

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO PARA SILAGEM SOB NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM COBERTURA

Mikael Neumann¹; Egon Henrique Horst^{2*}; André Dochwat¹; Guilherme Fernando Mattos Leão³; Murilo Klosovski Carneiro¹; Richard Paglia de Mello⁴

SAP 13706 Data envio: 29/02/2016 Data do aceite: 17/11/2016
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 1, jan./mar., p. 69-77, 2017

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade, a composição morfológica e bromatológica, além da viabilidade econômica e potencial de produção de leite da lavoura de milho (*Zea mays* L.) destinada à produção de silagem sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de adubação de cobertura: T1 (217 kg ha⁻¹ de N + 137 kg ha⁻¹ de K₂O); T2 (295 kg ha⁻¹ de N + 163 kg ha⁻¹ de K₂O); T3 (374 kg ha⁻¹ de N + 190 kg ha⁻¹ de K₂O); e T4 (452 kg ha⁻¹ de N + 216 kg ha⁻¹ de K₂O). Verificou-se que o nível de adubação não afetou ($P > 0,05$) os parâmetros relativos à altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e a produção de grãos, porém, maior ($P < 0,05$) produção de biomassa seca foi obtida com 374 kg ha⁻¹ de N + 190 kg ha⁻¹ de K₂O de adubação de cobertura (32.346 kg ha⁻¹). Para os parâmetros NDT e VRA, valores superiores ($P < 0,05$), respectivamente, foram observados para as adubações de cobertura 374 kg ha⁻¹ de N + 190 kg ha⁻¹ de K₂O (71,30% e 132,0) e 452 kg ha⁻¹ de N + 216 kg ha⁻¹ de K₂O (71,14% e 131,6). Contudo, o menor nível obteve o menor custo por tonelada de NDT ha⁻¹ produzido. De maneira geral, o híbrido de milho P30R50HY apresentou alta produtividade e características nutricionais adequadas quando cultivado em nível mínimo de adubação de cobertura.

Palavras-chave: bromatologia, composição física, fertilização, NDT, produção de biomassa seca.

AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF CORN FOR SILAGE UNDER NITROGEN AND POTASSIUM LEVELS BY COVERING FERTILIZATION

ABSTRACT - The objective was to evaluate the productivity, morphological and chemical composition, in addition to the economic viability of the corn crop (*Zea mays* L.) for the production of silage under different levels of nitrogen and potassium fertilization in coverage. Treatments consisted of four coverage levels: T1 (217 kg ha⁻¹ N + 137 kg ha⁻¹ K₂O); T2 (295 kg ha⁻¹ N + 163 kg ha⁻¹ K₂O); T3 (374 kg ha⁻¹ N + 190 kg ha⁻¹ K₂O); and T4 (452 kg ha⁻¹ N + 216 kg ha⁻¹ of K₂O). It was found that the fertilization level had no effect ($P > 0.05$) in the parameters related to plant height, height of the first insertion spike and grain production, however, higher ($P < 0.05$) dry biomass production was obtained with 374 kg ha⁻¹ N + 190 kg ha⁻¹ coverage K₂O (32,346 kg ha⁻¹). For TDN and FRV parameters, higher values ($P < 0.05$), respectively, were observed for 374 kg ha⁻¹ N + 190 kg ha⁻¹ K₂O (71.30% and 132.0) and 452 kg ha⁻¹ N + 216 kg ha⁻¹ K₂O (71.14% and 131.6) coverage fertilization. However, the lower level had the lowest cost per ton of TDN ha⁻¹ produced. Overall, the P30R50HY corn hybrid showed high productivity and adequate nutritional characteristics when grown in minimum coverage level fertilization.

Key words: bromatology, physical composition, fertilization, TDN, green biomass production.

INTRODUÇÃO

A silagem possui grande importância na produção de ruminantes. De acordo com Neumann et al. (2013), a silagem possui objetivo mais amplo na nutrição, não somente sendo considerado como um alimento para suprir o déficit de crescimento de pastagens, mas sim como parte integrante na dieta o ano todo, aumentando a qualidade do alimento fornecido. Por consequência, este é um fator decisivo que garante boa sanidade, desempenho animal e redução nos custos.

De forma geral, todas as forrageiras possuem potencial para serem ensiladas. Porém, o milho se destaca das demais por apresentar grande capacidade de produção de biomassa seca por unidade de área (> 15 t ha⁻¹ de MS), associada à alta densidade energética ($> 68\%$ de NDT na MS) do produto resultante, o que se deve, segundo Neumann et al. (2013), em virtude da presença intensa de amido ($> 30\%$ na MS) e da baixa concentração de carboidratos fibrosos ($< 50\%$ de FDN).

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Rua Simeão Varela de Sá 03, Vila Carli, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: neumann.mikael@hotmail.com; andre.dochwat@hotmail.com; murilokcarneiro@hotmail.com

²Universidade Estadual de Londrina, UEL, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n, campus Universitário, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: egonhh@yahoo.com.br. *Autor para correspondência

³Universidade Federal do Paraná, UFPR, Rua XV de Novembro 1299, Centro, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: gfleao@hotmail.com

⁴Du Pont do Brasil S/A - Divisão Pioneer Sementes, Linha Marreco s/n, Centro, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: richard.mello@hotmail.com

No entanto, a qualidade nutricional da silagem está intimamente relacionada ao suporte nutricional dado à lavoura, pois, as necessidades nutricionais da planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante o seu ciclo. Assim, tanto na produção de grãos como na de silagem é necessário colocar à disposição da planta um nível de adubação em nutrientes condizente com a que a planta irá extrair (MALAVOLTA et al., 1997).

Dentre todos os nutrientes fundamentais para sanidade e produtividade da planta, o nitrogênio possui papel de destaque, pois é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento. Este mineral ainda faz parte de proteínas, ácidos nucléicos e muitos outros importantes constituintes celulares, incluindo membranas e diversos hormônios vegetais (SOUZA; FERNANDES, 2006).

Em consonância, Neumann et al. (2010) enfatizam que o nitrogênio é o mineral mais exportado do solo para a planta, onde cerca de 75% desse nitrogênio é translocado para os grãos, concentrando aproximadamente 15 kg de N ton⁻¹ de grãos. De acordo com os mesmos autores, as folhas quando bem supridas em nitrogênio têm maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, aumentando consequentemente a produção de matéria seca.

É notório destacar que as respostas produtivas encontradas sob diferentes níveis de adubação nitrogenada são bastante variáveis, isto porque, cada genótipo possui uma exigência e responde de forma diferenciada ao incremento do nitrogênio. Há também respostas fisiológicas distintas de acordo com o tipo e fertilidade de solo, onde o primeiro nutriente limitante pode gerar impacto negativo sobre a energia disponível para a planta para expressar tal genótipo (TAIZ; ZEIGER, 1991).

Porém, é fundamental manter uma relação N:K ideal, visto que a mesma influencia diretamente o desenvolvimento da cultura (BÜLL, 1993). O potássio é responsável por funções não específicas como o estabelecimento do potencial osmótico, e outras funções específicas, nas quais o mesmo proporciona ativação enzimática, balanceamento iônico, além de controlar a permeabilidade da membrana e o potencial elétrico (MENGUEL; KIRKBY, 2001).

De acordo com Souza e Fernandes (2006), os estudos acerca dos níveis de nitrogênio e potássio nas plantas indicam uma tendência para o máximo de economicidade das culturas, visto que o excesso destes nutrientes, além de ser prejudicial à planta e ao ambiente, pode onerar o produtor.

Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade, a composição morfológica e bromatológica, além de analisar a viabilidade econômica da lavoura de milho (*Zea mays* L.) destinada à produção de silagem sobre diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi coordenado pelo Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências

Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava, PR.

O trabalho foi conduzido na Agropecuária Cachoeirinha, BR 277, km 376, município de Guarapuava, PR, em altitude de 1.050 m, sob as coordenadas de latitude de 25° 29' 10,96" e longitude de 51° 45' 16,14". O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO BRUNO Típico. A área experimental vinha sendo utilizada, nos últimos anos, com pastagens de ciclo anual, na estação de inverno, e lavouras de milho e soja, na estação de verão, recebendo, a cada estação de cultivo, adubações de fósforo e potássio, conforme as Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1995).

O clima da região de Guarapuava é o Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado, conforme a classificação de Köppen, com 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%.

O solo da área experimental, em outubro de 2014, apresentou as seguintes características químicas (perfil de 0 a 20 cm): pH CaCl₂ 0,01M: 5,23; P resina: 11,45 mg dm⁻³; K⁺: 0,23 cmol_c dm⁻³; MO: 7,12%; Al⁺³: 0,005 cmol_c dm⁻³; Al⁺³+H⁺: 6,54 cmol_c dm⁻³; Ca⁺²: 5,52 cmol_c dm⁻³; Mg⁺²: 3,17 cmol_c dm⁻³; CTC: 15,5%; Cu: 4,10 mg kg⁻¹; Zn: 8,23 mg kg⁻¹; Mn: 37,40 mg kg⁻¹; e Fe: 29,40 mg kg⁻¹.

A lavoura de milho (*Zea mays*, L.) foi implantada em 16/09/2014, em sistema de plantio direto, em sucessão à mistura forrageira aveia preta comum (*Avena strigosa*) e azevém comum (*Lolium multiflorum*), a qual foi dessecada com herbicida a base de Glyphosate (produto comercial Roundup Original: 3 L ha⁻¹). Na semeadura do híbrido P30R50YH, de ciclo precoce, utilizou-se de uma semeadora marca Stara, modelo Prima, com 12 linhas, com espaçamento entre linhas de 42 cm, profundidade de semeadura de 4 cm e densidade de 3,6 plantas por metro linear, conforme a recomendação da empresa de melhoramento. A semeadura do milho foi realizada em parcelas com área total de 837 m² (27 x 31 m), sendo utilizada para avaliação a área útil de 700 m² (24,5 x 28,6 m).

As avaliações foram sobre a produção de biomassa, a composição física da planta, os teores de matéria seca da planta e de seus componentes estruturais e a composição química da planta de milho sob o efeito de diferentes níveis de adubação de cobertura, além da viabilidade econômica.

A adubação de base foi constituída de 500 kg ha⁻¹ da formulação 12-31-17 (N-P₂O₅-K₂O), conforme o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004).

Em cobertura, 30 dias após a semeadura (15/10/2014), no estádio de desenvolvimento da cultura V5, realizou-se a primeira adubação de cobertura na dosagem de 218 kg ha⁻¹ da formulação 36-00-12 (N-P₂O₅-K₂O) para todos os tratamentos, e 45 dias após a semeadura (01/11/2014), no estádio de desenvolvimento V9, realizou-se a segunda adubação de cobertura na

dosagem de 0 kg de N ha⁻¹ para o nível A; 218 kg de N ha⁻¹ para o nível B; 436 kg de N ha⁻¹ para o nível C; e 654 kg ha⁻¹ de N para o nível D, constituindo assim os diferentes níveis de adubação de cobertura avaliados. Com exceção do N e do K₂O da sementeira, todo o N e o K₂O aplicado em cobertura teve como fonte a uréia potassada (36-00-12).

Por fim, obtiveram-se então os níveis de N e K₂O por hectare de cada tratamento multiplicando a dose de adubação pela concentração de N e K₂O de cada formulação, representando quatro distintos níveis de adubação: A: 217 kg ha⁻¹ de N + 137 kg ha⁻¹ de K₂O; B: 295 kg ha⁻¹ de N + 163 kg ha⁻¹ de K₂O; C: 374 kg ha⁻¹ de N + 190 kg ha⁻¹ de K₂O; e D: 452 kg ha⁻¹ de N + 216 kg ha⁻¹ de K₂O.

O manejo da cultura do milho em 20/10/2014 baseou-se no controle de plantas indesejáveis pelo método químico utilizando o herbicida a base de tembotriona (produto comercial Soberan: 0,12 L ha⁻¹) mais atrazine (produto comercial: Gesaprim GRDA: 1 kg ha⁻¹) mais óleo

mineral (produto comercial Assist: 0,5 L ha⁻¹), e no controle de pragas com o inseticida a base de spinosad (Produto comercial Tracer: 60 ml ha⁻¹), mediante laudo técnico da lavoura. O controle preventivo de doenças foi realizado com três aplicações sequenciais (15/10/2014, 12/12/2014 e 06/01/2015) de fungicidas a base de azoxistrobina + ciproconazol, propiconazole (Produto comercial Piori Xtra: 400 ml ha⁻¹ + Tilt: 600 ml ha⁻¹), mediante laudo técnico das lavouras. A população final de plantas de milho mensurada aos 25 dias após a sementeira mostrou valor médio de 77.487 plantas ha⁻¹, com coeficiente de variação de 3,3%.

Anteriormente à segunda adubação de cobertura, realizou-se a coleta de uma amostra homogênea e representativa da terceira folha verdadeira das plantas de milho, independente do tratamento avaliado, para análise foliar da concentração de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, com valores expresso em g kg⁻¹ e de micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn, com valores expresso em mg kg⁻¹ (Tabela 1).

TABELA 1. Status mineral do tecido vegetal da planta de milho 45 dias após a sementeira.

Status visual das plantas*	Macro minerais (g kg ⁻¹)						Micro minerais (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
Assintomática	43,1	3,2	26,5	2,4	2,1	1,0	158	28	12	23
Sintomática	43,9	3,5	24,0	2,4	2,3	1,0	165	31	10	27
Média	43,5	3,4	25,3	2,4	2,2	1,0	161,5	29,5	11	25

*Amostras da terceira folha verdadeira.

O N foi determinado pelo método colorimétrico de Nessler, o P pelo método da redução do fosfomolibdato pela vitamina C, modificado por Malavolta (1997), e o K por fotometria de chama. O Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, e o S por turbidimetria do sulfato, conforme metodologia proposta por Malavolta (1997).

A análise química dos micronutrientes foi realizada após digestão nitroperclórica, seguindo metodologia de Malavolta et al. (1997). As leituras foram feitas por espectroscopia de absorção atômica.

As plantas de milho foram colhidas em 22/02/2015, no estágio reprodutivo de grão duro, para produção de silagem da planta inteira. Mediante a colheita, promoveu-se a mensuração da altura da inserção da primeira espiga e da altura da planta (m), assim como a contagem do número de folhas secas por planta. Sequencialmente, todas as plantas de milho contidas na área útil de cada parcela foram colhidas com máquina forrageira automatizada da marca John Deere regulada com altura de corte a 35 cm e pesadas para determinação da produção de biomassa fresca, utilizando balança de plataforma portátil marca Celm, modelo 1002/2014 com capacidade de 32 t, com precisão de 2 kg, sendo os valores extrapolados para kg ha⁻¹.

Uma sub-amostra de 20 plantas homogêneas e representativas de cada parcela foram separadas para envio ao laboratório de análise de alimentos e nutrição de ruminantes da Universidade Estadual do Centro Oeste

(UNICENTRO) para determinar a composição percentual física das estruturas anatômicas da planta (% na MS) pela segmentação dos componentes: colmo, folha, brácteas mais sabugo, e grãos. As amostras da planta inteira e dos componentes estruturais de cada tratamento foram pesadas e pré-secadas em estufa de ar forçado a 55 °C até peso constante, para determinação do teor de matéria seca (MS), e moídas sequencialmente em moinho tipo "Willey", com peneira de malha de 1 mm. Tal método permitiu estimar os valores médios de produção de biomassa seca e de grãos (kg ha⁻¹).

Nas amostras pré-secas de forragem, foram determinadas a matéria seca total (MS) em estufa a 105 °C, proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl e matéria mineral (MM) por incineração a 550 °C (4 h), conforme Silva e Queiroz (2009). Também foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), utilizando-se α amilase termo-estável (Termamyl 120L, Novozymes Latin América Ltda.) e lignina (LIG) conforme Van Soest et al. (1991), e os teores de fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1970). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT, %) foram obtidos via equação [NDT, % = 87,84 - (0,70 x FDA)] sugerida por Bolsen (1996), enquanto que a fibra em detergente neutro digestível foi obtida via equação [FDNd, % da FDN = 100 - (((2,4 x LIG) ÷ FDN) x 100)].

A análise econômica constou da determinação do custo de estabelecimento e manejo de lavoura (R\$ ha⁻¹) e custo médio de produção de silagem (R\$ t⁻¹), não levando

em conta os custos fixos da propriedade. No custo total de produção da silagem (R\$ ha⁻¹), foram considerados a semente de milho (R\$ 365,00 sc⁻¹), tratamento de semente com inseticida cropstar (R\$ 145,00 L⁻¹), fertilizante químico NPK: 12-31-17 (R\$ 1230,00 t⁻¹), herbicidas para dessecção (R\$ 10,00 L⁻¹), herbicida seletivo a cultura pós emergente (76,34 R\$ L⁻¹), inseticida (R\$ 61,14 L⁻¹), fungicida (R\$ 146,00 + 71,00 L⁻¹), óleo mineral (R\$ 8,05 L⁻¹) e uréia potassada NPK: 36-00-12 (R\$ 1230,00 t⁻¹). Obteve-se a estimativa do custo total do processo dos diferentes níveis de adubação de cobertura pela relação entre resposta agrônômica das plantas de milho, custo dos insumos utilizados e produtividade por unidade de área e valor nutritivo resultante sob a forma de silagem.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, composto por quatro tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância com comparação das médias ao nível de significância de 5% pelo teste Tukey. Os dados que apresentaram significância ($p < 0,05$) foram conduzidos

para análise de regressão (*proc reg*) por intermédio do programa estatístico SAS (1993).

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte: $Y_{ij} = \mu + N_i + B_j + B_j(N)_i + E_{ij}$, em que Y_{ij} : variáveis dependentes; μ : média das observações; N_i : efeito do nível de adubação de cobertura de ordem "i"; B_j : efeito do bloco de ordem "j"; $B_j(N)_i$: efeito aleatório baseado no bloco dentro do tratamento (Erro a); i: 1 4 (índice dos tratamentos); j: 1 4 (índices de repetições); e E_{ij} : erro aleatório residual, assumindo distribuição normal média igual a zero e variância σ^2 (Erro b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios para as variáveis altura de planta, altura da inserção da primeira espiga, número de folhas secas por planta, produção de biomassa fresca, produção de biomassa seca e produção de grãos, do milho cultivado em diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura.

TABELA 2. Altura de planta, altura de espiga, número de folhas secas por planta, produção de biomassa fresca, produção de biomassa seca e produção de grãos de milho, no momento da colheita para silagem, sob diferentes níveis de adubação de cobertura.

Níveis de N e K --- kg ha ⁻¹ ---	Altura de planta ----- m -----	Altura de espiga ----- m -----	Número de folhas secas por planta	Biomassa fresca ¹ -- kg ha ⁻¹ --	Biomassa Seca ² -- kg ha ⁻¹ --	Grãos -- kg ha ⁻¹ --
217 – 137	2,41	1,30	4,35	76.206	29.927	15.739
295 – 163	2,42	1,32	3,95	79.068	30.562	15.823
374 – 190	2,48	1,40	3,85	83.028	32.346	16.703
452 – 216	2,39	1,34	3,95	82.275	30.075	15.812
Média	2,43	1,34	4,03	80.144	30.727	16.019
C.V. (%)	2,99	4,57	17,62	6,66	9,23	8,29
P > F	0,4731	0,1905	0,7619	0,0553	0,0183	0,0958

¹BF = 55251+127,3261N-0,1480N²

²BS = 17491+81,5841N-0,1174N²

De maneira geral, o nível de adubação de cobertura não afetou ($p > 0,05$) a altura de planta, a altura de inserção da primeira espiga e a produção de grãos, apresentando valores médios de 2,43 m, 1,34 m, e 16.019 kg ha⁻¹, respectivamente. Melo et al. (1999) enfatizam que de fato, a produtividade de grãos é mais responsiva a doses elevadas de N quando em semeadura, e não em cobertura. Em relação ao potássio, Büll (1993) relata influência positiva desse sobre o peso individual de grãos, o que não foi evidenciado nos resultados apresentados.

Observa-se que maiores ($P < 0,05$) produções de biomassa fresca e biomassa seca foram obtidas no terceiro nível de adubação de cobertura (374 kg ha⁻¹ de N + 190 kg ha⁻¹ de K₂O) com valores de 83.028 kg ha⁻¹ e 32.346 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 1).

Geralmente, os aproveitamentos de N decrescem com o aumento das doses aplicadas, tal fato é devido ao suprimento de N exceder as necessidades da cultura. Por fim, tais decréscimos têm como consequências as perdas de amônia, que aumentam com a dose de aplicação

(FERNANDES et al., 2005). Além disso, Deparis et al. (2007) avaliando a eficiência do uso de nitrogênio, relataram que com o aumento das doses de potássio em cobertura houve redução significativa do aproveitamento do nitrogênio.

Sobretudo, o nitrogênio exerce papel fundamental na formação e composição da planta, apresentando estreita relação com a produtividade de grãos e de biomassa seca (BASI et al., 2011).

De maneira geral, o híbrido de milho P30R50HY apresentou alta produtividade e características nutricionais adequadas quando cultivado em nível mínimo de adubação de cobertura, o que pode ter mascarado o resultado final dos níveis crescentes de adubação de cobertura, pelo fato de ter apresentado um ano agrícola excelente, com chuvas regulares durante o ciclo da cultura.

Segundo Pauletti (1998) é necessário 0,025 kg de N para produzir 1 kg de grão. Porém, cada genótipo possui uma exigência e responde de forma diferenciada ao incremento do nitrogênio. Por isso, alguns híbridos só

respondem com aumento produtivo até determinado nível de adubação, com vistas à sua capacidade genética (TAIZ; ZEIGER, 2004).

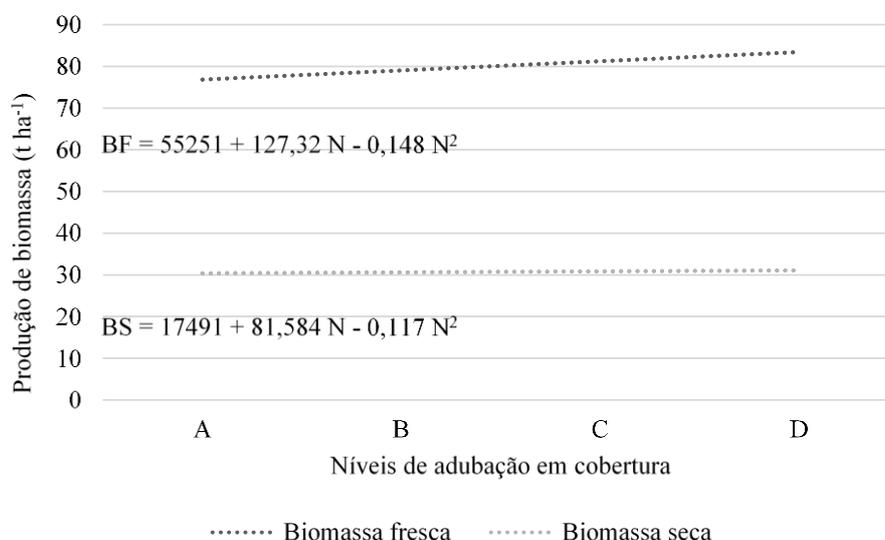


FIGURA 1 - Produção de biomassa fresca (BF) e biomassa seca (BS) sob os diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura.

De igual forma, Budakli et al. (2010) obtiveram efeito significativo sobre o rendimento de MS em diferentes níveis de adubação nitrogenada. Os autores relatam que a produção de MS ha⁻¹ atingiu um valor máximo com 300 kg de N ha⁻¹ (22.883 kg), não respondendo a níveis superiores.

Já Neumann et al. (2010) compararam dois níveis de adubação nitrogenada de cobertura (0 kg contra 135 kg), e constataram que para cada kg de N aplicado em cobertura houve um aumento de 131 kg de MS ha⁻¹, assim como um aumento significativo de 6,2% na participação de grãos na estrutura da planta. No entanto, tal fato não ocorreu no trabalho como pode ser observado na Tabela 3.

TABELA 3. Composição física estrutural da planta de milho, no momento da colheita para silagem, sob diferentes níveis de adubação de cobertura.

Níveis de N e K (kg ha ⁻¹)	Composição física da planta (% na MS)			
	Colmo	Folhas	Brácteas mais sabugo	Grãos
217 – 137	17,4	14,3	15,6	52,7
295 – 163	17,5	16,0	14,7	51,8
374 – 190	18,0	15,5	14,8	51,7
452 – 216	17,8	15,0	14,5	52,6
Média	17,7	15,2	14,9	52,2
C.V. (%)	6,85	5,19	8,58	2,91
P > F	0,8600	0,0709	0,6718	0,7060

De maneira geral, a planta de milho para silagem, sob cultivo com diferentes níveis de adubação de cobertura não sofreu alterações na sua composição física estrutural, mostrando valores médios de 17,7% de colmo, 15,2% de folhas, 14,9% de brácteas mais sabugo e 52,2% de grãos.

Em consonância, Neumann et al. (2005), trabalhando com níveis de adubação nitrogenada de cobertura em lavouras de milho para silagem, também não observaram diferença para folhas e brácteas mais sabugo. Já para participação de grãos, os autores relataram

aumento linear na composição física estrutural da planta crescente de 0,04% para cada kg de N aplicado.

Deparis et al. (2007), em estudo com níveis crescentes de adubação nitrogenada e potássica em cobertura, encontraram diferença significativa para massa de grãos em relação às doses de N, com aumento de 0,071 g kg⁻¹ de N, enquanto a adubação potássica não influenciou o mesmo parâmetro.

Cabe ressaltar que diversos estudos em solos brasileiros não têm apresentado resposta à fertilização potássica. Tal fato se deve a fatores como teores de K

prontamente disponíveis em valores adequados no solo, presença de minerais fontes de K e contribuição de formas não trocáveis do elemento (COELHO, 2006).

É importante salientar que a fração grãos não pode ser utilizada como parâmetro isolado visando uma silagem de qualidade. A importância dessa fração foi questionada por Mendes et al. (2015), os quais verificaram variação no consumo de MS e na digestibilidade da forragem independentemente da proporção de grãos na MS da planta. Portanto, nota-se a importância das frações vegetativas da planta na qualidade final da silagem.

A produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes nos componentes estruturais têm relação íntima

com a extração de nutrientes do solo, portanto, é fundamental uma adubação com quantidade de nutrientes que estas têm capacidade e necessidade de extrair (UENO et al., 2011).

A planta de milho para silagem, sob cultivo com diferentes níveis de adubação nitrogenada de cobertura não sofreu alterações quanto aos teores de matéria seca, seja da planta inteira como de seus componentes estruturais no momento da ensilagem (Tabela 4). Da mesma forma, os diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica também não afetaram ($p > 0,05$) os teores médios de matéria mineral, hemicelulose, celulose e lignina.

TABELA 4. Teores de matéria seca da planta inteira e dos componentes estruturais colmo, folhas, brácteas mais sabugo, e grãos, e a composição bromatológica da planta do milho, no momento da colheita para silagem, sob diferentes níveis de adubação de cobertura.

Parâmetro*	Níveis de N e K (kg ha ⁻¹)				Média	C.V. (%)	P > F
	217 - 137	295 - 163	374 - 190	452 - 216			
Teor de MS	%						
Colmo	19,24	17,75	17,51	17,48	18,00	6,01	0,1203
Folhas	31,24	34,48	35,24	28,62	32,40	14,42	0,2180
Brácteas + Sabugo	37,03	37,90	38,26	35,49	37,17	5,43	0,2651
Grãos	71,94	70,83	70,42	70,68	70,97	2,43	0,6224
Planta	39,11	38,71	39,08	36,60	38,38	7,79	0,6037
	% na MS						
MM	2,71	2,82	2,57	2,15	2,56	21,67	0,3720
PB	7,89	8,03	7,82	8,28	8,00	3,43	0,1425
FDN ¹	51,79	50,93	50,02	49,71	50,61	5,21	0,0354
HEM	26,07	25,42	26,17	26,08	25,93	7,58	0,9427
FDA ²	25,72	25,52	23,85	23,63	24,68	5,49	0,0404
CEL	20,55	19,80	18,77	18,45	19,39	7,56	0,2173
LIG	5,18	5,71	5,08	5,18	5,29	11,24	0,4598
CNF+EE ³	43,86	38,21	40,59	41,61	41,07	9,24	0,0506
	% da FDN						
FDNd ⁴	76,00	73,09	75,63	74,99	74,93	8,25	0,0568
	Índice						
VRA ⁵	123,7	126,3	131,6	132,0	128,4	6,29	0,0226
	%						
NDT ⁶	69,83	69,98	71,14	71,30	70,56	1,35	0,0517
	kg ha ⁻¹						
PL ⁷	69.044	70.631	76.119	70.911	71.676	9,70	0,0466

¹FDN = 53,6325-0,0091N; ²FDA = 28,0516-0,0101N; ³CNF+EE = 70,7828-0,1840N+0,0003N²;

⁴FDNd = 117,5939-0,2935N+0,0005N²; ⁵VRA = 115,6736+0,0381N; ⁶NDT = 68,2039+0,0070N

⁷PL = 38123+198,8936N-0,2756N²

Mengel (1997) relata que o incremento de nitrogênio e potássio tende a um aumento no teor de PB da planta, visto que o N é constituinte dessas moléculas e o K incrementa a absorção desse mineral e a síntese de

proteínas. Porém, não foi observado diferença entre os níveis de adubação.

Quanto aos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e carboidratos não fibrosos mais extrato etéreo, estes foram alterados pelos diferentes níveis

de adubação de cobertura (Tabela 4). O teor de FDN foi inferior no quarto nível de adubação de cobertura comparativamente ao primeiro (49,71% contra 51,79%), porém, ambos não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) dos valores referentes aos outros dois níveis. Caetano (2001) aponta que o teor de FDN pode sofrer influência do nível de adubação nitrogenada, de forma que aumentando a produção de grãos da cultura, tem-se um efeito de diluição na planta, fato esse, não evidenciado no presente estudo.

A FDN de uma silagem tem relação direta com o consumo de matéria seca pelos animais, ou seja, quanto maior esse valor, menor tende a ser o consumo. Vale a ressalva de que todos os valores encontrados para FDN e FDA são considerados ideais para silagem, segundo os parâmetros indicados por Neumann et al. (2013).

Em relação a FDN digestível, essa foi afetada pelos diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura, tendo o segundo nível de adubação apresentado a menor ($p < 0,05$) percentagem de digestibilidade dessa fração (73,09%) (Figura 2).

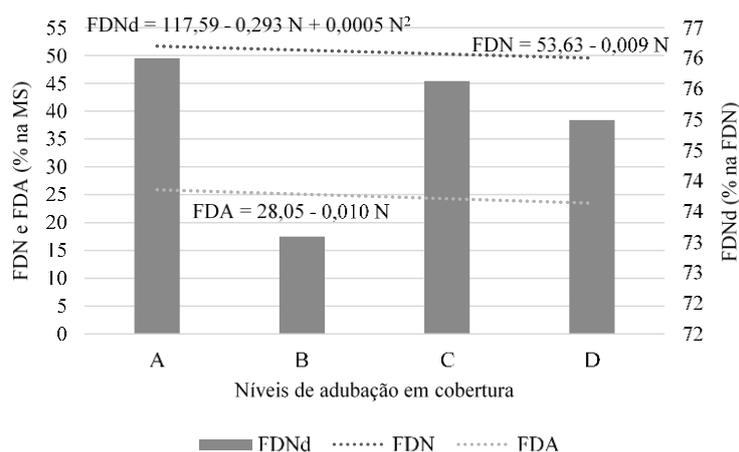


FIGURA 2 - Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade da FDN da silagem de milho submetida à diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura.

Dentre os diversos constituintes da silagem, a fração fibrosa apresenta grande importância na nutrição de ruminantes, porém, os dados sobre a digestibilidade dessa fração ainda são escassos na literatura, apesar da sua estimativa nos diversos componentes da planta serem proposto a vários anos (VAN SOEST, 1994).

De maneira geral, sob efeito associativo dos parâmetros produção de biomassa seca, composição física e química da planta de milho no momento de ensilagem, o terceiro nível de adubação de cobertura (374 kg ha^{-1} de N + 190 kg ha^{-1} de K_2O) determinou maior potencial de produção de leite por unidade de área, com $76.119 \text{ kg ha}^{-1}$ frente os demais tratamentos avaliados (Figura 3).

Na Tabela 5 são apresentados os custos estimados de implantação, manejo e colheita das lavouras de milho, em diferentes níveis de adubação de cobertura.

Os dados da Tabela 5 permitem classificar o híbrido de milho P30R50YH como de alto potencial quantitativo para silagem, com produção média de $80.144 \text{ kg ha}^{-1}$ de biomassa verde e $30.727 \text{ kg ha}^{-1}$ de biomassa seca. De acordo com Neumann et al. (2007), os dados de potencial de produção de biomassa por unidade de área são importantes sob aspectos de utilização da silagem resultante e de análise econômica do sistema.

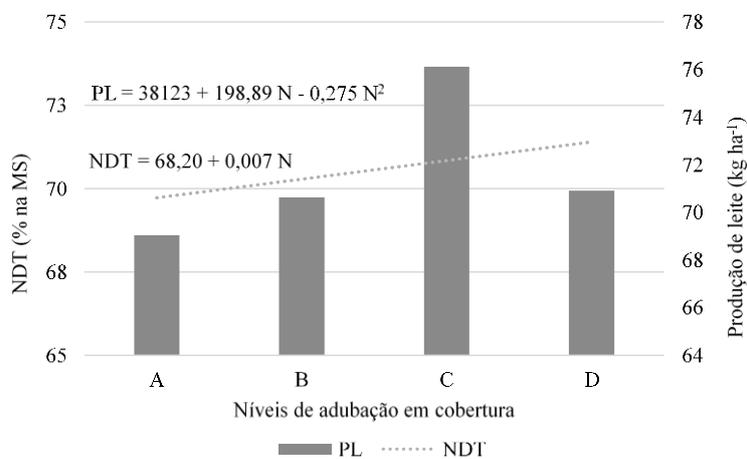


FIGURA 3 - Nutrientes digestíveis totais (NDT) e expectativa de produção de leite por hectare da silagem de milho submetida à diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica em cobertura.

TABELA 5. Composição física estrutural da planta de milho, no momento da colheita para silagem, sob diferentes níveis de adubação de cobertura.

Insumos/Mecanização	Níveis de N e K (kg ha ⁻¹)			
	217 - 137	295 - 163	374 - 190	452 - 216
Implantação e Manejo das lavouras	R\$ ha⁻¹			
Herbicida dessecação pré-semeadura	30,00	30,00	30,00	30,00
Semente de milho	521,95	521,95	521,95	521,95
Adubação de base (12-31-17)	845,00	845,00	845,00	845,00
Adubação de cobertura (36-00-12)	268,14	536,28	804,42	1072,56
Herbicida seletivo a cultura	76,34	76,34	76,34	76,34
Inseticida	111,89	111,89	111,89	111,89
Fungicida	89,60	89,60	89,60	89,60
Óleo mineral	4,03	4,03	4,03	4,03
Mecanização	R\$ ha⁻¹			
Pulverização dessecação pré-semeadura	22,00	22,00	22,00	22,00
Semeadura	89,25	89,25	89,25	89,25
Pulverização herbicida + inseticida	24,75	24,75	24,75	24,75
Distribuição adubação de cobertura	15,75	15,75	15,75	15,75
Colheita	380,00	380,00	380,00	380,00
Transporte lavoura-silo	250,00	250,00	250,00	250,00
Compactação da silagem	250,00	250,00	250,00	250,00
Outros	R\$ ha⁻¹			
Depreciação de máquinas e implementos	325,00	325,00	325,00	325,00
Seguro do capital	25,73	25,73	25,73	25,73
Mão de obra	223,78	223,78	223,78	223,78
Remuneração do capital próprio e da terra	604,04	604,04	604,04	604,04
	R\$ t⁻¹			
Custo da lavoura (Implantação + manejo)	2098,70	2366,84	2634,98	2903,12
Custo da lavoura (Colheita + ensilagem)	880,00	880,00	880,00	880,00
Custo total da lavoura	4157,25 d	4425,39 c	4693,53 b	4961,67 a
	R\$ t⁻¹			
Custo da MV da silagem	54,55	55,97	56,53	60,31
Custo da MS da silagem	138,91 b	144,80 b	145,10 b	164,98 a

Médias, seguidas por letras maiúsculas diferentes, na linha, diferem ($p < 0,05$) pelo teste Tukey.

A viabilidade econômica da silagem de milho está diretamente relacionada ao acúmulo de produção de MS e seu valor nutricional. Nota-se que o menor custo de produção de MS da silagem foi obtido com o menor nível de adubação estudado.

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho sugere-se continuidade de estudos quanto ao comportamento agrônomico do milho para silagem em função da variação do nível de adubação de cobertura.

CONCLUSÕES

O híbrido avaliado respondeu produtivamente até o nível de adubação de cobertura de 374 kg ha⁻¹ de N + 190 kg ha⁻¹ de K₂O, tendo nessas condições apresentado

também as melhores características bromatológicas da silagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASI, S.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; UENO, R.K.; SANDINI, I.E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava, v.4, n.3, p.219-234, 2011.
- BUDAKLI, C.E.; ÇELIK, N.; BAYRAM, G. Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*, Konak, v.15, n.2, p.128-132, 2010.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993. p.63-145.

- CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**. 2001. 178f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica,78).
- DEPARIS, G.A.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p.517-525, 2007.
- FERNANDES, F.C.S.; ARF, S.B.O.; ANDRADE, J.A.C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.195-204, 2010.
- FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; PERECIN, D.; OLIVEIRA, E.A.; TULIO, R.R. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.855-864, 2007.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J.; **Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications**. Washington, D. C, [s.n.], Agricultural Handbook, 1970. 379p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201p.
- MELO, W.M.C.; VON PINHO, R.G.; VON PINHO, E.V.R.; CARVALHO, M.L.M.; FONSECA, A.H. Parcelamento da adubação nitrogenada sobre o desempenho de cultivares de milho para produção de silagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p.608-616, 1999.
- MENDES, M.C.; GABRIEL, A.; FARIA, M.V.; ROSSI, E.S.; JÚNIOR, O.P. Época de semeadura de híbridos de milho forrageiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Agro@ mbiente Online**, Boa Vista, v.9, n.2, p.136-142, 2015.
- MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht, Kluwer Academic, 2001. 849p.
- NEUMANN, M.; MARAFON, F.; UENO, K.R. Eficiência de confecção da silagem de milho: processamento de grãos e tamanho de partícula. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.34, n.277, p.7-18, 2013.
- NEUMANN, M.; SANDINI, I.E.; LUSTOSA, S.B.C.; OST, P.R.; ROMANO, M.A.; FALBO, M.K.; PANSERA, E.R. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.3, p.418-427, 2010.
- PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 1.ed. Campinas: Fundação ABC/Fundação Cargill, 1998. 59p.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide: statistics, version 6**. 4.ed. North Caroline, v.2, 943p. 1993.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos**. 3ª reimpressão. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235p.
- SIQUEIRA, O.D.; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; ERNANI, P.R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. EMBRAPA-CNPQ, 1987.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. New York: Sinauer, 2004.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- UENO, R.K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; BASI, S.; ROSÁRIO, J.G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.4, n.1, p.182-193, 2011.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.