



Avaliação de variedades de milho de polinização aberta para produção de silagem em cultivo orgânico

[Evaluation of open-pollinated corn varieties for silage production under organic cultivation]

Wellington Bonow Rediss¹ , Ebersson Diedrich Eicholz² , Jorge Schafhäuser Junior² , Carlos Henrique Silveira Rabelo¹ 

1 Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil 

2 Embrapa Clima Temperado (EMBRAPA), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil 

*autor correspondente: carlos.zoo@hotmail.com

Recebido: 18 de novembro de 2025. Aceito: 24 de abril de 2026. Publicado: 19 de maio de 2026.

Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: Variedades de milho de polinização aberta (VPAs) geralmente apresentam menor produtividade de campo, mas podem ser úteis em cenários onde há pouco investimento em insumos (e.g., fertilização) e sob condições climáticas desafiadoras. Pesquisas sobre essas VPAs para produção de silagem no sul do Brasil são limitadas. Este estudo avaliou o desempenho agrônomo e a composição química de dezessete VPAs para produção de silagem em sistema orgânico. A produção de matéria seca (MS) variou de 10,6 a 17,9 t/ha, mas não houve diferença ($P > 0,05$) entre as VPAs. A variedade SINT PF 7031 apresentou a maior proporção de grãos na massa ensilada (40,6 %; $P < 0,001$), o que resultou em menor ($P < 0,001$) teor de fibra em detergente neutro (59,6 % MS). Após abertura dos silos, a silagem proveniente da variedade BRS 3042 apresentou perdas de MS de 6,41 %, não diferindo ($P > 0,05$) do menor valor observado para a variedade SINT PF 7031 (3,70 %). Durante o período de estabilidade aeróbia, a variedade CMST 029 FA apresentou a maior estabilidade (213 horas; $P < 0,001$). Com base na produção, composição química e estabilidade da silagem, as variedades recomendadas para cultivo orgânico no sul do Rio Grande do Sul são BRS 3042, CMST 029 FA e SINT PF 7031.

Palavras-chave: desempenho agrônomo; silagem de milho; genótipo de polinização aberta; fertilização orgânica.

Abstract: Open-pollinated corn varieties (OPVs) are generally associated with lower field productivity but can be useful in scenarios with low input investments (e.g., fertilization) and challenging weather conditions. Research on these OPVs for silage production in southern Brazil is limited. Thus, this study evaluated the agronomic performance and chemical composition of seventeen OPVs for silage production in an organic system. The dry matter (DM) yield ranged from 10.6 to 17.9 t/ha, but there was no difference between OPVs ($P > 0,05$). The SINT PF 7031 had the highest grain proportion in the ensiled mass (40.6 %; $P < 0.001$), which resulted in lower ($P < 0.001$) neutral detergent fiber content (59.6% DM). After the silos were opened, the silage from BRS 3042 had 6.41 % of DM loss, which did not differ ($P > 0,05$) from the lowest DM loss observed (3.70 % for SINT PF 7031). During the aerobic exposure period, the CMST 029 FA showed the highest aerobic stability (213 h; $P < 0.001$). Based on field production, chemical composition, and silage loss and stability, the recommended varieties for organic cultivation in southern Rio Grande do Sul are BRS 3042, CMST 029 FA, and SINT PF 7031.

Keywords: agronomic performance; corn silage; open cross genotype; organic fertilization.

1. Introdução

No Rio Grande do Sul (RS), há um grande número de pequenas propriedades rurais onde predomina a agricultura familiar (80,5 %) ⁽¹⁾. Essas pequenas propriedades dedicam-se principalmente à produção de alimentos, com destaque para a produção de leite como uma atividade fundamental. Nesse contexto, a produção de leite orgânico pode ser uma forma de melhorar o valor dos produtos vendidos pelos agricultores, pois atende a uma das demandas atuais da sociedade (isto é, a crescente preocupação com as questões ambientais). A produção de leite orgânico é realizada com foco no bem-estar animal e no compromisso do produtor em evitar danos ao meio ambiente ⁽²⁾.

Devido à sazonalidade climática do RS, que leva a períodos de escassez de forragem (principalmente durante o outono e início do inverno) e à redução da produção de leite, algum tipo de suplementação é necessário para manter a produtividade dos animais. Estudos que avaliam as principais fontes de volumoso oferecidas aos animais em propriedades leiteiras têm mostrado que a produção de leite no Brasil é amplamente baseada no uso de silagem de milho ^(3, 4). A silagem de milho é preferencialmente utilizada porque sua composição química atende às exigências para a produção de silagem de alta qualidade e devido ao seu alto potencial de rendimento (15–25 t de matéria seca (MS)/ha; ^(5, 6)).

Para que a produção de milho seja considerada orgânica, o uso de sementes transgênicas é proibido (sendo permitido o uso de híbridos não transgênicos); no entanto, variedades de polinização aberta (VPA) são preferidas nesse sistema. Também é recomendado que as sementes sejam provenientes de sistemas de produção orgânicos. A produção orgânica baseia-se na conservação dos recursos naturais e na exclusão de fertilizantes altamente solúveis e produtos químicos ⁽⁷⁾. Entretanto, pouca atenção tem sido dada à produção de silagem de milho orgânico no Brasil para atender à crescente demanda por produção de leite orgânico. Portanto, pesquisas que avaliem genótipos de milho para essa finalidade são de grande valor. Nesse contexto, a produção de VPA permite que as sementes sejam produzidas na própria propriedade ou adquiridas a um custo mais baixo pelo agricultor ⁽⁸⁾. O uso de silagens de VPA na alimentação animal também representa uma alternativa durante períodos de escassez de alimentos em sistemas de produção leiteira orgânica, considerando que sementes transgênicas são proibidas nesse sistema ^(7, 8).

Os híbridos de milho disponíveis no mercado passaram por programas de melhoramento voltados ao aumento da produtividade de grãos e à tolerância a estresses bióticos. Tais pesquisas e investimentos tornaram as sementes um insumo relativamente caro, que muitas vezes não expressa todo o seu potencial devido às condições do solo e ao uso limitado de insumos pelos agricultores. No entanto, o baixo nível de adoção tecnológica por muitos produtores impede que eles alcancem o potencial máximo que cultivares híbridas e transgênicas podem oferecer, tornando necessário o uso de variedades mais resistentes ⁽⁸⁾.

Descrever os materiais disponíveis aos agricultores é essencial para a obtenção de silagem de alta qualidade; portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônomo e a composição química de variedades de polinização aberta (VPA) destinadas à produção de silagem em um sistema de produção orgânica.

2. Material e métodos

2.1 Localização e genótipos de milho utilizados

O experimento foi conduzido de outubro de 2020 a fevereiro de 2021 na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Estação Experimental Cascata (EEC), localizada em Pelotas, RS, Brasil (-31°37', -52°31'; altitude média de 170 m). O solo da área experimental é

classificado como Argissolo Vermelho Distrófico ⁽⁹⁾. O clima da região é classificado como Cfa (subtropical úmido) de acordo com o sistema de Köppen. Os dados climáticos de todo o período de desenvolvimento da cultura são apresentados na Figura 1.

Na semeadura, a adubação orgânica foi aplicada manualmente ao longo das linhas de plantio, utilizando esterco de aves granulado. Uma segunda aplicação manual foi realizada ao longo das linhas nos estádios vegetativos V2–V3. A aplicação do fertilizante foi parcelada para evitar danos às sementes. A quantidade total de fertilizante, incluindo a aplicação na semeadura e em cobertura, foi de 4,2 t.ha⁻¹.

Dezessete variedades de milho foram testadas (BR 5202 Pampa, BRS 4019TL, BRS 4022SE, BRS 015FB, CMST 029 FA, BRS Caimbé, BRS 4103, BRS 4105, BRS 4107, BRS 3042, BRS Planalto, SINT PF 7021, SINT PF 7031, Pixurum 07, Pixurum 05, Dente de Ouro e Brasino), organizadas em três blocos (repetições; esse delineamento foi adotado devido à forte declividade do terreno) no campo. Cada bloco foi composto por 17 parcelas com cinco linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,8 metros entre linhas e 0,25 metros entre plantas. A semeadura foi realizada manualmente, utilizando oito sementes por metro linear.

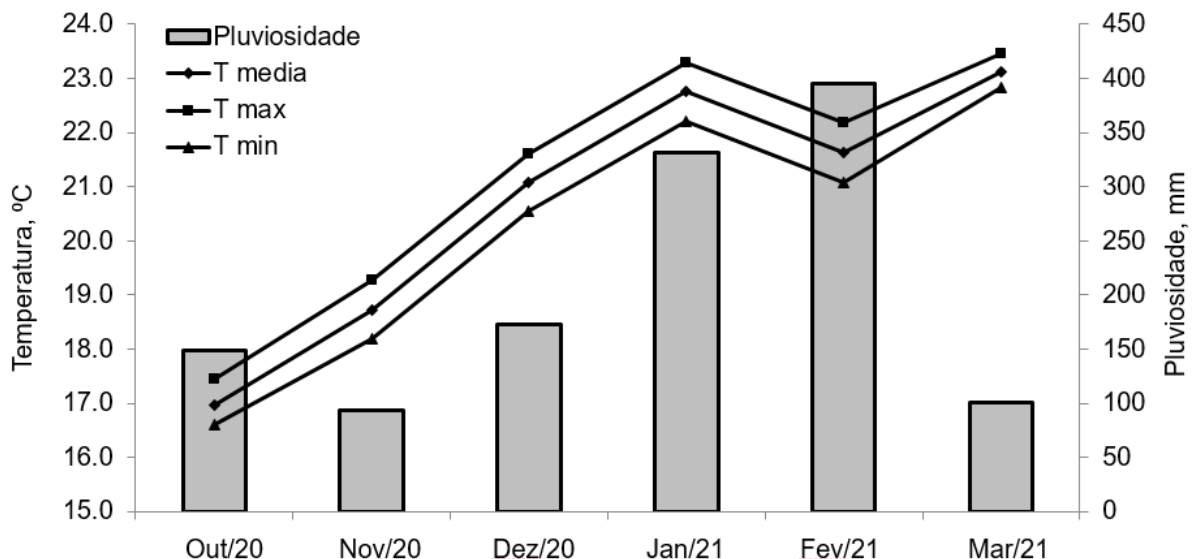


Figura 1. Temperatura média, máxima e mínima e precipitação pluviométrica durante o período de desenvolvimento das variedades de milho de polinização aberta.

2.2 Avaliações agrônômicas e produção de silagem

Dez plantas por repetição foram utilizadas para as avaliações de campo, sendo analisadas as seguintes características: altura de planta (m; do nível do solo até a base do pendão), altura de inserção da espiga (m; do nível do solo até o nó onde a primeira espiga é inserida), diâmetro do colmo (mm; medido no segundo entrenó acima do nível do solo), peso da planta e da espiga. A produtividade de matéria fresca (MF) das plantas foi calculada utilizando o peso das plantas multiplicado pelo número de plantas por hectare. Após a pesagem das espigas, os grãos foram removidos manualmente por debulha e pesados para determinação da produtividade de grãos. Tanto a produtividade de matéria seca (MS) das plantas quanto dos grãos foram calculadas após a determinação do teor de MS. A produtividade de MS dos grãos foi ajustada para o teor médio geral de MS (51,5 %) observado nos grãos, utilizando a seguinte equação: produtividade corrigida de MS de grãos = produtividade de grãos frescos $\times$ 0,515. A proporção de grãos na massa ensilada foi calculada dividindo-se o peso dos grãos pelo peso total da planta $\times$ 100. A

colheita foi realizada 133 dias após o plantio, separadamente para cada repetição, quando a linha do leite dos grãos estava entre um terço e dois terços ⁽¹⁰⁾. O milho foi cortado manualmente a uma altura de 10 cm, utilizando um facão apropriado para essa finalidade. Posteriormente, as plantas foram transportadas para um galpão, onde foi realizado o processo de ensilagem.

As plantas foram picadas utilizando uma ensiladeira estacionária ajustada para um tamanho teórico de partícula de 30 mm e, em seguida, bem misturadas para melhor homogeneização. Uma porção da forragem ($1,31 \pm 0,08$ kg) foi compactada manualmente com o auxílio de uma haste de madeira, atingindo uma densidade de $523 \pm 31,8$ kg de matéria fresca/m³. Os silos experimentais foram confeccionados em PVC, cada um com capacidade média de 2,5 L. No fundo de cada silo, foram colocados 0,35 kg de areia para coleta do efluente produzido. A areia foi separada da forragem por uma tela de malha fina para evitar a contaminação da silagem. Amostras de forragem foram coletadas durante o enchimento de cada silo para análise da composição química (as amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55°C). Os silos foram vedados, pesados e armazenados em temperatura ambiente por 120 dias.

2.3 Avaliação das perdas fermentativas e da estabilidade aeróbia

Após a abertura dos silos, estes foram novamente pesados para determinar as perdas de MS, as quais foram divididas em perdas gasosas e perdas por efluente ⁽¹¹⁾. Duas amostras foram coletadas de cada silo: uma para determinação da composição química da silagem e outra armazenada a -20°C para a medição do pH.

Uma porção da silagem ($0,71 \pm 0,11$ kg) foi colocada em baldes plásticos para avaliação da estabilidade aeróbia. Os baldes foram mantidos em uma sala fechada, à temperatura ambiente, por 10 dias. A temperatura foi registrada a cada meia hora utilizando registradores de dados (ESCORT Intelligent MINI; Escort Console, Buchanan, VA, EUA), inseridos no centro da massa de silagem em cada balde, enquanto a temperatura ambiente foi registrada por registradores posicionados ao redor dos baldes. A estabilidade aeróbia foi definida como o tempo necessário para que a temperatura da silagem excedesse a temperatura ambiente em 3°C ⁽¹²⁾. Ao final do período de exposição, os baldes foram pesados para determinar as perdas de matéria seca (MS) sob condições aeróbias. Para isso, amostras de cada repetição foram coletadas para determinação do teor de MS.

2.4 Análise química

As amostras destinadas à análise da composição química foram secas em estufa de circulação de ar forçado a 55°C por 72 horas. Após a secagem, foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneiras de 1 mm, e armazenadas em recipientes plásticos para análises químicas posteriores. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105°C por 12 horas para determinação do teor de MS ⁽¹³⁾ (método nº 930.15), e o teor de cinzas foi determinado após combustão em forno mufla a 500°C por 5 horas ⁽¹³⁾ (método nº 923.03). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada utilizando autoclave e sacos de filtragem de polietileno desenvolvidos para essa finalidade ⁽¹⁴⁾.

As amostras conservadas a -20°C foram utilizadas para preparar extratos aquosos, por meio da homogeneização de 25 g de cada amostra de forragem ou silagem com 225 mL de água destilada. A mistura foi homogeneizada em liquidificador na velocidade máxima por 1 minuto e filtrada através de duas camadas de tecido de algodão. O pH do filtrado foi medido imediatamente utilizando um pHmetro (modelo MA522, Marconi Equipamentos de Laboratório, Piracicaba, SP, Brasil).

2.5 Análise estatística

As variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA), com verificação da normalidade dos dados e remoção de outliers (± 3). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no software SAS. Todas as variáveis foram analisadas utilizando o procedimento MIXED no SAS (v. 9.4; SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA).

3. Resultados

3.1 Desempenho agrônomo e composição química de genótipos de milho

O genótipo Pixurum 07 apresentou maior altura de planta ($P < 0,001$) em comparação com os demais genótipos; no entanto, não diferiu significativamente de BRS 4019TL e Brasino (Tabela 1). Da mesma forma, Pixurum 07 exibiu a maior altura de inserção da espiga ($P < 0,001$), sendo estatisticamente semelhante a BRS 4019TL. Todos os genótipos apresentaram valores semelhantes para o número e o peso de espigas por planta, bem como para o diâmetro do colmo ($P > 0,05$).

O maior estande de plantas foi observado para SINT PF 7031, que não diferiu estatisticamente ($P > 0,05$) de Pixurum 07, BRS 4105 e Pixurum 05 (Tabela 1). Em relação à produtividade de MV por hectare, o genótipo com maior produção ($P = 0,009$) foi Pixurum 07 (64,5 t/ha). No entanto, quando o teor de MS foi analisado, não foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos ($P > 0,05$).

Quanto à produtividade de grãos com base na MS, o genótipo SINT PF 7031 diferiu dos demais ($P < 0,001$), alcançando 12,5 t/ha, enquanto genótipos como Pixurum 07, Brasino, BRS 5202 Pampa e Dente de Ouro produziram menores quantidades de grãos (Tabela 1). O teor de MS dos grãos variou ($P < 0,001$) de 61,9% (BRS Planalto) a 21,9% (Pixurum 07). Quando a produtividade de grãos foi avaliada com base na MS, SINT PF 7031 novamente apresentou o maior rendimento ($P < 0,001$), enquanto Pixurum 07 apresentou o menor. Esses resultados se mantiveram mesmo após o ajuste da MS dos grãos para 51,5%, valor médio geral entre todos os genótipos. A proporção de grãos na massa ensilada foi maior ($P < 0,001$) em SINT PF 7031, enquanto Pixurum 07 apresentou a menor proporção de grãos (Tabela 1).

Todos os genótipos apresentaram teores semelhantes de MS da forragem ($P > 0,05$; Tabela 2). O teor de cinzas variou ($P < 0,001$) de 6,40% MS (BRS 4103) a 4,16% (SINT PF 7021). O genótipo Pixurum 07 apresentou o maior teor de FDN da forragem ($P = 0,026$), diferindo significativamente dos demais genótipos.

3.2 Perdas fermentativas, composição química e estabilidade aeróbia das silagens

A silagem do BRS 4107 apresentou a maior perda por efluente ($P < 0,001$; Tabela 3). Em relação às perdas gasosas e de MS, BRS Caimbé exibiu os maiores valores ($P < 0,001$). Não houve efeito sobre o pH ($P > 0,05$), pois todos os genótipos apresentaram valores semelhantes. Quanto à composição química da silagem (Tabela 4), o teor de MS diferiu entre os genótipos ($P < 0,001$), variando de 31,6% (SINT PF 7031) a 23,7% (Pixurum 07). BRS 4107 apresentou o maior teor de cinzas (7,98% MS; $P = 0,0203$), não diferindo estatisticamente de BRS Caimbé (7,71 % MS), Pixurum 07 (7,04% MS) e BRS 4105 (6,49% MS). A FDN das silagens diferiu ($P < 0,001$) entre os genótipos, variando de 74,2% MS (Pixurum 07) a 51,1% MS (SINT PF 7031).

Tabela 1. Desempenho agrônômico de variedades de milho de polinização aberta para produção de silagem sob cultivo orgânico.

Genótipo	AP, m	AE, m	NE	PE, kg	DC, cm	Estande	PMV, t/ha	PMS, t/ha	PGv, t/ha	MSg (%)	PGs, t/ha	PGc, t/ha	PG, %
BR 5202 Pampa	1,81 DE	0,98 CD	1,33	0,325	26,7	42620 CD	39,5 D	11,7	5,07 CDE	56,1 AB	2,80 CDE	2,61 CDE	22,1 CD
BRS 015 FB	1,74 E	0,87 D	1,13	0,266	25,3	52500 BCD	40,9 D	12,6	8,70 B	60,8 A	5,29 B	4,48 B	31,5 B
BRS 4019TL	2,28 ABC	1,22 AB	1,20	0,358	25,7	48333 BCD	51,4 BCD	15,2	8,48 BC	51,7 BC	4,36 BC	4,36 BC	24,3 B
BRS 4022SE	1,71 E	0,82 D	1,33	0,263	24,6	43333 CD	42,3 D	12,6	6,18 BCD	57,4 AB	3,54 BCD	3,18 BCD	22,2 BC
BRS 3042	1,85 DE	0,89 D	1,40	0,317	23,2	50462 BCD	54,9 ABC	14,1	8,58 B	44,6 CD	3,86 BC	4,41 B	22,9 B
BRS 4103	2,05 BCD	0,86 D	1,53	0,310	23,9	50833 BCD	45,4 CD	12,3	9,11 B	51,7 BC	4,74 BC	4,69 B	26,2 B
BRS 4105	1,85 DE	0,88 D	1,53	0,235	22,0	57500 AB	48,7 BCD	12,9	6,71 BCD	53,6 ABC	3,64 BCD	3,45 BCD	20,1 BC
BRS 4107	2,03 CD	0,94 D	1,47	0,314	25,6	41667 D	43,3 CD	10,6	7,48 BC	50,4 BCD	3,82 BC	3,85 BC	25,8 B
BRS Caimbé	1,84 DE	0,87 D	-	0,306	26,3	42440 CD	48,9 BCD	14,7	6,72 BCD	41,3 D	2,82 CDE	3,45 BCD	22,1 BC
BRS PLANALTO	1,86 DE	0,95 D	1,00	0,332	23,8	45833B CD	48,1 CD	13,9	8,16 BC	61,9 A	5,08 B	4,20 BC	24,5 B
Brasino	2,32 AB	1,17 BC	1,53	0,257	25,0	40120 D	40,1 D	11,0	3,40 DE	45,7 CD	1,53 DE	1,75 D	18,2 CD
CMST 029 FA	1,87 DE	0,90 D	1,33	0,283	21,8	50833 BCD	45,4 CD	12,3	8,43 BC	53,2 ABC	4,49 BC	4,34 BC	27,2 B
Dente de Ouro	1,93 DE	0,90 D	1,73	0,292	25,1	43333 CD	39,8 D	10,6	6,29 BCDE	55,5 AB	3,30 BCD	3,24 BCDE	26,2 BCD
Pixurum 05	1,95 DE	0,94 D	1,13	0,339	23,8	54167 ABC	61,7 AB	17,9	8,07 BC	56,4 AB	4,58 BC	4,15 BC	21,5 B
Pixurum 07	2,41 A	1,40 A	1,13	0,226	20,9	65000 A	64,5 A	15,6	2,92 E	21,9 E	0,681 E	1,50 E	6,57 D
SINT PF 7021	1,75 E	0,79 D	1,33	0,241	25,3	50833 BCD	39,9 D	12,5	7,63 BC	50,7 BCD	3,89 BC	3,93 BC	28,1 B
SINT PF 7031	1,40 F	0,56 E	1,27	0,308	24,4	67440 A	45,8 CD	13,8	12,5 A	58,5 AB	7,33 A	6,44 A	40,6 A
SEM	0,091	0,076	0,211	0,032	1,370	4935	5,300	2,150	1,240	3,160	0,757	0,636	2,670
P-valor	<0,001	<0,001	0,64	0,08	0,12	0,014	0,009	0,07	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

^{a-f}Médias seguidas por letras diferentes dentro de uma coluna diferem significativamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. * AP = altura de planta; AE = altura de inserção da espiga; NE = número médio de espigas por planta; PE = peso médio da espiga; DC = diâmetro do colmo; Estande = número de plantas por hectare; PMV = produtividade de matéria verde; PMS = produtividade de matéria seca; PGv = produtividade de grãos com base na matéria verde; MSg = matéria seca de grãos (55°C); PGs = produtividade de grãos com base na matéria seca; PGc = produtividade de grãos com base na matéria seca corrigida para o teor médio de matéria seca observado nos grãos (51,5%); PG = proporção de grãos na massa ensilada.

Tabela 2. Composição química de variedades de milho de polinização aberta antes da ensilagem sob cultivo orgânico (valores expressos em % da MS).

Genótipo	MS (%)	Cinzas (%)	FDN (%)
BR 5202 Pampa	29,57	4,85 DEF	65,12 BCD
BRS 015FB	30,75	4,76 DEF	62,03 BCD
BRS 4019TL	29,64	4,74 EF	62,99 BCD
BRS 4022SE	29,79	4,73 EF	66,38 BC
BRS 3042	25,67	5,62 BC	65,99 BCD
BRS 4103	27,12	6,40 A	67,87 B
BRS 4105	26,43	5,88 AB	66,89 BC
BRS 4107	24,55	5,94 AB	64,05 BCD
BRS Caimbé	29,98	5,49 BCDE	67,09 BC
BRS Planalto	28,83	5,33 BCDE	66,83 BC
Brasino	27,45	5,15 BCDE	64,49 BCD
CMST 029 FA	27,19	4,68 EF	63,43 BCD
Dente de Ouro	26,53	5,52 BCD	65,94 BCD
Pixurum 05	28,98	4,97 CDE	62,51 BCD
Pixurum 07	24,16	5,25 BCDE	77,36 A
SINT PF 7021	31,24	4,16 F	60,69 CD
SINT PF 7031	30,05	4,68 EF	59,60 D
SEM	1,776	0,290	2,490
P-valor	0,0586	0,0002	0,0261

^{a-f} Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *MS = matéria seca; FDN = fibra em detergente neutro.

Tabela 3. Perdas fermentativas e pH de silagens de milho de polinização aberta sob cultivo orgânico (valores expressos em % da MS, salvo indicação em contrário).

Genótipo	Efluente, kg/t MV	Gás	PMS	pH
BR 5202 Pampa	6,03 C	7,07 D	7,41 CDE	3,62
BRS 015FB	5,46 C	13,9 B	14,4 B	3,59
BRS 4019TL	9,43 BC	13,2 BC	14,0 BC	3,62
BRS 4022SE	6,27 BC	8,42 CD	9,00 BCDE	3,62
BRS 3042	6,20 BC	5,75 D	6,41 DE	3,60
BRS 4103	12,6 B	4,72 D	5,82 DE	3,58
BRS 4105	9,02 BC	4,84 D	5,72 DE	3,58
BRS 4107	32,1 A	7,37 CD	11,7 BCD	3,62
BRS Caimbé	5,55 C	22,3 A	22,8 A	3,63
BRS Planalto	4,73 C	4,60 D	5,08 DE	3,61
Brasino	6,49 BC	8,21 CD	9,41 BCDE	3,60
CMST 029 FA	5,02 C	5,82 D	6,29 DE	3,68
Dente de Ouro	7,52 BC	5,84 D	4,38 E	3,58
Pixurum 05	9,65 BC	5,58 D	7,14 DE	3,64
Pixurum 07	6,51 BC	6,19 D	6,81 DE	3,58
SINT PF 7021	4,91 C	9,27 BCD	9,73 BCDE	3,55
SINT PF 7031	6,10 C	6,21 D	3,70 E	3,62
EPM	2,450	2,020	2,300	0,024
P-valor	<0,001	<0,001	0,001	0,1346

^{a-e} Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *MV = matéria verde; PMS = perda de matéria seca.

Tabela 4. Composição química de silagens de milho de polinização aberta sob cultivo orgânico (valores expressos em % da MS).

Genótipo	MS (%)	Cinzas (%)	FDN (%)
BR 5202 Pampa	27,57 BCDEF	5,41 CDE	59,55 CDE
BRS 015FB	27,58 BCDEF	5,72 CDE	64,54 BCD
BRS 4019TL	26,96 CDEFG	6,16 BCDE	61,61 BCDE
BRS 4022SE	28,24 BCD	5,82 CDE	57,47 DEF
BRS 3042	25,80 DEFGH	5,65 CDE	61,23 BCDE
BRS 4103	24,61 FGH	5,60 CDE	65,89 BCD
BRS 4105	26,58 DEFG	6,49 ABCD	60,58 BCDE
BRS 4107	24,05 GH	7,98 A	67,54 B
BRS Caimbé	24,57 FGH	7,71 AB	61,96 BCDE
BRS Planalto	30,29 AB	5,58 CDE	58,13 DEF
Brasino	25,91 DEFGH	6,17 BCDE	67,10 BC
CMST 029 FA	26,20 DEFGH	5,21 D	59,91 BCDE
Dente de Ouro	25,35 EFGH	6,32 BCDE	64,80 BCD
Pixurum 05	27,98 BCDE	5,73 CDE	59,27 CDE
Pixurum 07	23,69 H	7,04 ABC	74,20 A
SINT PF 7021	29,46 ABC	5,11 DE	53,85 EF
SINT PF 7031	31,61 A	4,88 E	51,08 F
SEM	1,549	0,592	2,820
P-valor	<0,001	0,0203	<0,001

^{a-h} Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. * MS = matéria seca; FDN = fibra em detergente neutro.

A estabilidade aeróbia e as características de temperatura durante o período de exposição ao ar apresentaram diferenças consideráveis entre os genótipos (Tabela 5). O CMST 029 FA apresentou a maior estabilidade após a abertura dos silos (213 h; $P < 0,001$), enquanto BRS Caimbé (38 h) apresentou menor estabilidade, embora não tenha diferido de outros 12 genótipos. Não foram observadas diferenças significativas para a deterioração aeróbia ($P > 0,05$), nem para temperatura inicial, temperatura máxima ou taxa de aquecimento.

Durante o ensaio de estabilidade aeróbia, também foi avaliado o teor de MS da silagem. Após 10 dias de exposição ao ar, o teor de MS das silagens diferiu ($P = 0,006$), variando de 38,9 % (SINT PF 7031) a 27,9 % (BRS 4107). As perdas de MS durante a exposição aeróbia também foram afetadas pelos genótipos ($P = 0,008$), variando de 13,5 % (Dente de Ouro) a 2,24 % (BRS 4019TL).

4. Discussão

Um dos primeiros parâmetros a ser considerado na seleção de um genótipo para cultivo é a produtividade de MV, a qual é importante para reduzir custos, determinar a capacidade do silo e projetar a quantidade de alimento disponível para consumo animal ao longo do ano ⁽¹⁵⁾. Neste estudo, Pixurum 07, Pixurum 05 e BRS 3042 apresentaram as maiores produtividades de MV (> 54 t/ha), superando os valores de 50,5 e 42,5 t/ha relatados por outros autores ^(6, 16). Embora a produtividade de MV seja um fator importante na seleção de genótipos, ela é diretamente influenciada por outras características, como estande de plantas, diâmetro do colmo e altura de planta ⁽¹⁵⁾. Genótipos com maior altura, exceto Pixurum 07, não alcançaram as maiores produtividades devido a menores estandes de plantas. Por sua vez, apesar da ausência de medições, é provável que os estandes de plantas tenham variado em função de diferenças no vigor e germinação das sementes, ocorrência de doenças e presença de plantas acamadas.

Tabela 5. Estabilidade aeróbia de silagens de milho de polinização aberta sob cultivo orgânico.

Genótipo	Estabilidade, h	DA, °C	Ti, °C	Tmax, °C	TmaxT, h	TA, °C/h	MS, %	PMS, %
BR 5202 Pampa	71,8 BCDE	6,43	16,9	25,3	93,6	0,099 BCD	31,3 BCDE	5,72 BCD
BRS 015FB	41,8 E	0,730	17,4	21,5	59,9	0,108 BC	36,5 AB	9,52 AB
BRS 4019TL	55,3 CDE	8,84	17,3	24,6	74,9	0,098 BCD	36,5 AB	2,24 D
BRS 4022SE	50,0 DE	2,48	16,9	22,4	62,1	0,101 BCD	36,1 ABC	3,14 D
BRS 3042	74,7 BCDE	6,18	16,9	24,5	88,0	0,086 BCD	31,5 BCDE	4,35 CD
BRS 4103	43,3 E	10,5	16,7	28,8	65,1	0,200 A	29,4 DE	4,73 CD
BRS 4105	89,3 BCD	2,39	17,2	21,7	106	0,043 CD	32,1 BCDE	3,79 D
BRS 4107	98,3 B	1,79	17,1	21,6	105	0,038 D	27,9 E	9,53 AB
BRS Caimbé	38,0 E	4,78	16,9	26,3	57,1	0,185 AB	31,3 BCDE	2,75 D
BRS PLANALTO	65,2 BCDE	6,48	17,0	23,0	75,0	0,081 BCD	36,0 ABC	5,86 BCD
Brasino	48,0 E	3,89	16,9	23,5	68,6	0,127 B	31,3 CDE	8,62 ABC
CMST 029 FA	213 A	-0,623	16,9	20,7	63,1	0,056 BCD	33,1 BCD	3,89 CD
Dente de Ouro	91,5 BC	3,11	17,8	21,1	135	0,041 CD	31,1 CDE	13,5 A
Pixurum 05	53,8 DE	5,28	17,4	23,1	63,0	0,089 BCD	35,5 ABC	6,99 BCD
Pixurum 07	54,5 CDE	7,77	17,2	22,3	58,0	0,043 CD	30,0 DE	9,79 AB
SINT PF 7021	53,8 CDE	5,27	16,6	21,1	76,5	0,065 BCD	35,8 ABC	7,57 BCD
SINT PF 7031	59,2 CDE	6,89	16,9	25,8	73,7	0,122 B	38,9 A	5,48 BCD
SEM	13,380	2,260	0,273	1,690	16,630	0,025	2,020	1,730
P-valor	<0,001	0,051	0,305	0,097	0,052	0,006	0,006	0,008

^{a-e} Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * DA = deterioração aeróbia; Ti = temperatura inicial da silagem; Tmax = temperatura máxima; TmaxT = tempo necessário para atingir a temperatura máxima; TA = taxa de aquecimento; MS = matéria seca; PMS = perdas de matéria seca.

Embora o teor de MS dos genótipos no momento da ensilagem não tenha diferido significativamente ao nível de 5 %, é importante destacar que a ensilagem de materiais com menos de 30 % de MS não é recomendada em condições práticas ^(5, 17). Uma das razões para essa recomendação é a elevada perda de MS por meio da produção de efluente, como observado para BRS 4107, que apresentou 24,5 % de MS na colheita. No presente estudo, a produtividade de MS variou de 10,6 t/ha a 17,9 t/ha, com a maioria dos valores situando-se dentro da faixa de 12,7–21,7 t/ha relatada por Ferrari Júnior et al. ⁽¹⁵⁾. A menor produtividade de MS pode estar associada à colheita do milho em estádios de desenvolvimento mais precoces ^(5, 15, 16).

Quando se avaliaram três VPA no estado de Santa Catarina, Patzlaff et al. ⁽¹⁸⁾ relataram produtividades de MS entre 14,3 e 16,4 t MS/ha, valores semelhantes aos observados no presente estudo (10,6–17,9 t MS/ha). Em comparação com a produtividade de híbridos comerciais, as VPA apresentam produtividade relativamente comparável. Isso é evidente ao comparar com Scalli et al. ⁽¹⁹⁾, que avaliaram um híbrido simples e um híbrido triplo, obtendo 17,6 e 12,3 t MS/ha, respectivamente. Em outro estudo, Mittelman et al. ⁽²⁰⁾ avaliaram diversos híbridos em diferentes regiões do sul do Brasil e relataram produtividades de MS variando de 8,69 a 19,2 t/ha, valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

O genótipo SINT PF 7031 apresentou a maior proporção de grãos na massa ensilada e a maior produtividade de grãos, tanto em base de MS quanto em base corrigida de MS. Uma alta proporção de grãos na massa da silagem melhora a digestibilidade e está diretamente relacionada ao número de espigas por planta ⁽⁶⁾.

A análise desses dados evidencia a importância de avaliar múltiplos fatores na seleção de um genótipo para cultivo. Pixurum 07 apresentou os melhores resultados para produtividade de MV e altura de planta. Em contrapartida, apresentou os menores valores para produtividade de grãos em base de MV e MS, produtividade de grãos corrigida para MS, proporção de grãos na massa ensilada e o maior teor de FDN. A FDN é inversamente correlacionada com o consumo e a digestibilidade quando ingerida por ruminantes ⁽²¹⁾. Como observado por ASSIS et al. ⁽¹⁶⁾, em casos em que a produtividade de MS e o acamamento das plantas não são comprometidos, devem-se preferir genótipos com menor teor de fibra para produção de silagem. No presente estudo, SINT PF 7031 apresentou o menor teor de FDN tanto na forragem quanto na silagem. Embora Pixurum 07 tenha apresentado elevado desempenho produtivo, mostrou altos teores de FDN tanto na forragem quanto no material ensilado. Esse resultado é consequência da maior proporção de grãos na massa ensilada de SINT PF 7031 e da menor proporção de grãos em Pixurum 07 ⁽²²⁾.

Corroborando os achados de Rabelo et al. ⁽²²⁾, a maioria dos genótipos apresentou menores teores de FDN após a ensilagem. No entanto, isso não indica necessariamente uma melhoria no valor nutritivo. De acordo com McDonald et al. ⁽¹⁷⁾, embora a silagem possa apresentar menor teor de FDN do que a forragem devido à hidrólise da hemicelulose, sua qualidade de fibra é inferior em função da maior participação de lignina e menores níveis de componentes potencialmente digestíveis.

De modo geral, os teores de FDN observados neste estudo (51,1–74,2 %) foram mais amplos do que os relatados por Patzlaff et al. ⁽¹⁸⁾ (55,3–56,5 %). Essa maior variação na FDN provavelmente está associada ao maior número de variedades avaliadas, às características intrínsecas dos genótipos, ao ciclo de desenvolvimento das plantas, às condições edafoclimáticas e às práticas de manejo no momento da ensilagem. Ainda assim, a ampla faixa de FDN observada neste estudo oferece aos produtores maior flexibilidade na seleção de variedades.

O genótipo BRS Caimbé apresentou maiores perdas de MS durante a ensilagem, mesmo com teor de MS da planta na colheita próximo ao nível ideal. As perdas por efluente foram mínimas, mas as perdas gasosas foram elevadas, resultando na maior perda total de MS. Apesar da ausência de dados sobre populações de microrganismos e produtos finais da fermentação, o aumento das perdas de MS durante a fermentação está relacionado ao crescimento indesejável de leveduras e clostrídios ⁽¹⁷⁾. Como o teor de MS da forragem de milho do BRS Caimbé estava próximo do ideal, é provável que a população de clostrídios tenha sido suprimida. Assim, a elevada perda de MS observada nesse tratamento pode estar associada ao aumento da população de leveduras, que são reconhecidas por degradar carboidratos solúveis em água (CSA) e produzir etanol durante a fermentação, causando perdas de 49% de MS por essa via metabólica ⁽¹⁷⁾.

Todos os genótipos avaliados apresentaram valores de pH inferiores a 3,8, o que é menor do que a faixa considerada ideal (3,8–4,2) para uma fermentação adequada em silagem de milho ⁽²³⁾. No entanto, valores de pH abaixo de 3,8 não representam um problema, pois indicam que as silagens foram adequadamente fermentadas. Isso também sugere uma supressão eficiente de clostrídios, bacilos e enterobactérias durante a fermentação, os quais competem com as bactérias lácticas (BAL) pelo substrato e podem aumentar o pH da silagem por meio da produção de compostos com menor pKa, como ácidos graxos voláteis ^(17, 24).

Durante o período de exposição ao ar, é esperado um aumento da temperatura da silagem devido ao consumo de nutrientes por microrganismos oportunistas e indesejáveis, como leveduras e fungos filamentosos, resultando na deterioração aeróbia da silagem ⁽²⁵⁾. De acordo com Borreani et al. ⁽²⁶⁾, silagens com estabilidade inferior a 72 horas são consideradas de baixa estabilidade aeróbia. No presente estudo, apenas cinco genótipos (CMST 029 FA, BRS 4107, Dente de Ouro, BRS 4105 e BRS 3042) apresentaram estabilidade superior a 72 horas. Borreani et al. ^(24, 26) relataram que contagens de leveduras acima de 100.000 unidades formadoras de colônia (UFC)/g de forragem resultam em baixa estabilidade da silagem. O aumento das populações de leveduras durante a exposição aeróbia pode comprometer o desempenho animal devido à rápida deterioração da silagem, especialmente em silagens ricas em nutrientes e ácido láctico. Esse menor desempenho está frequentemente associado à redução do consumo de silagem causada por elevadas contagens de leveduras ^(5, 24, 25).

A maior estabilidade observada em alguns genótipos pode estar associada ao teor de ácido acético produzido durante a fermentação. Concentrações elevadas de ácido acético estão relacionadas à supressão do crescimento de leveduras durante a fermentação e após a abertura do silo, atuando como inibidor da deterioração aeróbia ^(24, 25, 27). Danner et al. ⁽²⁸⁾ relataram uma forte correlação (próxima de 1,0) entre a concentração de ácido acético e a estabilidade aeróbia. No entanto, no presente estudo, os ácidos orgânicos não foram mensurados, de modo que essa explicação permanece especulativa.

Observando os resultados para os genótipos BRS 4107 e BRS Caimbé, parece haver uma relação entre as perdas de MS durante a fermentação e a estabilidade aeróbia. O BRS 4107 apresentou as maiores perdas por efluente e alcançou a segunda maior estabilidade (98,3 h), sugerindo uma via fermentativa mais direcionada à produção de ácido acético, possivelmente devido à atividade de enterobactérias associada ao baixo teor de MS na ensilagem ⁽¹⁷⁾. Em contraste, o BRS Caimbé apresentou as maiores perdas gasosas e a menor estabilidade, indicando que sua baixa estabilidade provavelmente esteve relacionada à produção de compostos heterofermentativos diferentes do ácido acético e propiônico (os quais também possuem efeito antifúngico).

5. Conclusão

O presente estudo confirmou que as VPA podem ser uma alternativa para agricultores que utilizam menores níveis de recursos tecnológicos, com o objetivo de produzir silagem para sistemas orgânicos. Com base na produção em campo, na composição química e nas perdas e estabilidade da silagem, as variedades recomendadas para cultivo orgânico são BRS 3042, CMST 029 FA e SINT PF 7031.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados serão fornecidos mediante solicitação.

Contribuições do autor

Conceitualização: Rediss, W. B., Eicholz, E. D., Rabelo, C. H. S.; Curadoria de dados: Rediss, W. B.; Análise formal: Rediss, W. B.; Investigação: Rediss, W. B.; Aquisição de financiamento: Eicholz, E. D., Schafhäuser Junior, J., Rabelo, C. H. S.; Metodologia: Eicholz, E. D., Schafhäuser Junior, J., Rabelo, C. H. S.; Recursos: Eicholz, E. D., Schafhäuser Junior, J.; Administração do projeto: Rabelo, C. H. S.; Supervisão: Rabelo, C. H. S.; Visualização: Eicholz, E. D., Rabelo, C. H. S.; Software: Rabelo, C. H. S.; Redação – rascunho original: Rediss, W. B., Eicholz, E. D., Rabelo, C. H. S.

Declaração de uso de IA generativa

Os autores não utilizaram ferramentas ou tecnologias de Inteligência Artificial generativa na criação ou edição de qualquer parte deste manuscrito.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Brasília, Brasil) pela concessão de bolsas de estudo.

Referências

1. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário – 2017. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017> Acesso em: 20 de mar. 2021.
2. Soares JPG, Aroeira LJM, Fonseca AH Da, Sanavria A, Fagundes GM, Silva JB da. Produção orgânica de leite: desafios e perspectivas. In: Simpósio Nacional de Bovinocultura Leiteira, v. 3; Simpósio internacional de bovinocultura Leiteira, v.1. 2011. Viçosa. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Joao-Paulo-Soares/publication/221935335_Producao_organica_de_leite_Desafios_e_perspectivas/links/0fcfd5040b260ca654000000/Producao-organica-de-leite-Desafios-e-perspectivas.pdf Acesso em: 27 de mai 2021
3. Pinto ACJ, Millen DD. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. Canadian Journal of Animal Science, Ottawa, 2018, v.99, p.392-407. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>
4. Bernardes TF, Rêgo AC do. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. Journal of Dairy Science, v.97, 2014, p.1852-1861. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7181>
5. Daniel JLP, Bernardes TF, Jobim CC, Schmidt P, Nussio LG. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. Grass and Forage Science, 2019, v.74, n.2, p.188-200. <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>
6. Paziani SF, Duarte AP, Nussio LG, Gallo PB, Bittar CMM, Zopollatto M, Reco PC. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. Revista Brasileira Zootecnia, Viçosa, 2009, v.38, n.3, p.411-417. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300002>
7. Cruz JC, Konzen EA, Pereira Filho IA, Marriel IE, Cruz I, Duarte J de O, Oliveira MF, Alvarenga RC. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. Circular Técnica, 2006, v. 81, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490413/1/Circ81.pdf>
8. Eicholz ED, Griep L, Aires RF, Eicholz MD. Avaliação agrônômica de variedades de milho de polinização aberta no Rio Grande do Sul. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 2016. v. 246, Embrapa Clima Temperado. Pelotas. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1090546>
9. Da Cunha NG, Silveira RJ da C, Da Costa FA. Estudos de Solos da Estação Experimental Cascata. Circular Técnica. 2017. v. 183. Embrapa Clima Temperado. Pelotas. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1090118>
10. Valentini SR, Castro MFPM, Almeida FH. Determinação do teor de umidade de milho utilizando aparelho de microondas. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1998, v.18, p.237-240. <https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000200017>

11. Jobim CC, Nussio LG, Reis RA, Schmidt P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 2007, v.36, p.101-119. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>
12. Roth APTP, Siqueira GR, Rabelo CHS, Moretti MH, Härter CJ, Resende FD, Reis RA. Effect of days postburning and calcium oxide on the fermentation, aerobic stability and nutritional characteristics of sugarcane silage for finishing Nellore steers. *Grass and Forage Science*, 2018, v.73, p.671-684. <https://doi.org/10.1111/gfs.12377>
13. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis, 1996. 16th ed. Washington, DC: AOAC.
14. Senger CCD, Kozloski GV, Bonnacarrère Sanchez LM, Mesquita FR, Alves TP, Castagnino DS. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, v.146, p.169–174. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008>
15. Ferrari Júnior E, Possenti RA, Lima ML. Características, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. *Boletim de Indústria Animal*, 2005, v.62, n.1, p.19-27. <http://www.iz.sp.gov.br/pdfsbia/1180030929.pdf>
16. De Assis FB, Basso FC, Lara EC, Raposo E, Bertipaglia LMA, Fernandes L De O, Rabelo CHS, Reis RA. Caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 2014, v.35, n.6, p.2869-2882. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2869>
17. McDonald P, Henderson AR, Heron S. The biochemistry of silage. 2.ed. , 1991 Marlow: Chalcombe. 340p.
18. Patzlaff NL, Martins CEN, Arboitte MZ, Höfs A. Variedades de milho com polinização aberta da Epagri sob efeito do espaçamento entre linhas. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 2020, v.6, n.2, p.5750-5766. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-032>
19. Scalli BCM, Oliveira MB, Vicente PC, Da Penha NC, Silva AV, Giunti OD. Características agrônômicas e bromatológicas do grão e silagem de milho sob diferentes formas de nitrogênio. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 2021, v.7, n.10, p.99907-99922.
20. Mittelman A, De Souza Sobrinho F, Oliveira JSE, Fernandes SBV, Lajús CA, Miranda M, Zanatta JC, Moletta JL. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2005, v.35, n.3, p.684-690. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300032>
21. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, New York, USA: 1994. Cornell University Press.
22. Rabelo CHS, De Rezende AV, Rabelo FHS, Nogueira DA, Senedese SS, Vieira P De F, Bernardes CL, Carvalho A. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade in vitro. *Ciência Rural*. Santa Maria. 2014, v.44, n.2, p.368-373. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000200028>
23. Salvo PAR, Basso FC, Rabelo CHS, Oliveira AA, Sader AP, Casagrande DR, Berchielli TT, Reis RA. Características de silagens de milho inoculadas com *Lactobacillus buchneri* e *L. plantarum*. *Archivos de Zootecnia*, 2013, v.62, n.239, p.379-390. <https://doi.org/10.21071/az.v62i239.643>
24. Borreani G, Tabacco E, Schmidt RJ, Holmes BJ, Muck RA. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 2018, v.101, n.5, p.3952-3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
25. Basso FC, Lara EC, De Assis FB, Rabelo CHS, Morelli M, Reis RA. Características da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com *Bacillus subtilis*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador ,2012, v.13, n.4, p.1009-1019. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000400003>
26. Borreani G, Tabacco E, Colombari G. Influenza negli insilati nel deterioramento aerobico sulla qualità dei prodotti caseari. *L'Informatore Agrario*. 2002, v.11, p.57-62.
27. Muck RE. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2010, v.39, p.183-191. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>
28. Danner H, Holzer M, Mayrhuber E, Braun R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied Environmental Microbiology*, 2003, v.69, n.1, p.562-567. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.1.562-567.2003>