

PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA E ÉPOCAS DE COLHEITA

MIKAEL NEUMANN¹, LUCAS GHEDIN GHIZZI², JULIO CEZAR HEKER JUNIOR¹,
MURILO KLOSOVSKI CARNEIRO¹, LUAN LUCAS REINEHR¹,
CECILIA APARECIDA SPADA¹ e GUILHERME SERPA MACIEL¹

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, neumann.mikael@hotmail.com, jr_heker@hotmail.com,
murilokcarneiro@hotmail.com, reinehrllr@gmail.com, spadacecilia@hotmail.com e gmacielvet@gmail.com

²União de Ensino do Sudoeste do Paraná – UNISEP, lucas.ghizzi@gmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.16, n.2, p. 204-216, 2017

RESUMO - O experimento teve como objetivo avaliar a produção de biomassa, a composição física e química da planta de milho para forragem. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com arranjo fatorial de tratamentos com esquema de parcelas subdivididas no tempo. O híbrido foi cultivado em cinco densidades de semeadura (80, 160, 240, 320 e 400 mil plantas ha⁻¹) e colhido em cinco épocas (40, 50, 60, 70 e 80 dias após a emergência). Foram avaliados a composição percentual das estruturas anatômicas da planta pela segmentação dos componentes colmo e folhas e o potencial produtivo de biomassa verde e de biomassa seca (kg ha⁻¹). O aumento da densidade populacional afetou a distribuição dos componentes da matéria seca total das folhas em detrimento do colmo. As variáveis avaliadas apresentaram diferença significativa para o fator época de colheita, havendo diminuição linear na relação folha colmo (fo/co), teor de proteína bruta (% PB) e de minerais (cinzas) e aumento no teor de matéria seca da planta inteira, folha e colmo (% MS), produção de matéria seca total (kg de MS ha⁻¹), teor de fibra em detergente neutro (% FDN), teor de fibra em detergente ácido (% FDA) e dos nutrientes digestíveis totais (% NDT). O milho forragem apresenta-se como uma técnica de grande potencial de produção de matéria seca, fonte de fibra de alta qualidade para ruminantes com rápido ciclo de crescimento, independentemente da densidade testada, com possibilidade da manipulação da composição bromatológica em função da época de corte variando de 40 a 80 dias após a emergência.

Palavras-chave: *Zea mays* L, composição bromatológica, forragem, produção de biomassa.

CORN FORRAGE PRODUCTION, CULTIVATED IN DIFFERENT PLANTING DENSITIES

ABSTRACT - The experiment has the objective to evaluate biomass production and the physical and chemical of plant composition, as forage. The experimental design was randomized complete block split plot. The hybrid was grown in five seeding densities (80; 160; 240; 320 and 400 thousand plants ha⁻¹) and harvested in five times (40, 50, 60, 70 and 80 days after emergence). The anatomical structure composition by segmentation of stem and leaf and the productive potential of biomass produce were evaluated. The increase in plant population affected the distribution of the components of total dry mass with an increase in leaf against the stem. All measured response variables showed a significant difference to the harvest time factor, with linear decrease proportion between leaf and stem (fo/co), crude protein (%CP), and minerals (ash) and increase of dry matter in biomass, leaf and stem (%DM), total production of nature matter (kg of MN ha⁻¹), total production of dry matter (kg of MS ha⁻¹), neutral detergent fiber (%NDF), acid detergent fiber (%ADF) and total digestible nutrients (%TDN). The forage corn can be a technique of great potential dry matter production, highly fiber quality for ruminants, rapid growth cycle, regardless of tested density, with possibility of manipulation of composition bromatological, according to the cutting time ranging from 40 to 80 days after emergence.

Keywords: *Zea mays* L, bromatological composition, forage, biomass production.

Está comprovada a competitividade das pastagens como meio mais barato para alimentação de ruminantes (Pereira et al., 2006), porém, segundo Paulino e Carvalho (2004), não apresentam estabilidade na produção ao longo do ano, ocasionando uma sazonalidade de produção de matéria seca, impactando no custo de produção, uma vez que 70% deste é oriundo de custos alimentares.

A partir do momento em que uma espécie é implantada numa área, esta última fica inutilizada até quando os animais possam pastar, a cultura possa ser colhida e conservada, ou mesmo fornecida diretamente para consumo animal no cocho. Esse período é denominado de vazio forrageiro e é tão grande quanto maior for o período entre a semeadura e a utilização da forrageira em questão.

O uso de forrageiras de elevada produção de matéria seca por unidade de área com alta qualidade pode contribuir significativamente para a redução de custos na atividade. Dentre os métodos de utilização de forragens, a conservação na forma de feno e/ou silagem tem se destacado como técnica capaz de possibilitar a exploração da elevada produtividade das forrageiras, enquanto que a utilização de forragens via pastejo requer menos “energia” quando comparada a outros métodos de colheita (Pereira et al., 2006).

Existe ainda outra técnica que consiste no manejo de corte e pronto fornecimento no cocho e que, segundo Hodgson (1990), o corte auxilia na redução da variabilidade que pode ser desenvolvida sob manejo do pastejo, pela remoção de efeitos adversos da deposição de esterco, uniformidade da forragem e auxílio no controle de parasitas.

Ao considerar que o milho é uma planta cultivada em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm, possui janela de semeadura que se estende

de setembro a fevereiro para milho safra e safrinha, respectivamente (Cruz et al., 2010), extremamente responsiva em produção de matéria seca da parte aérea a adubação nitrogenada (Araújo et al., 2004), e apresenta colheita tanto para grãos quanto para silagem totalmente mecanizada (Pennsylvania State University, 2004), considera-se que há várias possibilidades de manipulação da cultura, considerando aspectos ligados ao manejo de cortes sucessivos na fase vegetativa da cultura.

A caracterização consolidada da fenologia da planta do milho demonstrada por Hanway (1963) e posteriormente adaptada por outros autores, em comparação a outras gramíneas de verão, permite o planejamento, a implantação e o manejo do cereal com intuito de maximizar o uso da cultura para fins nutricionais.

A cultura do milho apresenta-se como uma opção de plantas com ciclo curto e alto valor nutricional, visto que dados bromatológicos de milho produzidos pela técnica de hidroponia demonstraram o potencial nutritivo do milho em fases iniciais de crescimento principalmente para pequenas e médias propriedades, em regiões com estações climáticas desfavoráveis à produção de forragem em campo ao longo do ano, por produzir a cultura com ciclo curto e com alta qualidade (Campêlo et al., 2007). O cultivo do milho para produção de forragem, em altas densidades de semeadura pode ser viabilizado não somente via hidroponia, mas também sob condições naturais, lembrando naturalmente que o custo da semente deve ser considerado, o que normalmente leva ao uso de variedades.

Segundo Van Soest (1994), as cultivares de milho com elevada digestibilidade da parede celular apresentam melhores valores de digestibilidade da matéria seca da planta inteira. Assim, ao se executar

o corte do milho em estádios fenológicos que favoreçam a participação de folhas jovens (antes do florescimento), as quais apresentam um maior aproveitamento da fibra em detergente neutro, as cultivares são passíveis de estudo.

Várias respostas do milho aos elementos meteorológicos decorrem de seu mecanismo fotossintético C_4 , que resultam em alta produtividade e, em consequência, alto rendimento de grãos, superando outras espécies cultivadas (Bergamaschi & Matzner, 2014).

O valor nutritivo do milho também está diretamente relacionado ao arranjo de plantas, densidade de semeadura, espaçamento entrelinhas e arquitetura da planta. Segundo Amaral Filho et al. (2005), a produtividade do milho aumenta conforme aumenta-se a densidade de plantas, até que se atinge uma densidade ideal, e a partir dessa tem-se um decréscimo na produtividade, em função da maior competição entre plantas por nutrientes.

O milho, quando ainda jovem, apresenta valores de proteína bruta superiores aos comumente utilizados como alimentos na produção de bovinos (Campêlo et al., 2007). A determinação do momento mais adequado para colheita influencia o valor nutritivo da forragem, pois à medida que a planta cresce as porções fibrosas aumentam, enquanto o teor proteico e a digestibilidade da matéria seca diminuem (Van Soest, 1994). Desse modo, busca-se a implantação estratégica de espécies forrageiras cujas características agrônômicas sejam favoráveis ao período de “entre safra”, que atendam as exigências nutricionais dos animais e que sejam economicamente viáveis para justificar o seu uso.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a produção de biomassa, a composição física e bromatológica da planta do milho para forragem, cultivado em

cinco densidades de semeadura e colhido em cinco diferentes épocas após a emergência.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Campus CEDETEG, em Guarapuava-PR.

O clima da região de Guarapuava-PR é o Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado conforme a classificação de Köppen, em altitude de aproximadamente 1.100 m, precipitação média anual de 1.944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7 °C, temperatura média máxima anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar de 77,9%.

Foram avaliadas a produção de biomassa, composição física estrutural e bromatológica da planta de milho para forragem, cultivado em cinco densidades de semeadura (80, 160, 240, 320 e 400 mil plantas ha^{-1}) e colhido em cinco épocas após a emergência das plantas (40, 50, 60, 70, e 80 dias após emergência, DAE).

O milho LG6036PRO foi implantado em 23/10/2011, em sistema de plantio direto, em sucessão à mistura forrageira aveia preta (*Avena strigosa*), a qual foi dessecada com herbicida à base de *glifosate* (produto comercial Roundup Original®: 3,0 L ha^{-1}). Na semeadura utilizou-se espaçamento entrelinhas de 0,4 m, profundidade de semeadura de 4 cm e distribuição de sementes por metro linear visando densidades finais conforme fator em estudo.

A semeadura do milho foi manual, realizada em parcelas com área total de 14 m² (2,8 m x 5,0 m) sendo utilizada para avaliação quanti-qualitativa a área

útil interna de 8 m² (2,0 m x 4,0 m) de cada parcela. A adubação de base foi constituída de 400 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 04-20-20 (N-P₂O₅-K₂O), e em cobertura, 25 dias após a semeadura, foram aplicados 160 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia.

O manejo da cultura de milho, até 15 dias após a emergência das plantas, envolveu práticas de desbaste manual, ajustando a população de plantas conforme fator em estudo, bem como práticas de controle de plantas daninhas pelo método químico utilizando o herbicida à base de *Atrazine + Simazine* (Produto comercial Siptran[®]: 6 L ha⁻¹), assim como de controle preventivo da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com o inseticida à base de *Lambdacyhalothrin* (Produto comercial Karate[®]: 150 mL ha⁻¹), mediante acompanhamento técnico.

As plantas de milho dos diferentes tratamentos foram colhidas e avaliadas aos 40, 50, 60, 70 e 80 dias após a emergência (entre os estádios V6 e V18, conforme Ritchie et al., 2003) para determinação do teor de matéria seca da planta e de seus componentes estruturais colmo e folhas, e em cada avaliação procedeu-se colheita de plantas inteiras de uma linha de 5 m contidas na área útil de cada parcela, cortadas manualmente a 20 cm do solo.

A adoção dessa prática permitiu determinar a composição percentual das estruturas anatômicas da planta pela segmentação dos componentes colmo e folhas. Também foi determinado o potencial produtivo de biomassa verde e de biomassa seca (kg ha⁻¹), relacionando o peso individual das plantas à população de plantas por unidade de área.

As amostras da planta inteira e dos componentes estruturais (material original) de cada tratamento foram obtidas de forma homogênea e representativa; pesadas e pré-secadas em estufa de ar forçado a 55 °C até peso constante para determinação do teor de

matéria seca (MS), proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl e matéria mineral (MM) por incineração em mufla a 550 °C durante 4 horas, teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA), conforme métodos descritos por Silva e Queiroz (2002), e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) via equação sugerida por Bolsen (1996), onde: [NDT, % = 87,84 - (0,70 x FDA)].

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com dois fatores, sendo fator “A” densidades de semeadura e fator “B” época de colheita, compostos por cinco densidades populacionais (80, 160, 240, 320 e 400 plantas ha⁻¹), associado a cinco épocas de colheita (40, 50, 60, 70 e 80 dias após a emergência das plantas), respectivamente, organizado num esquema de parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições.

Os dados coletados para cada parâmetro foram submetidos à análise de variância, com comparação das médias ao nível de significância de α pelo teste Tukey, por intermédio do programa estatístico SAS (SAS Institute, 1993). Os dados também foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando para fonte de variação densidade de semeadura com variação entre 80 mil e 400 mil plantas ha⁻¹ e para fonte de variação dias para colheita variação entre 40 e 80 dias após emergência, por meio do procedimento “proc reg” do programa SAS (SAS Institute, 1993).

Resultados e Discussão

Durante a realização do experimento no campo, foram registrados dados de precipitação pluviométrica e temperatura ambiente, para subsidiar a interpretação dos resultados (Figura 1).

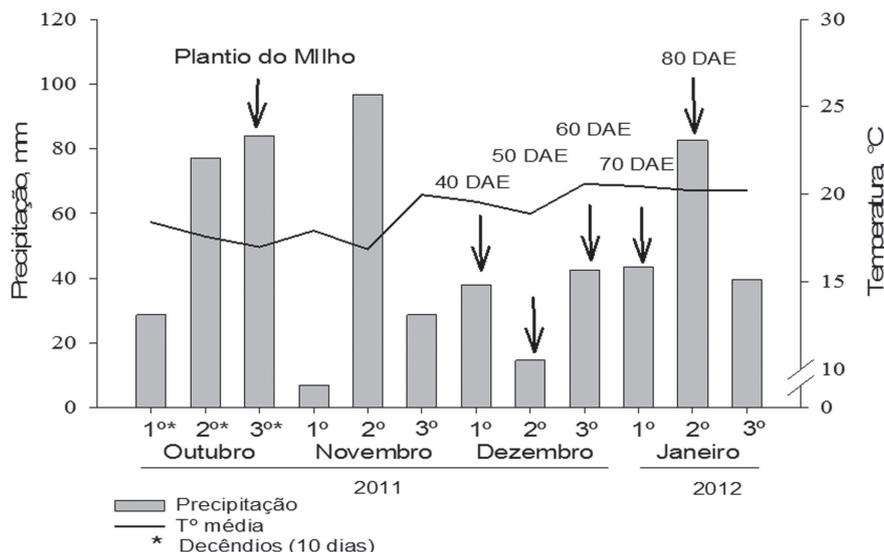


Figura 1. Valores médios de precipitação pluviométrica e temperatura durante o período de avaliação do milho forragem em diferentes densidades e épocas de colheita em dias após a emergência (DAE), UNICENTRO, Campus de Guarapuava, 2011.

O manejo utilizado na cultura associado às condições climáticas presentes no período de avaliação da forragem do milho em diferentes densidades de semeadura não proporcionou ocorrência de tombamento das plantas, independentemente da data de colheita das plantas.

Na Tabela 1 são apresentados os teores de matéria seca da planta e de seus componentes, conforme data de avaliação. Não se observou diferença significativa para os teores de MS da planta inteira e de seus componentes estruturais: colmo e folhas entre os níveis do fator A, apresentando valor médio de 14,23%; 10,90% e 16,18%, respectivamente; enquanto que para o fator B houve aumento de 0,1134% no colmo, 0,1391% nas folhas e de 0,1095% na planta inteira para cada dia a partir de 40 DAE.

As variações nas taxas de secagem da planta inteira e dos componentes estruturais colmo e folhas são, segundo Bergamaschi e Matzenauer (2014), re-

sultado da taxa de desenvolvimento da planta relacionada com a temperatura e a umidade relativa do ar. Segundo os mesmos autores, o período de tempo entre os diferentes estádios de desenvolvimento do milho pode variar significativamente de acordo com ocorrências de estresses ambientais causados por variações de temperatura e/ou umidade, determinando, nestes casos, o encurtamento dos estádios vegetativos e reprodutivos. No presente trabalho nota-se uma redução de 14,82% para 13,28% no teor de MS da planta inteira entre 40 e 50 DAE, com posterior aumento para 14,31% aos 60 DAE, efeito esse reflexo da diminuição na mesma avaliação para MS da folha e colmo, em decorrência da redução da precipitação pluviométrica no 2º decêndio de dezembro (Figura 1), período correspondente à época de avaliação, demonstrando que os resultados de produtividade estão sujeitos a alterações em função das condições climáticas regionais.

A resposta agrônômica quanto aos teores de MS nos componentes estruturais colmo e folhas, dada

Tabela 1. Teores médios de matéria seca da planta e de seus constituintes físicos do milho cultivado em diferentes densidades populacionais, conforme data de avaliação. Guarapuava, 2011.

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Dias após emergências das plantas					Média
	40 dias	50 dias	60 dias	70 dias	80 dias	
Teor de matéria seca do colmo, % (MSc)						
80 mil	9,83	10,46	9,35	13,02	16,60	11,85
160 mil	9,35	13,14	7,21	11,63	15,35	11,34
240 mil	9,63	10,89	8,16	11,03	14,71	10,88
320 mil	9,06	10,36	6,74	10,14	14,29	10,12
400 mil	9,69	10,93	5,81	10,85	14,51	10,36
Média	9,51	11,16	7,45	11,34	15,09	
Equação de regressão ¹	MSc = 4,1068 + 0,1134D (CV: 24,9%; R ² : 0,2616; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	MSc = 10,90% (CV: 28,5%; R ² : 0,0359; P=0,0590)					
Teor de matéria seca das folhas, % (MSf)						
80 mil	12,22	15,87	16,20	18,83	20,45	16,71
160 mil	12,30	16,46	15,49	17,49	18,58	16,06
240 mil	13,54	16,89	15,47	18,70	18,06	16,53
320 mil	12,28	16,02	15,89	17,48	18,23	15,98
400 mil	12,45	15,97	14,63	16,98	18,12	15,63
Média	12,56	16,24	15,54	17,90	18,69	
Equação de regressão ¹	MSf = 7,8358 + 0,1391D (CV: 10,4%; R ² : 0,5814; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	MSf = 16,18% (CV: 15,9%; R ² : 0,0158; P=0,2223)					
Teor de matéria seca da planta, % (MSp)						
80 mil	11,93	14,22	13,59	15,02	16,33	14,22
160 mil	11,89	14,73	12,74	14,15	16,29	13,96
240 mil	13,30	15,05	13,35	14,45	16,21	14,47
320 mil	11,78	14,86	13,07	14,39	17,91	14,40
400 mil	13,01	15,26	13,64	13,53	14,22	13,93
Média	12,38	14,82	13,28	14,31	16,19	
Equação de regressão ¹	MSp = 10,0563 + 0,1095D (CV: 13,7%; R ² : 0,2047; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	MSp = 14,23% (CV: 15,4%; R ² : 0,0001; P=0,9291)					

* CV: coeficiente de variação.

¹ D = dias após emergência das plantas variando de 40 a 80 dias;

² P = densidade populacional variando de 80 a 400 mil plantas ha⁻¹.

em função dos dias após emergência das plantas, ocorreu, segundo Lopes e Maestri (1981), em função do comportamento de crescimento do híbrido utilizado e das transformações fisiológicas sob condições internas de crescimento da planta (composição morfológica e translocação de nutrientes) associados às condições externas de meio (temperatura, umidade, insolação e ventos).

Demonstra-se, na Tabela 2, as percentagens das frações colmo e folhas na planta de milho cultivado sob diferentes densidades de semeadura, no período fisiológico vegetativo de 40 a 80 dias após emergência das plantas, cujas variáveis analisadas diferiram tanto entre os níveis do fator A quanto B, contudo com comportamentos opostos, isso pelo fato de serem inversamente proporcionais, demonstrando

que, na medida em que aumenta a proporção de colmo (0,9981% dia⁻¹), há uma diminuição na proporção das folhas (1,0037% ao dia⁻¹).

A participação de folhas impacta diretamente no valor nutritivo e consumo de forragens, por serem mais rapidamente digeridas no rúmen em relação ao colmo. As relações folha/colmo (fo/co) encontradas no presente trabalho foram 29,33; 19,94; 5,06; 2,49, e 1,42 respectivamente para 40, 50, 60, 70 e 80 DAE. Com isso, a partir dos 60 DAE, a cultura do milho demonstra capacidade de produção de biomassa, com maior participação de folhas em detrimento do colmo, quando comparada com espécies de mesma época de plantio.

A participação do componente colmo em relação a planta inteira, evidenciada com o avanço do estágio fenológico da planta, segundo Beleze et al. (2003), é consequência da compensação dos processos de formação e translocação de substâncias orgânicas à definição da altura da planta. Já sua redução em função do aumento populacional de plantas deve-se à necessidade de maior captação de luz solar, em função da maior competição por espaço.

A produção de MS e matéria verde (MV) apresentou diferença significativa tanto entre os níveis do fator A para biomassa verde (P=0,0537) e para biomassa seca (P=0,0712), quanto para o fator B, havendo aumento de 5 vezes na produção de biomassa seca

Tabela 2. Composição física estrutural da planta do milho cultivado em diferentes densidades populacionais, conforme data de avaliação. Guarapuava, 2011.

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Dias após emergências das plantas					Média
	40 dias	50 dias	60 dias	70 dias	80 dias	
% de colmo na planta (Cc)						
80 mil	3,8	7,2	24,1	34,5	55,2	25,0
160 mil	3,0	3,9	19,5	30,0	45,6	20,4
240 mil	3,2	4,2	13,9	27,3	37,1	17,1
320 mil	3,3	4,1	13,6	23,5	35,2	15,9
400 mil	3,1	4,5	11,4	27,5	33,3	16,0
Média	3,3	4,8	16,5	28,6	41,3	
Equação de regressão ¹	Cc = -41,0160 + 0,9981D (CV: 40,2%; R ² : 0,7794; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	Cc = 25,5050 - 0,0280P (CV: 33,9%; R ² : 0,0394; P=0,0378)					
% de folhas na planta (Cf)						
80 mil	97,3	91,3	75,9	65,5	44,8	75,0
160 mil	96,5	97,8	80,5	70,0	54,4	79,8
240 mil	95,8	96,8	86,1	72,7	62,9	82,9
320 mil	96,6	96,6	86,4	76,5	64,8	84,2
400 mil	97,8	95,8	88,6	72,5	66,7	84,3
Média	96,8	95,7	83,5	71,4	58,7	
Equação de regressão ¹	Cf = 141,4480 - 1,0037D (CV: 9,5%; R ² : 0,7743; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	Cf = 74,3380 + 0,0287P (CV: 19,6%; R ² : 0,4405; P=0,0446)					

* CV: coeficiente de variação.

¹ D = dias após emergência das plantas variando de 40 a 80 dias;

² P = densidade populacional variando de 80 a 400 mil plantas ha⁻¹.

entre 40 e 80 DAE (Tabela 3). Nota-se, portanto, que o acúmulo de MS ocorreu na ordem de 291,4 kg de MS ha⁻¹ e 1.714 kg de MV ha⁻¹ diariamente, observando uma produção média superior a 13 t de MS ha⁻¹ em corte único (considerando maior nível avaliado), superando a produção de 10,6 t ha⁻¹ de MS de milho demonstrada por Cazetta et al. (2005) aos 60 DAE. Em estudo realizado por Guimarães et al. (2009), três genótipos de milho estabilizaram o crescimento aos 52 DAE, sendo que ao final da avaliação com 82 DAE as produções máximas de MV e MS foram respectivamente 31,84 t ha⁻¹ e 7,48 t ha⁻¹. Tiritan et al. (2013), ao avaliar a composição bromatológica de sorgo,

milho e guandu anão solteiros e consorciados em diferentes épocas de corte após a semeadura (DAS), encontraram maior produção de MS do milho em consórcio aos 60 DAS com produção de 6.618 kg de MS ha⁻¹ e o sorgo aos 90 DAS atingindo produção máxima de 7.086 kg de MS ha⁻¹, valores estes inferiores ao encontrado no presente estudo. Apesar da comparação entre diferentes espécies forrageiras, tal confronto de informações mostra que o milho pode ser uma viável alternativa à produção de forragem.

O aumento da produção de MS em função do crescimento da densidade populacional deu-se pelo aumento do número de plantas, as quais proporcio-

Tabela 3. Produção de biomassa verde e biomassa seca do milho cultivado em diferentes densidades populacionais, conforme data de avaliação. Guarapuava, 2011.

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Dias após emergências das plantas					Média
	40 dias	50 dias	60 dias	70 dias	80 dias	
Produção de biomassa verde, kg ha ⁻¹ (PBV)						
80 mil	15041	22577	36496	51562	71033	39342
160 mil	16885	26855	62920	82905	101289	58171
240 mil	20966	27133	57007	76737	84001	53169
320 mil	25931	29510	61939	85076	76809	55853
400 mil	30811	33088	52370	79008	87126	56481
Média	21927	27833	54146	75058	84052	
Equação de regressão ¹	PBV = -50282,00 + 1714,75D (CV: 33,7%; R ² : 0,6564; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	PBV = 28657,0 + 193,7884P - 0,3205P ² (CV: 36,8%; R ² : 0,2360; P=0,0537)					
Produção de biomassa seca, kg ha ⁻¹ (PBS)						
80 mil	1749	3202	4939	8041	11781	5942
160 mil	1995	4137	8066	12112	16207	8503
240 mil	2612	4120	8232	11523	13093	7916
320 mil	3037	4350	8365	12476	12857	8217
400 mil	3890	5028	6766	11098	12900	7936
Média	2657	4168	7274	11050	13368	
Equação de regressão ¹	PBS = -9715,67 + 291,40D (CV: 30,1%; R ² : 0,7600; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	PBS = 4339,1 + 29,4503P - 0,0516 P ² (CV: 21,1%; R ² : 0,2261; P=0,0712)					

* CV: coeficiente de variação.

¹ D = dias após emergência das plantas variando de 40 a 80 dias;

² P = densidade populacional variando de 80 a 400 mil plantas ha⁻¹.

nalmente alargam a produção em 193,78 kg a cada mil plantas adicionadas ao estande populacional variando de 80 e 400 mil ha⁻¹.

Com o avanço da época da colheita, o perfil químico apresentou um comportamento decrescente linear até 80 DAE (Tabela 4), apresentando diferença

significativa com relação aos teores médios de matéria mineral, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais para os níveis do fator B com redução diária de 0,0923%, 0,1197% e 0,1004%, respectivamente, justificando assim o aumento nos teores de FDN e FDA na MS de planta inteira (Tabela 5), igualmente evi-

Tabela 4. Teores médios de matéria mineral, de proteína bruta e de nutrientes digestíveis totais da planta do milho cultivado em diferentes densidades populacionais, conforme data de avaliação. Guarapuava, 2011.

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Dias após emergências das plantas					Média
	40 dias	50 dias	60 dias	70 dias	80 dias	
Teor de matéria mineral, % na MS (MM)						
80 mil	8,75	7,76	7,10	5,62	5,10	6,87
160 mil	8,08	6,92	6,81	6,32	4,96	6,62
240 mil	8,48	7,06	6,04	5,21	4,37	6,23
320 mil	8,58	8,26	6,55	5,51	4,22	6,62
400 mil	7,99	7,37	6,49	5,17	4,93	6,39
Média	8,38	7,47	6,60	5,57	4,71	6,55
Equação de regressão ¹	MM = 12,0864 - 0,0923D (CV: 14,2%; R ² : 0,6658; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	MM = 6,55% (CV: 14,8%; R ² : 0,7242; P=0,2986)					
Teor de proteína bruta, % na MS (PB)						
80 mil	15,67	12,47	11,62	10,62	10,55	12,19
160 mil	15,41	13,12	11,49	9,89	9,46	11,88
240 mil	13,87	12,14	12,86	9,27	9,92	11,61
320 mil	13,40	12,33	12,05	9,35	8,90	11,21
400 mil	13,13	12,14	11,35	9,34	9,58	11,11
Média	14,30	12,44	11,87	9,70	9,68	11,60
Equação de regressão ¹	PB = 18,7819 - 0,1197D (CV: 12,3%; R ² : 0,5873; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	PB = 12,4454 - 0,0035P (CV: 18,9%; R ² : 0,3327; P=0,0718)					
Nutrientes digestíveis totais, % na MS (NDT)						
80 mil	63,11	63,12	62,67	59,50	59,93	61,67
160 mil	61,08	61,81	61,47	58,65	58,79	60,36
240 mil	63,39	62,01	61,38	58,92	59,02	60,94
320 mil	62,53	61,76	61,58	58,60	59,38	60,77
400 mil	62,77	60,28	61,41	58,44	58,08	60,20
Média	62,57	61,80	61,70	58,82	59,04	60,79
Equação de regressão ¹	NDT = 66,8133 - 0,1004D (CV: 2,4%; R ² : 0,4824; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	NDT = 61,5459 - 0,0032P (CV: 3,3%; R ² : 0,3006; P=0,0818)					

* CV: coeficiente de variação.

¹ D = dias após emergência das plantas variando de 40 a 80 dias;

² P = densidade populacional variando de 80 a 400 mil plantas ha⁻¹.

denciado por Tiritan et al. (2013), fato esse já esperado em função da mudança do estágio fenológico da planta aumentando a proporção de carboidratos fibrosos e consequentemente diminuindo os componentes citoplasmáticos da células, em virtude da diminuição da relação fo/co (Tabela 2), corroborando com resultados descritos por Tomich et al. (2004).

Observou-se uma relação linear negativa no fator A para os teores de PB e NDT, indicando que, na medida em que se aumenta a densidade populacional, tem-se uma redução nos teores de PB e NDT da ordem de 0,0035% e 0,0032% a cada mil plantas, respectivamente. Já Neumann et al. (2010) e Albuquerque et al. (2011) não encontraram relação signi-

ficativa entre a densidade populacional de 300 a 600 mil plantas ha⁻¹ e os teores de PB no colmo e folha da planta de sorgo em manejo de cortes sucessivos.

Pariz et al. (2011), ao avaliarem a produção e composição bromatológica das forrageiras anuais mi-lheto, cultivar (cv.) BN2, e sorgo, cv. AG 2501C, aos 75 DAE, encontraram resultados médios de 52,9% de NDT e 6,1% de PB e 56,3% de NDT e 4,1% de PB, respectivamente, sendo estes inferiores aos demonstrados neste estudo, mesmo com uma diferença na altura de corte de 10 cm (30 cm em relação ao solo), o que poderia, em função da maior participação de folhas na biomassa total, aumentar os índices para as mesmas variáveis.

Tabela 5. Teores médios de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido da planta do milho cultivado em diferentes densidades populacionais, conforme data de avaliação. Guarapuava, 2011.

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Dias após emergências das plantas					Média
	40 dias	50 dias	60 dias	70 dias	80 dias	
Teor de fibra em detergente neutro, % na MS (FDN)						
80 mil	64,71	62,58	66,19	68,65	68,61	66,15
160 mil	65,03	63,77	65,15	68,98	67,95	66,18
240 mil	64,48	65,64	66,25	68,43	67,95	66,55
320 mil	64,83	63,98	67,28	69,85	67,68	66,72
400 mil	64,85	65,79	66,84	66,97	69,08	66,71
Média	64,78	64,35	66,34	68,58	68,25	66,46
Equação de regressão ¹	FDN = 59,7548 + 0,1118D (CV: 3,4%; R ² : 0,3307; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	FDN = 66,46% (CV: 3,4%; R ² : 0,4804; P=0,8766)					
Teor de fibra em detergente ácido, % na MS (FDA)						
80 mil	35,33	35,31	35,95	40,48	39,87	37,39
160 mil	38,23	37,18	37,67	41,70	41,50	39,26
240 mil	34,93	36,91	37,80	41,32	41,17	38,43
320 mil	36,16	37,26	37,51	41,77	40,66	38,67
400 mil	35,82	39,37	37,75	42,01	42,51	39,49
Média	36,09	37,20	37,34	41,45	41,14	38,65
Equação de regressão ¹	FDA = 30,0386 + 0,1435D (CV: 5,5%; R ² : 0,4826; P<0,0001)					
Equação de regressão ²	FDA = 37,5615 + 0,0045P (CV: 7,5%; R ² : 0,1107; P=0,0755)					

* CV: coeficiente de variação.

¹ D = dias após emergência das plantas variando de 40 a 80 dias;

² P = densidade populacional variando de 80 a 400 mil plantas ha⁻¹.

Os teores médios de FDN e FDA seguiram comportamento de crescimento linear na ordem de 0,1118% e 0,1435 % ao dia, respectivamente, com valores médios variando entre 64,78% e 68,25% de FDN entre 40 e 80 DAE, caracterizando o milho forragem como uma fonte de fibra de melhor qualidade para alimentação animal de rápida disponibilidade para uso. Já para o fator B, somente o FDA demonstrou-se responsivo positivamente em 0,0045% ao aumento de cada mil plantas.

Resultados inferiores foram encontrados por Tiritan et al. (2013) para milheto, sorgo e guandu anão 90 DAS com valores de 51,11%, 54,46% e 57,07% de FDN, respectivamente, contudo com produção de MS (kg ha^{-1}) 47% inferior.

O comportamento de aumento nos teores de FDN na MS da biomassa do milho forragem corrobora com dados de milho cultivado em sistema hidropônico (Pícolo, 2012) e para milheto (Kollet et al., 2006), demonstrando o aumento da variável à medida que se avança o período de colheita e/ou ciclo da cultura durante as fases iniciais de crescimento.

Campêlo et al. (2007), trabalhando com milho hidropônico, enfatizou destaque na correlação negativa entre teores de PB e MM, com MS, FDN e FDA, fato esse também evidenciado no presente estudo, demonstrando que o aumento nos teores de MS são impulsionados predominantemente pelo aumento da porção fibrosa da planta, o que não significa dizer que há diminuição da qualidade com o avanço da época de colheita, pois aos 80 DAE, independentemente da densidade de semeadura avaliada, houve satisfatória produção de MS ha^{-1} com teores de NDT, PB e fôco, superiores ao encontrado em culturas utilizadas como forrageira de ciclo curto, devendo portanto ser considerada não somente a quantidade mas também a qualidade da fração fibrosa. Assim, é preciso conside-

rar os demais componentes bromatológicos da planta, comparando-os com eventuais substitutos (milheto e sorgo), devendo, portanto, ser considerado o custo benefício da maior produção de MS ha^{-1} .

Conclusões

A densidade populacional variando de 80 a 400 mil plantas ha^{-1} não afeta a produção, parâmetros físicos e bromatológicos em regime de corte na cultura do milho, contudo, a época de colheita afeta diretamente na composição química e física da cultura.

A forragem de milho é uma alternativa para corte e alimentação de animais ruminantes, apresentando potencial de produção de MS, aliado ao valor nutricional aos 60 dias após a emergência das plantas.

Referências

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 494-501, 2011.
DOI: [10.1590/S1413-70542011000300009](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300009).
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.
DOI: [10.1590/S0100-06832005000300017](https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000300017).
- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.
DOI: [10.1590/S0100-204X2004000800007](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800007).

- BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. J. da S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes estádios de maturação: 2. Concentrações dos componentes estruturais e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 538-545, 2003. DOI: [10.1590/S1516-35982003000300005](https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000300005).
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater-RS: Ascar, 2014. 84 p.
- BOLSEN, K. K. Silage technology. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 1996, Queensland. **Proceedings...** Queensland: Gatton College, 1996. p. 1-30.
- CAMPÊLO, J. E. G.; OLIVEIRA, J. C. G.; ROCHA, A. S.; CARVALHO, J. F.; MOURA, G. C.; OLIVEIRA, M. E.; SILVA, J. A. L.; MOURA, J. W. S.; COSTA, V. M.; UCHOA, L. M. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 276-281, 2007.
- CAZETTA, D. A.; FILHO, F. D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 575-580, 2005.
- CRUZ, J. C.; PEREIRAFILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M. V.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistema de Produção, 2).
- GUIMARÃES, J. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; PIRES, D. A. A.; JAYME, D. G.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S. Avaliação agronômica de genótipos de milho (*P. glaucum*) plantados em período de safrinha. **Revista Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, p. 629-632, 2009.
- HANWAY, J. J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 487-492, 1963.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex: Longman, 1990. 203 p.
- KOLLET, J. L.; DIOGO, J. M. S.; LEITE, G. G. R. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1308-1315, 2006. DOI: [10.1590/S1516-35982006000500008](https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000500008).
- LOPES, N. F.; MAESTRI, M. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.) cultivado em três densidades populacionais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 28, n. 157, p. 268-288, 1981.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NORNBORG, J. L.; OLIBONI, R.; PELLEGRINI, L. G. de; FARIA, M. V.; MARAFON, F. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura no cultivo do sorgo em manejo de cortes. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 65-73, 2010.
- PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; ANDREOTTI, M.; ARAÚJO, F. C. M.; ULIAN, N. A.; BERGAMASCHINE, A. F. Produção e composição bromatológica de forrageiras em sistema de integração lavourapecuária em diferentes épocas de semeadura. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1392-1400, 2011. DOI: [10.1590/S0100-204X2011001000037](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000037).
- PAULINO, T. V.; CARVALHO, D. D. Pastagens de inverno. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Nova Odessa, v. 3, n. 5, p. 1-6, 2004.
- PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. **From harvest to feed: understanding silage management**. State College, 2004. 40 p.
- PEREIRA, O. G.; GOBBI, K. F.; PEREIRA, D. H.; RIBEIRO, K. G. Conservação de forragens como opção ao manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia: UFPB, 2006. p. 507-539.

- PÍCCOLO, M. A. **Forragem verde hidropônica de milho produzida em substratos orgânicos residuais utilizando água residuária de bovino**. 2012. 98 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2012.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. 20 p. (Arquivo Agrônomo, n.15).
- SAS INSTITUTE. **SAS Language reference: version 6**. Cary, 1993. 1042 p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.
- TIRITAN, C.S.; SANTOS, D.H.; MINUTTI, C.R.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Bromatological composition of sorghum, millet plant and midget guandu at different cut times in intercropping and monoculture. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 183-190, 2013.
- TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, R. G. P.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Lavras, v. 56, n. 2, p. 258-263, 2004.
DOI: [10.1590/S0102-09352004000200017](https://doi.org/10.1590/S0102-09352004000200017).
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.