

# Desempenho agrônômico e forrageiro de linhagens $S_4$ de milho em *topcrosses* com híbrido simples

## Agronomic performance and forage quality of $S_4$ corn lines in *topcrosses* with single cross hybrid

Mariana Martins Marcondes<sup>1\*</sup>; Marcos Ventura Faria<sup>2</sup>; Mikael Neumann<sup>3</sup>;  
Marielle Martins Marcondes<sup>4</sup>; Carlos Augusto da Silva<sup>1</sup>;  
Victor Luís Vascoski<sup>5</sup>; Diego Ary Rizzardi<sup>6</sup>

### Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento relativo de 74 linhagens parcialmente endogâmicas ( $S_4$ ) provenientes do cruzamento entre os híbridos comerciais P30P70 e Dow8460 em *topcrosses* com o híbrido simples comercial P30F53 (testador), mais as testemunhas (híbridos Dow8460, P30F53 e Status). A produtividade de grãos (PG) foi avaliada em dois ambientes em Guarapuava-PR. Houve efeito significativo de genótipos, ambientes e da interação genótipos x ambientes quanto à produtividade de grãos (PG). Entre os híbridos *topcrosses* (HTC) a PG variou de 8.302 (HTC 123, no ambiente 2) a 14.809 kg ha<sup>-1</sup> (HTC 11, no ambiente 1). No ambiente 1 foram avaliadas características agrônômicas da forragem e bromatológicas da silagem. A produtividade de massa verde (PMV) da forragem variou de 49.857 (HTC 208) a 80.642 kg ha<sup>-1</sup> (HTC 22) e a produtividade de massa seca (PMS) variou de 11.072 (HTC 217) a 24.143 kg ha<sup>-1</sup> (HTC 22). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) variaram de 45,39 (HTC 80) a 56,71% (HTC 77) e os teores de fibra em detergente ácido (FDA) variaram de 25,45 (HTC 80) a 35,60% (HTC 99). Para o valor relativo da silagem (VRS) foram obtidos índices médios variando de 103 (HTC 148) à 142 (HTC 80). Para todos os caracteres houve *topcrosses* que não diferiram das melhores testemunhas. Os HTC 22 e 53 foram superiores considerando todo o conjunto de caracteres forrageiros e bromatológicos da silagem e, ainda, apresentaram elevada produtividade de grãos, portanto, as respectivas linhagens genitoras devem ser avançadas no programa de melhoramento. **Palavras-chave:** *Zea mays*, linhagens parcialmente endogâmicas, *topcross*, melhoramento genético de plantas

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the relative performance of 74 partially inbred lines ( $S_4$ ) from crosses between the commercial hybrids P30P70 and Dow8460 in *topcrosses* with the commercial single cross hybrid P30F53 (tester), and checks (hybrids Dow8460, P30F53 and Status). The grain yield (GY) was evaluated in two environments in Guarapuava-PR. The effects of genotypes, environments

<sup>1</sup> Descendentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: mariana.mmarcondes@hotmail.com; gutoaugusto2@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr., Deptº de Agronomia, UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: ventura\_faria@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Prof. Dr., Deptº de Medicina Veterinária, UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: mikael@unicentro.br

<sup>4</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Pato Branco, PR, Brasil. E-mail: marielle.marcondes@hotmail.com

<sup>5</sup> Engº Agrº, Lagoa Bonita Sementes, Itabera, SP, Brasil. E-mail: victorvascoski@hotmail.com

<sup>6</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Estadual de Maringá, UEM, PR, Brasil. E-mail: diegoragro@hotmail.com

\* Autor para correspondência

and genotypes x environments interaction were significant for grain yield (GY). Among the topcrosses hybrids (TCH) the GY ranged from 8,302 (TCH 123, in the environment 2) to 14,809 kg ha<sup>-1</sup> (TCH 11, in the environment 1). In the environment 1 we evaluated agronomic characteristics of the forage and bromatologic characteristics of the silage. The green mass productivity (GMP) of forage ranged from 49,857 (TCH 208) to 80,642 kg ha<sup>-1</sup> (TCH 22) and the dry mass productivity (DMP) ranged from 11,072 (TCH 217) to 24,143 kg ha<sup>-1</sup> (TCH 22). The contents of neutral detergent fiber (NDF) ranged from 45.39 (TCH 80) to 56.71% (TCH 77) and the contents of acid detergent fiber (ADF) ranged from 25.45 (TCH 80) to 35.60% (TCH 99). The relative value of the silage (RVS) presented average ratios ranged from 103 (TCH 148) to 142 (TCH 80). For all the characteristics many topcrosses did not differ from the best checks. TCH 22 and 53 were higher considering the set of all characteristics of forage and silage and, also, it showed high grain yield, therefore, these inbred lines should be advanced in the breeding program.

**Key words:** *Zea mays*, partially inbred lines, topcross, plant breeding

## Introdução

A utilização de híbridos comerciais para extração de linhagens de segundo ciclo é uma estratégia que vem sendo utilizada em programas de melhoramento no Brasil (FERREIRA et al., 2009; OLIBONI et al., 2013) e em outros países (TROYER, 1999). Para esse propósito, os híbridos comerciais apresentam a vantagem de já terem sido testados em vários ambientes, associando, dessa forma, alta produtividade com grande proporção de locos favoráveis já fixados (AMORIM; SOUZA, 2005).

A obtenção de híbridos em um programa de melhoramento envolve pelo menos quatro etapas: a escolha de populações, a obtenção de linhagens, a avaliação das mesmas e testes extensivos das combinações híbridas obtidas (PATERNIANI; CAMPOS, 1999). Nesse contexto, a etapa mais onerosa e demorada é a obtenção e avaliação das linhagens. Com isso, o cruzamento de linhagens parcialmente endogâmicas ( $S_2, S_3, S_4$ ) com testadores é um processo vantajoso para reduzir o número de famílias a serem avaliadas e, desta forma, diminuir a mão de obra requerida e os custos para a obtenção dos híbridos.

Entre os métodos utilizados para testar o desempenho de linhagens, o método *topcross* (DAVIS, 1927), consiste na avaliação de um grande número de linhagens parcialmente endogâmicas, a partir de seus cruzamentos com um testador comum, que atua como genitor masculino em

campos isolados. A ausência de polinizações manuais permite a obtenção de um grande número de híbridos *topcrosses*. O *topcross* tem por objetivo avaliar o mérito relativo das linhagens em cruzamentos com testadores, eliminando as de desempenho agrônômico inferior, tornando mais racional e eficiente o desenvolvimento de híbridos (MIRANDA FILHO; GORGULHO, 2001; NURMBERG; SOUZA; RIBEIRO, 2000).

Nos sistemas de produção animal, o milho é a principal planta utilizada para ensilagem. No entanto, a maior parte dos programas de melhoramento de milho no Brasil não dá ênfase ao desenvolvimento de cultivares forrageiros/silageiros, haja vista a baixa quantidade de sementes comercializadas especificamente para este fim em contraposição ao propósito granífero (GOMES et al., 2004). Sendo que, em torno de 15% da área total de milho cultivada no país é destinada à produção forrageira (PEREIRA, 2013).

A variabilidade existente nos diversos híbridos de milho disponíveis no mercado é enorme, o que proporciona ao melhoramento genético a oportunidade de se explorar melhor esse potencial genético para uso na forma de silagem. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento relativo, agrônômico e forrageiro, de linhagens parcialmente endogâmicas ( $S_4$ ) do programa de melhoramento de milho da UNICENTRO, cruzadas em esquema *topcross* com um testador de base genética estreita.

## Material e Métodos

A partir de autofecundações de plantas da geração  $F_2$ , do cruzamento entre os híbridos simples comerciais P30P70 e Dow8460, foram obtidas 74 linhagens parcialmente endogâmicas ( $S_4$ ). Essas linhagens foram cruzadas com um testador de base genética estreita, o híbrido comercial P30F53, resultando em 74 híbridos *topcrosses* que juntamente com três testemunhas (os híbridos Dow8460, P30F53 e Status) foram avaliados em dois ambientes no Município de Guarapuava: o ambiente 1, localizado na área experimental do *campus* CEDETEG da UNICENTRO (latitude 25°23'36"S, longitude 51°27'19"W e altitude de 1.120 m) e o ambiente 2, localizado na área experimental da Fazenda Três Capões da Empresa Santa Maria (latitude 25°25'60"S, longitude 51°39'27"W e altitude de 990 m) na safra agrícola 2011/2012. Foi escolhido o híbrido simples P30F53 como testador, devido o mesmo ter se destacado quanto à produtividade e características bromatológicas da silagem em trabalhos realizados na UNICENTRO (dados não publicados).

Em ambos os ambientes, os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída por duas linhas de 5 m de comprimento. No ambiente 1 as linhas foram espaçadas em 0,80 m e no ambiente 2 em 0,45 m, totalizando área útil de 8 m<sup>2</sup> e 4,5 m<sup>2</sup>, respectivamente. Utilizou-se a densidade de 70.000 plantas por hectare para os experimentos em ambos os ambientes.

Os experimentos foram instalados em sistema de plantio direto, com semeaduras em 01/11/2011 no ambiente 1 e em 02/11/2011 no ambiente 2.

Em ambos os experimentos foi avaliada a produtividade de grãos (PG), corrigida para 13% de umidade. No ambiente 1 foi avaliada a produtividade de massa verde (PMV) e ponto ideal de corte para silagem após o florescimento masculino (PCAF), utilizando todas as plantas de uma das linhas de cada parcela. A produtividade de massa seca (PMS)

foi avaliada a partir de amostras de 300g de material verde, seca em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C até obtenção de peso constante.

A colheita da forragem foi realizada quando os grãos estavam em maturação correspondente a 75% da linha de leite. Para a ensilagem, seis plantas de cada parcela foram cortadas manualmente a 20 cm do solo e picadas em triturador estacionário com tamanho médio de partícula de 2 cm. Em seguida, o material homogeneizado foi ensilado sob compactação manual em mini silos experimentais de PVC (*Poly Vinyl Chloride*), com 10 cm de diâmetro e 45 cm de comprimento, durante 120 dias. Após a abertura dos silos, determinou-se a matéria seca (MS) da silagem, retirando-se uma amostra de 300 g, que foi seca em estufa de ventilação de ar forçada, a uma temperatura de 55 °C até peso constante. Posteriormente, essa amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm de crivo para a realização das análises bromatológicas.

As seguintes análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição de Ruminantes da UNICENTRO: fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo método descrito por Van Soest, Robertson e Lewis (1991), teor de matéria mineral (MM), conforme AOAC (1990), teor de proteína bruta (PB), por determinação do teor de nitrogênio conforme AOAC (1990) utilizando o método Kjeldal segundo Silva e Queiroz (2002) e teor de matéria seca (MS), conforme AOAC (1990). Todas as análises foram realizadas com duplicatas das amostras obtidas em cada parcela. Os valores obtidos pelas análises bromatológicas foram utilizados para estimar: teor de carboidratos não-fibrosos mais extrato etéreo (CNF+EE) segundo NRC (2001), nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor relativo da silagem (VRS), os dois últimos conforme Bolsen (1996).

Os valores obtidos para as características agronômicas e bromatológicas em cada experimento foram submetidos à análise de variância individual. Foram realizadas as análises

da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e da homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett, a 5% de probabilidade. Posteriormente, foi realizada uma análise de variância conjunta para os dados de produtividade de grãos, considerando-se os dois ambientes. As médias foram agrupadas por Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram feitas utilizando-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2013).

## Resultados e Discussão

Houve diferenças significativas entre os genótipos quanto à produtividade de grãos (PG) em ambos os ambientes. Após constatadas as pressuposições de normalidade e homogeneidade foi realizada análise conjunta, na qual observou-se efeito significativo de ambientes e da interação genótipos x ambientes (Tabela 1), o que indica que alguns genótipos apresentaram comportamento relativo diferenciado em função das variações ambientais, que podem ser atribuído às diferenças genéticas entre as respectivas linhagens dos híbridos *topcrosses* (HTC), quando cruzadas com o testador utilizado.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grãos (PG) de 77 genótipos de milho, referentes aos híbridos *topcrosses* e testemunhas, avaliados na safra agrícola 2011/2012 em dois ambientes no município de Guarapuava – PR.

FV	GL	QM (PG)
Blocos/Ambientes	4	1683539,99
Genótipos (G)	76	5462876,55*
Ambientes (A)	1	98041457,04*
G x A	76	4916398,47*
Erro médio	304	2012871,88
Média Geral		11.195,06
CV (%)		12,67

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

No ambiente 1 as médias da PG dos híbridos *topcrosses* (HTC) variaram de 9.039 (HTC 88) a 14.809 kg ha<sup>-1</sup> (HTC 11) (Tabela 2). Vinte e nove híbridos *topcrosses* foram classificados no grupo dos mais produtivos, não diferindo estatisticamente dos híbridos testemunhas P30F53 (14.730 kg ha<sup>-1</sup>), Status (13.055 kg ha<sup>-1</sup>) e Dow8460 (12.675 kg ha<sup>-1</sup>), o que infere o bom potencial das linhagens genitoras desses HTC quanto à PG.

No ambiente 2 as médias de PG variaram de 8.302 (HTC 123) a 14.678 kg ha<sup>-1</sup> (HTC 148) (Tabela 2). O grupo de genótipos com maior PG foi constituído por 28 híbridos *topcrosses* que não diferiram estatisticamente das testemunhas Dow8460 (12.506 kg ha<sup>-1</sup>) e P30F53 (12.170 kg ha<sup>-1</sup>). Além disso, tiveram maior rendimento de grãos

que a testemunha Status (9.977 kg ha<sup>-1</sup>), situada no grupo menos produtivo. Paterniani et al. (2006) avaliaram o desempenho de 60 híbridos triplos oriundos de cruzamentos de 30 linhagens com dois testadores de base genética estreita (híbridos simples), obtendo híbridos triplos similares aos híbridos comerciais utilizados como testemunhas. Já Ferreira et al. (2009) avaliaram o desempenho de 27 híbridos *topcrosses* de linhagens S<sub>3</sub> de milho em São Paulo e também relataram híbridos *topcross* com produtividade de grãos superior à de híbridos comerciais utilizados como testemunhas. Assim, os resultados do presente trabalho são respaldados por informações prévias que indicam a possibilidade de detecção de excelentes híbridos *topcrosses*, capazes inclusive de alcançar o rendimento de grãos de testemunhas comerciais.

**Tabela 2.** Valores médios da produtividade de grãos (PG), produtividade de massa verde (PMV) e produtividade de massa seca (PMS), em kg ha<sup>-1</sup>, e ponto ideal de corte após o florescimento masculino (PCAF), em dias, de 77 genótipos de milho, referentes aos híbridos *topcrosses* (HTC) e testemunhas, avaliados na safra agrícola 2011/12 no município de Guarapuava – PR.

Genótipo	PG (kg ha <sup>-1</sup> )				PMV		PMS		PCAF			
	HTC	Ambiente 1		Ambiente 2		(kg ha <sup>-1</sup> )		(kg ha <sup>-1</sup> )		(dias)		
6	11.401	b	A	9.609	b	A	57.107	c	17.072	b	47	b
8	11.920	a	A	12.154	a	A	58.642	c	17.172	b	44	c
11	14.809	a	A	9.645	b	B	65.214	b	19.223	a	45	c
12	9.715	b	A	10.752	b	A	67.678	b	18.142	a	43	d
14	12.880	a	A	11.589	a	A	70.392	b	13.326	c	42	d
18	12.167	a	A	12.161	a	A	68.500	b	21.019	a	49	a
21	11.535	b	A	10.086	b	A	66.321	b	20.358	a	40	e
22	13.602	a	A	12.664	a	A	80.642	a	24.143	a	43	d
23	12.040	a	A	10.528	b	A	68.285	b	19.378	a	42	d
29	11.069	b	A	11.666	a	A	66.785	b	17.002	b	42	d
30	10.182	b	A	8.827	b	A	63.214	c	17.275	b	41	e
33	11.390	b	A	9.988	b	A	63.285	c	20.257	a	47	b
34	10.522	b	A	11.219	a	A	68.035	b	16.379	b	39	f
37	10.128	b	B	13.646	a	A	53.642	c	16.509	b	45	c
40	13.120	a	A	10.183	b	B	78.214	a	19.466	a	42	d
45	11.010	b	A	10.203	b	A	69.000	b	19.860	a	43	d
46	11.221	b	A	10.708	b	A	58.321	c	17.589	b	43	d
47	9.710	b	A	8.931	b	A	54.821	c	15.870	b	44	c
50	11.078	b	B	13.448	a	A	67.107	b	20.425	a	41	e
51	11.119	b	A	10.217	b	A	57.714	c	17.755	b	43	d
53	13.842	a	A	13.136	a	A	73.214	a	21.481	a	43	d
54	10.979	b	A	9.463	b	A	55.571	c	13.168	c	40	e
58	9.892	b	A	12.008	a	A	59.928	c	15.724	b	40	e
60	10.768	b	A	11.426	a	A	65.107	b	22.343	a	46	c
64	10.932	b	A	9.359	b	A	72.678	a	19.753	a	42	d
70	9.711	b	A	10.209	b	A	60.535	c	15.239	b	40	e
73	13.473	a	A	11.251	a	A	58.892	c	15.573	b	42	d
76	11.682	b	A	11.340	a	A	61.964	c	17.277	b	43	d
77	11.853	a	A	11.680	a	A	76.000	a	22.116	a	40	f
80	11.122	b	A	12.281	a	A	55.250	c	19.545	a	50	a
82	12.009	a	A	9.707	b	A	67.892	b	20.955	a	46	c
84	11.163	b	A	8.894	b	A	67.285	b	19.603	a	42	d
86	10.817	b	A	12.344	a	A	63.642	c	18.579	a	43	d
88	9.039	b	A	10.432	b	A	67.464	b	19.263	a	44	c
89	11.342	b	A	10.028	b	A	71.250	b	16.714	b	41	e
91	12.720	a	A	11.817	a	A	80.428	a	19.844	a	43	d
92	11.288	b	A	9.925	b	A	68.339	b	20.945	a	45	c
95	12.893	a	A	10.846	b	A	58.535	c	16.063	b	44	c
97	10.239	b	A	11.802	a	A	63.392	c	19.094	a	43	d
99	12.986	a	A	10.673	b	A	62.107	c	21.693	a	45	c
101	9.495	b	B	12.322	a	A	57.500	c	12.617	c	44	c
107	9.899	b	A	10.631	b	A	63.750	c	14.963	b	43	d
110	13.088	a	A	8.416	b	B	66.464	b	19.167	a	44	c
111	11.337	b	A	10.158	b	A	69.642	b	18.751	a	43	d

continua

continuação

120	11.505	b	A	10.785	b	A	62.000	c	17.336	b	42	d
122	13.045	a	A	12.802	a	A	60.035	c	20.626	a	42	d
123	10.575	b	A	8.302	b	A	57.857	c	14.458	c	40	f
124	10.770	b	A	12.928	a	A	58.678	c	17.236	b	43	d
129	12.279	a	A	9.335	b	B	67.500	b	17.311	b	42	d
131	9.885	b	A	9.616	b	A	71.535	b	20.221	a	43	d
137	11.480	b	A	10.927	b	A	53.500	c	14.955	b	45	c
139	13.468	a	A	11.660	a	A	69.714	b	20.668	a	42	d
140	13.776	a	A	9.189	b	B	66.178	b	20.437	a	47	b
147	13.255	a	A	9.866	b	B	79.821	a	21.758	a	39	f
148	10.870	b	B	14.678	a	A	64.357	c	12.171	c	42	d
149	10.637	b	A	9.708	b	A	67.571	b	20.155	a	40	f
150	12.861	a	A	10.287	b	B	62.142	c	22.544	a	49	a
153	12.110	a	A	10.838	b	A	68.214	b	17.546	b	42	d
154	12.175	a	A	10.478	b	A	72.500	a	18.052	a	41	e
159	12.973	a	A	10.471	b	B	69.767	b	15.647	b	38	f
160	13.110	a	A	11.008	a	A	73.035	a	17.516	b	38	f
162	12.475	a	A	9.046	b	B	66.250	b	11.882	c	41	e
168	10.584	b	A	9.221	b	A	57.571	c	16.672	b	45	c
171	11.014	b	A	11.690	a	A	55.785	c	17.166	b	45	c
173	11.870	a	A	11.086	a	A	64.678	b	21.812	a	47	b
176	10.306	b	A	11.695	a	A	67.714	b	18.218	a	41	e
183	11.935	a	A	9.801	b	A	58.250	c	15.222	b	45	c
187	10.922	b	A	9.299	b	A	61.535	c	16.259	b	44	c
196	11.479	b	A	9.312	b	A	52.857	c	18.185	a	47	b
204	11.722	b	A	8.965	b	B	61.071	c	16.721	b	43	d
208	12.173	a	A	9.803	b	B	49.857	c	15.271	b	42	d
210	11.786	b	A	10.067	b	A	60.892	c	19.683	a	45	c
215	11.638	b	A	12.129	a	A	72.410	a	20.436	a	43	d
217	10.127	b	A	8.494	b	A	55.178	c	11.072	c	41	e
Média	11.567			10.701			64.570		18.053		43	
Testemunhas												
Dow8460	12.675	a	A	12.506	a	A	75.000	a	19.624	a	40	e
P30F53 (T)	14.730	a	A	12.170	a	B	72.107	a	21.060	a	44	c
Status	13.055	a	A	12.977	a	B	77.500	a	20.381	a	44	c

(T) = testador

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Os híbridos *topcrosses* 8, 14, 18, 22, 53, 73, 77, 91, 122, 139, 160 e 173 foram posicionados no grupo de genótipos com maior PG em ambos os ambientes. Portanto as linhagens  $S_4$  genitoras desses híbridos são as mais indicadas para serem selecionadas e avançadas no processo de endogamia, para utilização na obtenção de novos híbridos competitivos, pela manutenção da superioridade no rendimento de grãos mesmo com a mudança de ambiente.

De maneira geral o ambiente 1 proporcionou melhores condições para expressão da PG, exceto para os híbridos *topcrosses* 37, 50, 101 e 148 que foram mais produtivos no ambiente 2. A superioridade desses híbridos no ambiente 2, caracterizado principalmente pelo espaçamento reduzido, pode ser atribuída às linhagens que, quando cruzadas com o testador, resultaram em melhor desempenho nessas condições.

Houve diferenças significativas entre os genótipos para todas as características agronômicas da forragem, bem como para as características qualitativas e bromatológicas da silagem dos tratamentos avaliados no ambiente 1 (Tabela 3).

Os valores médios para a produtividade de massa verde (PMV) variaram de 49.857 (HTC 208) a 80.642 kg ha<sup>-1</sup> (HTC 22) (Tabela 2). O grupo com maior PMV ranqueou 10 híbridos *topcrosses*

que não diferiram estatisticamente dos híbridos comerciais Status, Dow8460 e P30F53. No que diz respeito à obtenção de híbridos com propósito forrageiro, a produção de massa verde é considerada uma característica importante, pois, além de ser um parâmetro para o dimensionamento de silos, também contribui para a diluição dos custos de implantação da cultura por elevar a produtividade (FERRARI JUNIOR et al., 2005).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância da produtividade de massa verde (PMV), produtividade de massa seca (PMS), ponto ideal de corte para silagem após o florescimento masculino (PCAF), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), teor de carboidratos não fibrosos mais extrato etéreo (CNF+EE), nutrientes digestíveis totais (NDT) e valor relativo da silagem (VRS) de 77 genótipos de milho, referentes aos híbridos *topcrosses* e testemunhas, avaliados na safra agrícola 2011/2012 no município de Guarapuava – PR.

FV	GL	QM				
		PMV	PMS	PCAF		
Bloco	1	164531176,80	58933155,99			0,7857
Genótipo	76	7423949898,60*	1126648223,23*			11,8239*
Erro	76	1871955804,00	330505410,80			0,9699
Média Geral		64.971,94	18.143,22			42,89
CV (%)		7,64	11,49			2,30

  

FV	GL	QM				
		FDN	FDA	CNF+EE	NDT	VRS
Bloco	1	0,0001	0,0194	0,5259	0,0093	0,0260
Genótipo	76	11,7865*	8,4669*	11,9400*	4,1473*	115,980*
Erro	76	3,2563	2,7997	3,3154	1,3709	33,631
Média Geral		51,31	31,42	39,94	65,84	117,22
CV (%)		3,52	5,32	4,56	1,78	4,95

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Elaboração dos autores.

Comparativamente ao presente estudo, Chaves et al. (2008) obtiveram variações inferiores da PMV, de 29.890 a 49.910 kg ha<sup>-1</sup> ao avaliarem 45 genótipos de milho obtidos por cruzamentos dialélicos em Viçosa (MG). Além das diferenças entre os genótipos, há de considerar que as temperaturas são mais elevadas naquela região comparativamente à região de Guarapuava, principalmente durante a noite. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2004), temperaturas elevadas prevalentes no período noturno (> 24 °C) promovem um consumo energético elevado, em função do incremento da

taxa de respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda na produção de massa da cultura.

Quanto à produtividade de massa seca (PMS) a média variou de 11.072 (HTC 217) a 24.143 kg ha<sup>-1</sup> (HTC 22) (Tabela 2). O HTC 22 obteve destacada PMS, porém não diferiu de outros 37 híbridos *topcrosses* e das testemunhas comerciais P30F53 (testador), Status e Dow8460, o que sugere a superioridade das linhagens S<sub>4</sub> componentes desses *topcrosses* para PMS.

A média geral da PMS dos híbridos *topcrosses*, de 18.053 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2), foi superior à relatada por Mendes et al. (2008) (11.460 kg ha<sup>-1</sup>), ao avaliarem 23 híbridos de milho comerciais e experimentais em Lavras (MG) e por Silva et al. (2003) (11.700 kg ha<sup>-1</sup>), que avaliaram as características de 25 híbridos interpopulacionais de milho. Comparando-se a PMS e PG dos resultados obtidos no presente trabalho com os de Mendes et al. (2008), a relação entre ambas mantém-se em 62% e 58%, respectivamente.

A posição da linha de leite nos grãos tem sido recomendada como parâmetro para estabelecer o ponto ideal de corte das plantas para silagem, por se mostrar positivamente correlacionada com o teor de matéria seca da planta (SULC; THOMISON; WEISS, 1996). A recomendação é de que as plantas devem ser colhidas no intervalo entre 30% a 35% de MS (NUSSIO; MANZANO, 1999).

No presente experimento todas as parcelas foram monitoradas para que as plantas fossem cortadas quando os grãos atingissem 75% da linha de leite. O ponto ideal de corte para silagem após o florescimento masculino (PCAF) variou entre os genótipos, de 38 a 50 dias (Tabela 2), indicando

a existência de variabilidade entre as linhagens genitoras dos híbridos *topcrosses*. Essas variações são importantes no escalonamento de híbridos visando à ampliação da janela de corte. Zopollatto et al. (2009) verificaram valores inferiores aos obtidos neste experimento para o período de corte após o florescimento, até as plantas atingirem o teor ideal de MS, com amplitude entre 35 e 42 dias, ao avaliarem o efeito da maturação fisiológica sobre o teor de matéria seca da planta de seis híbridos comerciais de milho com ciclo normal a precoce. Conforme estes mesmos autores, o padrão de maturação fisiológica de cada genótipo influencia o acúmulo de matéria seca da planta de milho, o que varia também em função das condições ambientais.

Para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidas médias variando de 45,39 (HTC 80) a 56,71% (HTC 77) (Tabela 4), intervalo de valores próximo ao relatado por Gralak et al. (2014), e 35 híbridos *topcrosses* classificados no grupo de menor teor de FDN, no qual também se posicionaram as testemunhas P30F53 (48,52%) e Status (50,31%). Tal resultado decorre da constituição genética das linhagens genitoras desses híbridos.

**Tabela 4.** Valores médios da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos mais extrato etéreo (CNF+EE), nutrientes digestíveis totais (NDT), expressos em porcentagem na matéria seca e valor relativo da silagem (VRS), da silagem de 77 genótipos de milho, referentes aos híbridos *topcrosses* (HTC) e testemunhas, avaliados na safra agrícola 2011/12 no município de Guarapuava – PR.

Tratamento	FDN	FDA	CNF+EE	NDT	VRS					
HTC	-----(% na matéria seca)-----									
6	51,18	b	29,13	b	40,0	a	67,45	a	120,5	a
8	52,90	a	35,01	a	38,5	b	63,34	b	108,5	b
11	52,79	a	31,15	b	39,5	b	66,04	a	114,0	b
12	51,56	a	31,62	a	39,5	b	65,71	b	116,0	b
14	50,94	b	33,87	a	40,0	a	64,14	b	114,5	b
18	47,87	b	30,76	b	43,0	a	66,32	a	126,0	a
21	54,30	a	32,15	a	37,5	b	65,33	b	109,5	b
22	49,81	b	30,99	b	42,0	a	66,15	a	121,5	a
23	52,31	a	31,18	b	39,0	b	66,02	a	115,5	b
29	52,20	a	32,64	a	38,5	b	65,00	b	113,0	b
30	53,48	a	33,17	a	38,0	b	64,62	b	109,5	b
33	51,46	a	29,29	b	40,0	a	67,34	a	119,5	a

continua



continuação

34	50,58	b	34,41	a	40,5	a	63,76	b	114,5	b
37	46,33	b	29,97	b	44,5	a	66,86	a	132,0	a
40	48,81	b	32,17	a	42,5	a	65,33	b	122,0	a
45	54,61	a	34,27	a	37,0	b	63,86	b	106,0	b
46	51,67	a	31,29	b	39,5	b	65,94	a	116,0	b
47	49,62	b	30,73	b	41,0	a	66,33	a	122,0	a
50	48,99	b	30,76	b	42,0	a	66,32	a	123,5	a
51	53,76	a	31,95	a	38,0	b	65,48	b	111,0	b
53	47,61	b	29,82	b	44,0	a	66,97	a	128,5	a
54	48,04	b	29,04	b	42,5	a	67,52	a	128,5	a
58	52,68	a	33,02	a	38,0	b	64,73	b	111,5	b
60	54,11	a	30,94	b	37,0	b	66,18	a	112,0	b
64	52,98	a	33,97	a	38,5	b	64,07	b	110,0	b
70	51,82	a	33,69	a	39,5	b	64,26	b	112,5	b
73	50,10	b	32,60	a	41,0	a	65,02	b	118,0	b
76	53,55	a	31,02	b	38,0	b	66,13	a	112,5	b
77	56,71	a	33,25	a	34,5	b	64,57	b	103,5	b
80	45,39	b	25,45	b	45,0	a	70,03	a	141,5	a
82	48,73	b	29,19	b	42,5	a	67,41	a	126,0	a
84	52,26	a	32,18	a	39,5	b	65,32	b	113,5	b
86	50,46	b	35,16	a	41,0	a	63,23	b	114,0	b
88	49,90	b	29,59	b	41,5	a	67,13	a	122,5	a
89	48,67	b	30,43	b	43,0	a	66,54	a	124,5	a
91	53,71	a	28,68	b	37,5	b	67,77	a	115,0	b
92	54,31	a	33,96	a	37,0	b	64,07	b	107,0	b
95	49,88	b	31,64	a	41,0	a	65,70	b	120,0	a
97	53,03	a	31,38	b	38,0	b	65,88	a	113,5	b
99	49,61	b	35,60	a	42,0	a	62,92	b	115,0	b
101	51,43	a	32,16	a	40,0	a	65,33	b	115,5	b
107	56,39	a	32,08	a	34,5	b	65,39	b	105,5	b
110	48,30	b	29,88	b	43,0	a	66,92	a	126,0	a
111	50,01	b	30,27	b	40,5	a	66,66	a	121,5	a
120	55,74	a	31,73	a	36,0	b	65,64	b	107,0	b
122	52,23	a	32,16	a	39,5	b	65,33	b	114,0	b
123	51,84	a	31,59	a	39,5	b	65,73	b	115,5	b
124	50,83	b	29,44	b	41,0	a	67,23	a	121,0	a
129	48,67	b	29,89	b	43,0	a	66,92	a	126,0	a
131	50,27	b	29,49	b	41,5	a	67,20	a	122,0	a
137	49,74	b	30,77	b	41,5	a	66,31	a	121,5	a
139	50,95	b	32,48	a	40,0	a	65,11	b	116,0	b
140	49,21	b	30,85	b	42,0	a	66,25	a	122,5	a
147	52,46	a	32,02	a	39,0	b	65,43	b	113,5	b
148	56,36	a	33,98	a	35,0	b	64,06	b	103,0	b
149	49,70	b	28,94	b	41,5	a	67,58	a	124,0	a
150	52,32	a	30,11	b	39,0	b	66,77	a	116,5	b
153	50,14	b	32,86	a	41,0	a	64,84	b	117,5	b
154	52,86	a	34,29	a	37,5	b	63,85	b	109,5	b
159	48,73	b	33,57	a	42,0	a	64,35	b	120,0	a

continua

continuação

160	54,58	a	34,55	a	36,0	b	63,66	b	105,5	b
162	48,72	b	29,27	b	42,5	a	67,35	a	126,5	a
168	48,71	b	28,24	b	43,0	a	68,07	a	128,0	a
171	49,17	b	29,53	b	43,0	a	67,17	a	124,5	a
173	53,73	a	34,06	a	37,5	b	64,00	b	108,0	b
176	51,96	a	29,84	b	39,5	b	66,96	a	118,0	b
183	50,19	b	31,57	a	40,5	a	65,75	b	119,5	a
187	53,64	a	30,48	b	37,5	b	66,50	a	113,0	b
196	51,42	a	28,33	b	40,5	a	68,02	a	121,0	a
204	53,47	a	31,80	a	37,0	b	65,59	b	111,5	b
208	53,75	a	29,55	b	37,0	b	67,16	a	114,5	b
210	52,30	a	33,44	a	39,0	b	64,44	b	112,0	b
215	46,55	b	26,59	b	45,0	a	69,24	a	136,5	a
217	53,55	a	33,90	a	37,5	b	64,11	b	108,5	b
Média	51,33		31,44		39,9		65,83		117,2	
Testemunhas										
Dow8460	53,71	a	33,86	a	37,0	b	64,14	b	108,5	b
P30F53 (T)	48,52	b	28,39	b	43,0	a	67,97	a	128,0	a
Status	50,31	b	30,83	b	41,5	a	66,26	a	120,0	a

(T) = testador

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem a um mesmo grupo pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Elaboração dos autores.

Ao avaliarem as silagens de híbridos de milho em Jaboticabal (SP), Pedroso et al. (2006), relataram valores bem mais elevados, todos acima de 58% de FDN. Diferenças entre as pesquisas ocorrem devido à FDN ser uma característica dependente do conjunto de genótipos avaliados e das condições de cultivo dos mesmos.

As médias para FDA variaram de 25,45 (HTC 80) a 35,60% (HTC 99) (Tabela 4). Fancelli e Dourado Neto (2004) relatam que o teor ideal de FDA para silagem de milho deve ser menor que 30%. Portanto, a maioria dos genótipos classificados no grupo de menor FDN é, a priori, potencialmente superior no melhoramento com propósito silageiro. Na escolha de cultivares para produção de silagem, deve-se dar prioridade àquelas com menor porcentagem de FDA, pois está relacionada à maior digestibilidade do alimento (VON PINHO et al., 2007).

Silva et al. (2003) encontraram valores para FDA com variação de 30,5 a 37,2%, ao avaliarem as características químicas e bromatológicas da silagem de híbridos interpopulacionais em Jaboticabal (SP).

Naquele local, Pedroso et al. (2006) avaliaram diferentes híbridos de milho e encontraram valores de FDA entre 35,6 e 39,3% em silagens de planta inteira. Tais valores foram levemente superiores aos verificados no presente experimento.

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) é um dos parâmetros determinantes do valor nutricional da silagem. Para CNF+EE foram formados dois grupos pelo teste de agrupamento de médias, sendo o grupo de valores médios mais altos formado por 38 híbridos *topcrosses* mais o testador P30F53 (43%) e a testemunha Status (42%).

A maioria dos híbridos *topcrosses* que apresentaram os maiores valores para o valor relativo da silagem (VRS) e para CNF+EE, tiveram os valores de FDN e FDA mais baixos (Tabela 4), indicando que as linhagens genitoras desses híbridos devem ser avançadas para posteriormente serem avaliadas quanto ao potencial para a obtenção de novos híbridos no que diz respeito à produção de silagem com alta qualidade nutricional.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) que dizem respeito ao valor energético do alimento, apresentaram médias variando de 63 a 70% (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Rosa et al. (2004) que encontraram valor médio de 69% ao estimarem o valor nutritivo da silagem de diferentes genótipos de milho, em Santa Maria – RS.

Para o VRS foram obtidos índices médios variando de 103 (HTC 148) a 142 (HTC 80) (Tabela 4), sendo os índices de VRS maiores ou iguais a 115 considerados satisfatórios para produção de silagem de boa qualidade. Assim, a verificação das famílias  $S_4$  utilizadas como parentais dos *topcrosses* superiores permite identificar quais as linhagens genitoras dignas de avanço à plena endogamia, para a obtenção de novos híbridos com potencial forrageiro.

Os *topcrosses* 22, 53 e 215 foram superiores considerando todo o conjunto de caracteres forrageiros e bromatológicos da silagem (Tabelas 2 e 4) e, portanto, as respectivas linhagens genitoras podem ser avançadas considerando tal propósito.

## Conclusões

Foi possível discriminar o comportamento relativo das linhagens  $S_4$  avaliadas em *topcrosses* com o híbrido comercial P30F53 utilizado como testador, permitindo a identificar aquelas mais promissoras para continuidade do processo de endogamia, algumas com aptidão específica para a produção de grãos e outras para a produção de silagem. Ainda, foi possível discriminar linhagens que, em combinação com o testador, apresentam potencial para dupla aptidão, destacando-se os *topcrosses* 22 e 53, que foram superiores considerando todo o conjunto de caracteres avaliados.

## Agradecimentos

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao CNPq e Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

## Referências

- AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações  $S_0$  de híbridos simples comerciais. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 3, p. 561-567, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis. 5<sup>th</sup> ed. Arlington: AOAC, 1990. 1015 p.
- BOLSEN, K. K. Silage technology. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., 1996, Queensland. *Anais...* Queensland: Gatton College, 1996. p. 1-30.
- CHAVES, L. G.; MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V.; GOMES, O. P.; OLIVEIRA, J. S. Parental commercial maize selection for silage production. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 7, n. 2, p. 183-194, 2008.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 35, p. 271-276, 2013.
- DAVIS, R. L. *Report of the plant breeder*. Puerto Rico: Agricultural Experiments Annual Report, 1927. p. 14-15.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. 2. ed. Piracicaba: Livrocere, 2004, 360 p.
- FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R. A.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRA, J. R.; ANDRADE, J. B. Características, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. *Boletim de Indústria Animal*, Sete Lagoas, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2005.
- FERREIRA, E. A.; PATERNIANIM, E. A. G.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E.; AZEVEDO FILHO, J. A.; GUIMARÃES, P. S. Desempenho de híbridos *top crosses* de linhagens  $S_3$  de milho em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 2, p. 319-327, 2009.
- GOMES, M. S.; VON PINHO, R. G.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. V.; BRITO, A. H. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 9, p. 879-885, 2004.
- GRALAK, E.; FARIA, M. V.; POSSATO JÚNIOR, O.; ROSSI, E. S.; SILVA, C. A.; RIZZARDI, D. A.; MENDES, M. C.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agronômicos e bromatológicos da silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.
- MENDES, M. C.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, M. N.; FARIA FILHO, E. M.; SOUZA FILHO, A. X.

- Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 2, p. 285-297, 2008.
- MIRANDA FILHO, J. B.; GORGULHO, E. P. Cruzamentos com testadores e dialelos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Org.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 649-672.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2001. 242 p.
- NURMBERG, P. L.; SOUZA, J. C.; RIBEIRO, P. H. E. Desempenho de híbridos simples como testadores de linhagens de milho em *top crosses*. *Ceres*, Viçosa, v. 47, n. 274, p. 683-696, 2000.
- NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P. Silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7., 1999, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 27-46.
- OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 1, p. 7-18, 2013.
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, 1999. p. 429-486.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LÜDERS, R. R.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E. Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de *top crosses* em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597-605, 2006.
- PEDROSO, S.; EZEQUIEL, J. M. B.; OSUNA, J. T. A.; SANTOS, V. C. Características agrônomicas e nutricionais de híbridos de milho e suas silagens (*Zea mays* L.). *ARS Veterinaria*, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 248-258, 2006.
- PEREIRA, J. R. A. *O mercado de silagem de milho no Brasil*. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <[http://www.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p\\_o\\_mercado\\_de\\_silagem\\_de\\_milho\\_no\\_brasil\\_cadeia\\_produtiva\\_graos\\_milho\\_silagem\\_mercado\\_5217.aspx](http://www.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p_o_mercado_de_silagem_de_milho_no_brasil_cadeia_produtiva_graos_milho_silagem_mercado_5217.aspx)>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; PASCOAL, L. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K. Avaliação do comportamento agrônomico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 302-312, 2004.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- SILVA, P. C.; AYALA-OSUNA, J. T.; MORO, J. R.; PAIVA, L. M.; QUEIROZ, S. R. O. D.; MARTINS, M. R. Avaliação de híbridos interpopulacionais de milho quanto a características químicas e agrônomicas para silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 111-120, 2003.
- SULC, R. M.; THOMISON, P. R.; WEISS, W. P. Reliability of the Kernel milkline method for timing corn silage harvest in Ohio. *Journal of Production Agriculture*, Columbus, v. 9, n. 3, p. 376-381, 1996.
- TROYER, A. F. Background of U. S. hybrid corn. *Crop Science*, Madison, v. 39, n. 3, p. 601-626, 1999.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583- 3597, 1991.
- VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.
- ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F.; RIBEIRO, J. L.; SARTURI, J. O.; MOURÃO, G. B. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 256-264, 2009.