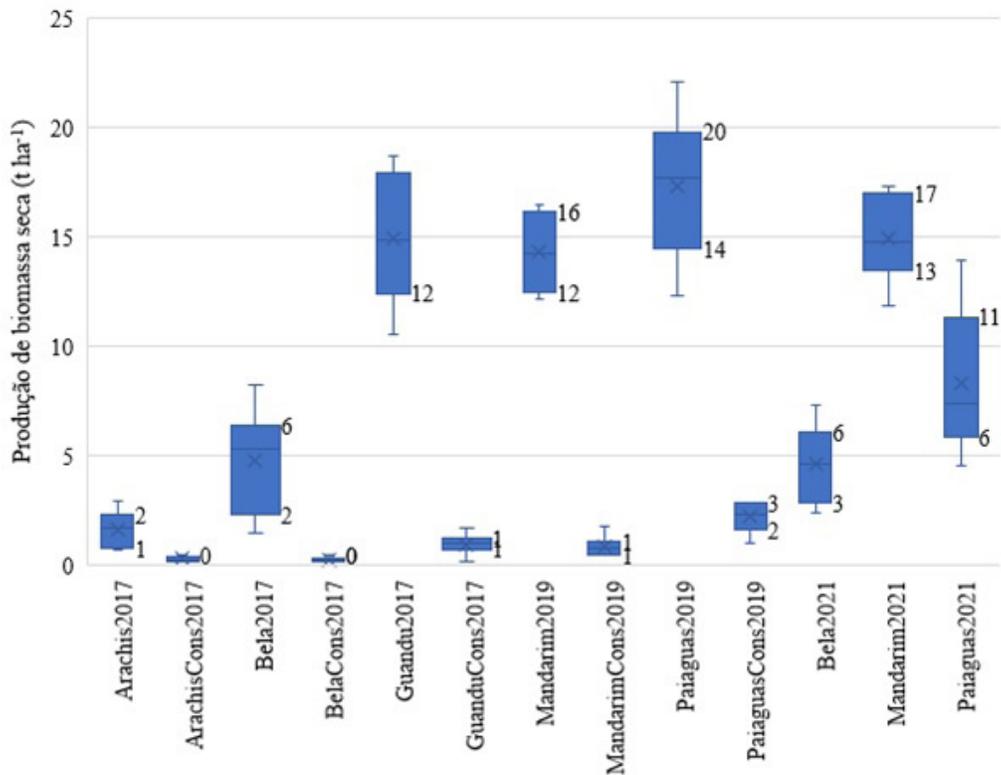
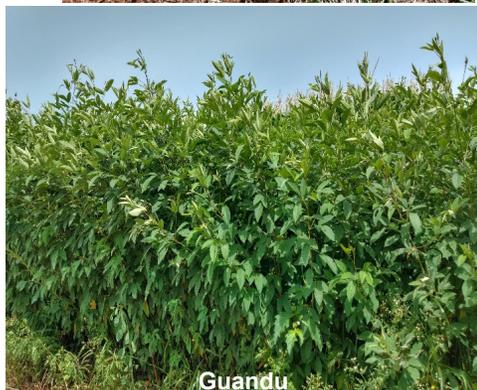


Figura 4. Produção de biomassa seca das forrageiras avaliadas em plantio solteiro e consorciadas com milho, nos anos agrícolas 2016-2017 (97 dias após a semeadura – DAS), 2018-2019 (131 DAS) e 2020-2021 (113 DAS). Nos boxes são apresentados os intervalos de confiança dos tratamentos. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Tabela 6. Médias de produção de matéria verde (MV) das forrageiras (t ha⁻¹) antes da dessecação, em média aos 270 dias após a semeadura, em parcelas solteiras e consorciadas com milho nos anos agrícolas 2016-2017 e 2018-2019. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Espécie	Sistema de Cultivo	Produtividade da forrageira
		t de MV ha ⁻¹
Ano agrícola 2016/17		
<i>A. pintoi</i> 'Mandobi'	Consortiado	18,00a
	Solteiro	10,45b
Estilosantes 'Bela'	Consortiado	9,06b
	Solteiro	9,25b
<i>C. cajan</i> 'Anão'	Consortiado	11,79b
	Solteiro	16,53a
Ano agrícola 2018/19		
<i>U. brizantha</i> 'BRS Paiaguás'	Consortiado	17,42a
	Solteiro	19,58a
Estilosantes 'Bela'	Consortiado	10,50b
	Solteiro	11,92b
<i>C. cajan</i> 'Mandarim'	Consortiado	9,67b
	Solteiro	18,00a

Forrageiras solteiras sem milho



Forrageiras consorciadas com milho



Figura 5. Fotos das parcelas solteiras das leguminosas forrageiras e consorciadas, milho com as leguminosas forrageiras, avaliadas experimentalmente na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.



Figura 6. Vista da palhada da leguminosa Estilosantes 'Bela' antes e após a semeadura do milho, ano agrícola 2017-2018, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Interpretando conjuntamente os dados de produção de palhada para cobertura de solo visando a implantação do milho em sistema plantio direto (Figura 6) e a produção de silagem e grãos de milho, evidencia-se que não há uma correspondência direta. Os resultados demonstraram que a maior produção de palhada anterior à semeadura do milho, como no *Arachis* e guandu, não irá resultar, necessariamente, em melhor resposta na produção de grãos da cultura. A qualidade da palhada é um fator a ser melhor estudado. Nesse caso devem estar associadas outras características, tais como, o estande formado, a taxa de liberação de N, a relação carbono/nitrogênio da forrageira, entre outros fatores.

Um aspecto importante a ser considerado no uso de forrageiras em consórcio é a capacidade de competição entre as espécies utilizadas no sistema. Na Tabela 7 são apresentados os resultados da competição do milho com as forrageiras e das forrageiras com o

milho, sendo que o índice utilizado varia entre -1 a +1. Quanto mais próximo de zero o índice, menor a competição. As estimativas mostram que as forrageiras praticamente não competem e não interferem na produção de silagem e de grãos do milho, com valores próximos de zero. Contrariamente, a competição do milho com as forrageiras é bastante intensa e atuou para reduzir a produção forrageira, sendo um pouco menos intensa para *Arachis*, a qual, dentre as leguminosas forrageiras, é considerada como tolerante ao sombreamento (ANDRADE et al., 2004), um fator importante no espaçamento adotado nessa experimentação, que penalizou a produtividade das forrageiras.

Uma possível estratégia para minimizar os efeitos do sombreamento é a de aumentar o espaçamento entre as linhas do milho, visando reduzir a competição da cultura agrícola com as leguminosas forrageiras, principalmente nos anos

Tabela 7. Índices de competição interespecífica para produção de biomassa seca de milho silagem e de forrageiras e para produção de grãos em milho, avaliados em consórcio. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

	'Mandobi'	Guandu	'Bela'	'Paiguás'
Biomassa seca				
Milho x forrageira	-0,03	-0,05	-0,03	-0,05
Produção de grãos				
Milho x forrageira	0,08	-0,05	-0,03	-0,02
Biomassa seca				
Forrageira x milho	-0,78	-0,93	-0,92	-0,85

iniciais de recuperação ou de construção de fertilidade do solo. Certamente, nesse caso, espera-se uma redução na produção da cultura, mas deve-se ponderar que há uma vantagem de tal procedimento para todo o sistema produtivo em médio prazo. Uma segunda estratégia, que já vem sendo empregada juntamente com a primeira, é a de aumentar a taxa de semeadura da leguminosa forrageira, principalmente do *Stylosanthes* (WRUCK et al., 2020). A taxa utilizada na atual experimentação foi a recomendada para o uso em cultivo da forrageira para pastejo, e pode ser melhor ajustada para um sistema consorciado com uma cultura agrícola.

Quanto ao consórcio de leguminosas forrageiras perenes com milho, outros estudos complementares ainda necessitam ser realizados. Um dos quais é a determinação do potencial de redução da adubação nitrogenada, uma vez que as leguminosas são fixadoras de nitrogênio e podem contribuir disponibilizando esse mineral para o milho em alguma

proporção. Definir a proporção de redução da adubação nitrogenada resulta em um impacto econômico e ambiental importante. Outras, como a avaliação da macro e microbiota do solo, o acúmulo de matéria orgânica e de carbono, a proteção contra erosão, a competição com plantas daninhas, entre outras, podem ser importantes para determinar os benefícios do uso de leguminosas forrageiras, em consórcio com o milho.

Pelos resultados obtidos, deve ser enfatizado que o único custo envolvido no sistema consorciado do milho com a leguminosa forrageira perene é o custo da semente e, ainda, com o benefício de proporcionar a cobertura morta para viabilizar a implantação do sistema plantio direto. Ainda, as leguminosas formadas podem servir de banco de proteínas para a pastagens menos intensivos no período de outono-primavera, viabilizando o uso dessas espécies para o componente pecuário.

A permanência das forrageiras em livre crescimento por seis meses, no caso de consórcio com o milho após a

colheita de grãos até a realização de nova semeadura; ou por 13 meses, no caso de semeadura exclusiva da forrageira de cobertura até o plantio da safra de milho no ano seguinte, pode ser vantajosa para o produtor. A cobertura de palhada no sistema propicia muitos benefícios para o solo e para as culturas subsequentes. A cobertura com leguminosas pode resultar em incorporação de nitrogênio (N), através da fixação biológica. Ainda, a macro e a microbiota do solo aumenta com a adição de matéria orgânica no sistema, contribuindo com o equilíbrio biológico no solo. A escolha da forrageira pode contribuir em áreas com histórico de ocorrência do nematoide *Pratylenchus* spp. (CLAUDIUS-COLE et al., 2015), e o estilosantes 'Bela' tem marcante efeito no controle da referida praga. A tomada de decisão pelo produtor dependerá das análises de solo, da disponibilidade de matéria orgânica no solo a ser cultivado, do histórico de patógenos de solo, sobretudo, os fitonematóides, do conhecimento e intenção de adotar esses sistemas integrados e da questão econômica, obviamente.

Conclusões

As forrageiras de mais rápido estabelecimento e com maior produtividade de matéria seca consórcio com milho foram a gramínea *Urochloa brizantha* 'Paiaguás' e as duas cultivares da leguminosa *Cajanus cajan* 'Anão' e 'Mandarim'.

O consórcio do milho com a leguminosa forrageira Estilosantes 'Bela' é uma opção para aumentar a produção de grãos do milho e minimizar o aporte externo do nutriente nitrogênio.

Referências

- AMARAL, F. C. S., SANTOS, H. G., AGLIO, M. L. D., DUARTE, M. N., PEREIRA, N. R., OLIVEIRA, R. P., CARVALHO JUNIOR, W. Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 97p. (Embrapa Solos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 63).
- ANDRADE, C. M. S., VALENTIM, J. F., CARNEIRO, J. C., VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 263-270, 2004.
- BORGES JÚNIOR, J. C. F., OLIVEIRA, A. L. M., ANDRADE, C. L. T., PINHEIRO, M. A. B. Equação de Hargreaves-Samani calibrada em diferentes bases temporais para Sete Lagoas, MG. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, p. 38-49, 2017.
- BORGHI, E.; PARRELLA, R. A. da C.; ABREU, S. C.; KARAM, D.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C. Avaliação agrônômica de plantas de cobertura para o sistema plantio direto de soja na região Central de Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 26 p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 229).
- CHEN, J., ENGBERSEN, N., STEFAN, L., SCHMID, B. SUN, B. SUN, H., SCHÖB, C. Diversity increases yield but reduces harvest index in crop mixtures. **Nature Plants**, v. 7, p. 893-898, 2021.
- CLAUDIUS-COLE, A. O., FAWOLE, B., ASIEDU, R. Population changes of plant-parasitic nematodes associates with cover crops following a yam (*Dioscorea rotundata*) crop. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, p. 193-199, 2015.
- DÍAZ-SIERRA, R., VERWIJMEREN, M., RIETKERK, M., DIOS, V. R., BAUDENA, M. A new family of standardized and symmetric indices

for measuring the intensity and importance of plant neighbour effects. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 580-591, 2017.

FOX, J., WEISBERG, S. **An R companion to applied regression**, Third edition. Sage: Thousand Oaks CA. 2019. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.

MENDIBURU, F. **Statistical procedures for agricultural research**. Package 'agricolae'. Versão 1.3-5. 2009.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em 2 de set. 2022.

MAGALHAES, P. C.; BORGHI, E.; KARAM, D.; PEREIRA FILHO, I. A.; RIOS, S. de A.; ABREU, S. C.; LANDAU, E. C.; GUIMARAES, L. J. M.; PASTINA, M. M.; DURAES, F. O. M. Desenvolvimento do milho segunda ano agrícola: fatores genético-fisiológicos, plataforma de conhecimento e práticas de manejo de cultivo e uso, visando sustentabilidade de produção e produtividade no binômio soja/milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 42 p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Documentos**, 258).

MELO, M. L. A., CAMILO, J. A., ANDRADE, C. L. T., AMARAL, T. A., SOUZA, I. R. P., SIMEÃO, R. M. Sowing period and estimated maize production for silage under tropical conditions. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 20, e1219, 2021.

MOTA, P. K.; SILVA, B. M.; BORGHI, E.; VIANA, J. H. M.; RESENDE, A. V. de; MOURA, M. S. de. Soil physical quality in response to intensification of grain production systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 647-655, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambiv24n10p647-655>

PERECIN, D., BARBOSA, J. C. Uma avaliação de seis procedimentos para comparações múltiplas. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 6, p. 95-103, 1988.

SIMÃO, E. de P.; RESENDE, A. V. de; GIEHL, J.; GALVÃO, J. C. C.; BORGHI, E.; OLIVEIRA, A. C. de; GONTIJO NETO, M. M. Agronomic responses to the intensification of grain production systems in dryland farming of central Minas Gerais State, Brazil. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 96, n. 1, p. 277-293, 2021

SOUSA, D. C., MEDEIROS, J. C., LACERDA, J. J., ROSA, J. D., BOECHAT, C. L., SOUSA, M. N. G., RODRIGUES, P. C. F., OLIVEIRA-FILHO, E. G., MAFRA, A. L. Dry mass accumulation, nutrients and decomposition of cover plants. **Journal of Agriculture Science**, v. 11, p. 152-160, 2019.

SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. New York: Springer-Verlag. 2016. <https://ggplot2.tidyverse.org>.

WRUCK, F. J., PEDREIRA, B. C., OLIVEIRA JUNIOR, O. L., BEHLING NETO, A., DOMICIANO, L. F. Integração lavoura-pecuária: consórcios forrageiros na entressafra agrícola. **Anuário de Pesquisas – Agricultura**, v. 3, p. 25-34, 2020.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte
Av. Rádio Maia, 830
79106-550, Campo Grande, MS
Fone: (67) 3368-2000
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
1ª edição (2022): eletrônica



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

Comitê Local de Publicações da Embrapa Gado de Corte

Presidente

Rodrigo Amorim Barbosa

Secretário-Executivo

Rodrigo Carvalho Alva

Membros

Alexandre Romeiro de Araújo, Davi José
Bungenstab, Fabiane Siqueira, Gilberto
Romeiro de Oliveira Menezes, Luiz Orcício
Fialho de Oliveira, Marcelo Castro Pereira,
Mariane de Mendonça Vilela, Marta Pereira
da Silva, Mateus Figueiredo Santos, Vanessa
Felipe de Souza

Supervisão editorial

Rodrigo Carvalho Alva

Revisão de texto

Rodrigo Carvalho Alva

Tratamento das ilustrações

Rodrigo Carvalho Alva

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbêiro

Editoração eletrônica

Rodrigo Carvalho Alva

Foto da capa

Rosângela Maria Simeão