



1
2
3 **UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**
4 **CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL**
5 **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

20
21 **AÇÃO COMBINADA DE BENZOATO DE SÓDIO E *LACTOBACILLUS***
22 ***BUCHNERI* SOBRE A QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO**
23
24
25
26
27

28 **MARIA EVELAINE DE LUCENA NASCIMENTO**
29
30
31
32
33
34
35
36
37

38
39
40 **PATOS-PB**
41 **Setembro, 2021**
42
43

MARIA EVELAINE DE LUCENA NASCIMENTO

44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90

**AÇÃO COMBINADA DE BENZOATO DE SÓDIO E *LACTOBACILLUS*
BUCHNERI SOBRE A QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, como uma das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Área e concentração Mestrado em Ciência Animal, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan

Co-orientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos

PATOS-PB
Setembro, 2021

91
92
93
94
95
96
97
98
99

N244a Nascimento, Maria Evelaine de Lucena.
Ação combinada de benzoato de sódio e *Lactobacillus buchneri* sobre a qualidade da silagem de sorgo / Maria Evelaine de Lucena Nascimento. – Patos, 2021.
75 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2021.

"Orientação: Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan; Coorientação: Edson Mauro Santos".

Referências.

1. Estabilidade Aeróbia. 2. Fermentação Lática. 3. Perdas Fermentativas. I. Edvan, Ricardo Loiola. II. Santos, Edson Mauro. III. Título.

CDU 633.17(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA MARIA ANTONIA DE SOUSA CRB 15/398

100
101
102
103
104
105
106
107
108
109



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "Ação combinada de benzoato de sódio e *Lactobacillus buchneri* sobre a qualidade da silagem de sorgo"

AUTORA: MARIA EVELAINE DE LUCENA NASCIMENTO

ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO LOIDLA EDVAN

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO


Dr. Ricardo Loidla Edvan
DZ/CPCE/UFPB
Presidente


Dr. Edson Mauro dos Santos
DM/CCTA/UFPB
Coorientador


Dra. Maria Araújo Cordeiro
1ª Examinadora


Dr. Marcos Jacome de Araújo
DZ/CPCE/UFPB
2ª Examinador

Patos - PB, 31 de agosto de 2021


Prof. Dr. José Fernando Galvão de Moura
PPGCA/UFCG
Coordenador do PPGCA/UFCG

110
111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

Deus, por tudo que tem feito em minha vida.

144

Aos meus pais, José Elias e Maria Socorro, por todo amor, inspiração e incentivo a mim.

145

146

Aos meus irmãos por apoiar-me em todas as etapas da minha vida.

147

Ao meu marido Jonas, por todo incentivo, ajuda e companheirismo.

148

A toda minha família, meu pilar de sustentação.

149

DEDICO

150

151

AGRADECIMENTOS

152

153 A Deus primeiramente, pela proteção em todos os momentos, por ter me
154 dado força, pelas oportunidades e por colocar pessoas incríveis no meu caminho
que me fizeram persistir mesmo nos momentos mais difíceis.

155

156 À minha família, mãe (Maria Socorro), pai (José Elias), irmãos, sobrinhos,
157 por sempre estarem comigo me apoiando e dando forças para seguir em frente,
pelas palavras de carinho e afeto recebido.

158

159 Ao meu marido Jonas, por todo incentivo, ajuda e companheirismo em
cada momento.

160

161 A Universidade Federal do Piauí, pelo espaço concedido durante esse
tempo para a execução do experimento.

162

163 A Universidade Federal da Paraíba, pelo espaço concedido para a
realização das análises laboratoriais.

164

165 Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da UFCG, através do
qual pude conceder o título de mestre.

166

167 Agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Loiola, pela
168 oportunidade de aprender continuamente, pela confiança e dedicação à
pesquisa, por todo conhecimento repassado.

169

170 Ao meu coorientador Prof. Dr. Edson Mauro Santos, por todos os
171 conhecimentos transmitidos e por me encorajar a ser melhor a cada dia, pelo
incentivo e exemplo de profissionalismo.

172

173 Aos professores do programa de pós-graduação em ciência animal, pelos
ensinamentos repassados.

174

175 Aos amigos que fiz durante essa jornada e que me ajudaram muito, em
176 especial, Natalia, profa. Maiza, Romilda, Felipe, Andrescia, Regina, Jefeson,
177 Zenaide, Liliane, Evandra, Dayane, Rafael, Guilherme, Naysson, Lucas Barros,
178 Mariane, Morgana, Samara, que estiveram comigo em todos os momentos,
sempre me dando força e sendo apoio.

179

180 Aos técnicos e todos os funcionários em especial ao secretário José de
Arimateia (Ari), pela assistência dada durante todo o período do mestrado.

181

182 Ao conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq)
pela concessão da bolsa de estudos.

183

184 Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) pela disponibilidade em
185 contribuir para a realização das análises laboratoriais na pessoa do professor
Geovergue e Romildo.

186

187 Aos integrantes do Núcleo de Estudos em Forragicultura (NUEFO) que
188 contribuíram significativamente para a realização deste trabalho. Em especial
189 aos que estiveram mais próximos e me ajudaram muito, pelos bons momentos
e pelo conhecimento que construímos juntos.

BIOGRAFIA DA AUTORA

225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255

Maria Evelaine de Lucena Nascimento, filha de Maria Socorro Alves de Lucena e José Elias Pereira do Nascimento, a autora nasceu no dia 23 de junho de 1994, na cidade de Brejo Santo, Estado do Ceará, Brasil.

No ano de 2010, concluiu o ensino médio na Escola de Ensino Médio André Cartaxo, na cidade de Mauriti, Ceará, Brasil.

Em janeiro de 2011 ingressou no curso técnico em agropecuária modalidade subsequente, no Instituto Federal da Paraíba, *Campus* Sousa, no município de Sousa, concluindo seus estudos em janeiro de 2013, obtendo o grau de Técnica em Agropecuária.

Em Abril de 2014 ingressou no curso de Bacharelado em Medicina Veterinária, no Instituto Federal da Paraíba, *Campus* Sousa, no município de Sousa, concluindo seus estudos em março de 2019, obtendo o grau de Bacharel em medicina veterinária.

Em Abril de 2019 ingressou no curso de mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB CSTR/UFCG.

257	LISTA DE TABELAS	i
258	LISTA DE FIGURAS	ii
259	LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	iii
260	RESUMO GERAL	iv
261	INTRODUÇÃO GERAL	15
262	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	16
263	CAPÍTULO I	18
264	1. REFERENCIAL TEÓRICO	19
265	1.1 Características do sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>).....	19
266	1.2 Silagem de sorgo.....	21
267	1.3 Inoculantes microbianos.....	26
268	1.4 Aditivos químicos.....	29
269	1.5 Ação combinada de inoculante microbiano e aditivo químico.....	31
270	2. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
271	3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	32
272	CAPÍTULO II USO DE ADITIVO QUIMICO E MICROBIANO SOBRE A	
273	SILAGEM DE SORGO	37
274	RESUMO:	38
275	1. INTRODUÇÃO	40
276	2. MATERIAL E MÉTODOS	41
277	2.1 Localização do experimento.....	41
278	2.2 Delineamento, área experimental e híbrido testado.....	42
279	2.3 Produção da silagem.....	42
280	2.4 Indicadores de qualidade da silagem.....	43
281	3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
282	3.1 Característica microbiológica da silagem.....	49
283	3.2 Composição química.....	54
284	3.4 Perdas fermentativas.....	61
285	3.5 Microbioma da silagem.....	62
286	4. CONCLUSÃO	66
287	5. AGRADECIMENTOS	66
288	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	66

LISTA DE TABELAS

291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326

Tabela 1. Composição química do sorgo com uso de aditivo químico e microbiano na ensilagem **45**

Tabela 2. População de microrganismos, pH e N-NH₃ de silagem de sorgo com aditivo químico e microbiano em diferentes tempos de abertura **52**

Tabela 3. Composição química da silagem de sorgo com diferentes aditivos e periodos de abertura..... **55**

Tabela 4. Estabilidade aeróbia de silagem de sorgo com diferentes aditivos e periodos de abertura..... **61**

Tabela 5. Perdas fermentativas de silagem de sorgo com aditivo químico e microbiano aos 120 dias de abertura..... **62**

LISTA DE FIGURAS

327
328
329

- Figura 1** - Abundância relativa dos principais filos na silagem de sorgo com aditivos químico e microbiano aos 0, 30 e 120 dias de ensilagem..... **65**
- Figura 2** - Abundância relativa das principais famílias na silagem de sorgo com aditivos químico e microbiano aos 0, 30 e 120 dias de ensilagem..... **65**
- Figura 3** - Abundância relativa dos principais gêneros na silagem de sorgo com aditivos químico e microbiano aos 0, 30 e 120 dias de ensilagem..... **66**

330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

354

355

356 AC. LÁT- ácido láctico,

357 AC.AC- ácido acético

358 AC.BUT- ácido butírico

359 BAL- bactérias ácido lácticas

360 CT- Capacidade tamponante

361 CHOs- carboidratos solúveis

362 EE- Extrato etéreo

363 FDA-Fibra em detergente ácido

364 FDN-Fibra em detergente neutro

365 MS-Matéria seca;

366 N-NH₃- Nitrogênio amoniacal

367 PB-Proteína bruta

368 pH- potencial (ou potência) hidrogeniônico

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

AÇÃO COMBINADA DE BENZOATO DE SÓDIO E *LACTOBACILLUS BUCHNERI* SOBRE A QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO

385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428

RESUMO GERAL: Objetivou-se avaliar o efeito de aditivo químico e aditivo microbiano sobre as características fermentativas, perdas, qualidade da silagem, crescimento das populações microbianas e o microbioma de silagens de sorgo. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4 × 4 (4 tipos de silagem × 4 tempos de abertura), com cinco repetições por tratamento. Os tratamentos foram: sem aditivo (controle); aditivo 1 (silagem inoculada com *Lactobacillus buchneri*); aditivo 2 (silagem tratada com aditivo químico: benzoato de sódio) e aditivo 3 (silagem inoculada com *L. buchneri* e combinada com aditivo químico: benzoato de sódio). Houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores analisados uso de aditivo e tempo de abertura do silo, para o crescimento da população de bactérias ácido lácticas (BAL) e leveduras na silagem de sorgo forrageiro. Para a contagem de leveduras a menor população foi observada na abertura do silo aos 60 dias com o uso do aditivo 1 (*L. buchneri*) de 1,67 Log UFC g⁻¹. Houve interação ($P < 0,05$) para a variável pH entre os fatores analisados uso de aditivo e tempo de abertura do silo, obteve-se maiores valores de pH (3,70) para as silagens abertas aos 90 dias ($P < 0,05$) com o uso do aditivo 2 (benzoato de sódio). O menor teor de pH (3,30), foi encontrado na silagem inoculada com *L. buchneri* (aditivo 1) aos 60 dias de abertura do silo. O teor de MS ($P < 0,05$) obteve maior valor na silagem com o aditivo 3 (*L. buchneri* + benzoato de sódio) apresentando teor de 324 g/kg. A FDN da silagem com uso de *L. buchneri* e benzoato de sódio (aditivo 3) apresentou menor teor com 613,0 g/kg MS na silagem ($P < 0,05$). Em relação as perdas decorrentes do processo de ensilagem aos 120 dias, houve efeito ($P < 0,05$) do uso dos aditivos na silagem de sorgo para perda por gases (PG) das silagens. O aditivo 2 (benzoato de sódio) diferiu em relação aos demais tratamentos, registrando a menor perda por gases. Houve interação ($P < 0,05$) na quebra da estabilidade aeróbia das silagens para uso de aditivos e tempo de abertura do silo, onde as silagens tratadas com o aditivo 3 (*L. buchneri* + benzoato de sódio) abertas aos 120 dias tiveram maior duração da estabilidade aeróbia (87,8 horas). O uso de *L. buchneri* afetou a diversidade da comunidade bacteriana com predomínio de lactobacilos quando se utilizou o inoculante microbiano. Houve maior diversidade bacteriana no tratamento controle sem uso de aditivo. Os efeitos da ação combinada do aditivo químico e inoculante microbiano (*L. buchneri* e benzoato de sódio) é positivo, preserva a composição química das silagens, reduz as perdas por gases, eleva o teor de matéria seca, diminui os teores de fibra e melhora satisfatoriamente a estabilidade aeróbia. Além disso, silagens de sorgo abertas aos 120 dias apresentam maior estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: estabilidade aeróbia; fermentação láctica; perdas fermentativas.

429 **COMBINED ACTION OF SODIUM BENZOATE AND *LACTOBACILLUS***
430 ***BUCHNERI* ON THE QUALITY OF SORGHUM SILAGE**
431

432 **GENERAL ABSTRACT:** The objective was to evaluate the effect of chemical
433 additive and microbial additive on fermentative characteristics, losses, silage
434 quality, growth of microbial populations and the microbiome of sorghum silages.
435 An entirely randomized design (CID) was used in a 4×4 factorial scheme (4 types
436 of silage × 4 opening times), with five repetitions per treatment. The treatments
437 were: without additive (control); additive 1 (silage inoculated with (*Lactobacillus*
438 *buchneri*); additive 2 (silage treated with chemical additive: sodium benzoate) and
439 additive 3 (silage inoculated with *L. buchneri* and combined with chemical
440 additive: sodium benzoate). There was an interaction ($P<0.05$) between the
441 analyzed factors additive use and silo opening time, for the growth of lactic acid
442 bacteria (BAL) and yeast population in forage sorghum silage. For yeast count
443 the lowest population was observed at the opening of the silo at 60 days with the
444 use of additive 1 (*L. buchneri*) of 1.67 Log CFU g⁻¹. There was an interaction
445 ($P<0.05$) for the variable pH between the analyzed factors use of additive and
446 time of silo opening, obtaining higher pH values (3.70) for silages opened at 90
447 days ($P<0.05$) with the use of additive 2 (sodium benzoate). The lowest pH value
448 (3.30) was found in the silage inoculated with *L. buchneri* (additive 1) at 60 days
449 after opening the silo. The MS content ($P<0.05$) was higher in silage with additive
450 3 (*L. buchneri* + sodium benzoate) with a content of 324 g/kg. The FDN of silage
451 with the use of *L. buchneri* and sodium benzoate (additive 3) had the lowest
452 content of 613.0 g/kg MS in the silage ($P<0.05$). Regarding the losses due to the
453 ensiling process at 120 days, there was an effect ($P<0.05$) of the use of additives
454 in sorghum silage for gas loss (PG) of the silages. Additive 2 (sodium benzoate)
455 differed from the other treatments, recording the lowest gas loss. There was an
456 interaction ($P<0.05$) in the breakdown of aerobic stability of silages for use of
457 additives and time of silo opening, where silages treated with additive 3 (*L.*
458 *buchneri* + sodium benzoate) opened at 120 days had longer duration of aerobic
459 stability (87.8 hours). The use of *L. buchneri* affected the diversity of the bacterial
460 community with a predominance of lactobacilli when the microbial inoculant was
461 used. There was greater bacterial diversity in the control treatment without the
462 use of additives. The effects of the combined action of chemical additives and
463 microbial inoculant (*L. buchneri* and sodium benzoate) is positive, preserving the
464 chemical composition of silages, reducing gas losses, increasing dry matter
465 content, decreasing fiber content, and satisfactorily improving aerobic stability. In
466 addition, sorghum silages opened at 120 days show greater aerobic stability.

467 **Keywords:** aerobic stability; lactic fermentation; fermentative losses.

468

469

470

471

472

473

474 INTRODUÇÃO GERAL

475

476 O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma das mais importantes forrageiras
477 cultivadas para a produção de silagem, principalmente em regiões tropicais e
478 subtropicais, devido as suas características de tolerância à seca e a temperatura
479 elevada, além de apresentar alta produção e uma segunda colheita após a
480 rebrota (WEINBERG et al., 2011).

481 Em regiões secas onde geralmente o sorgo é cultivado, ocorre
482 estacionalidade na produção de forragem no campo. Neste caso, a silagem que
483 é um método de conservação de forragem se torna uma alternativa para
484 aumentar a segurança alimentar do rebanho, fornecendo alimento volumoso de
485 boa qualidade, visto que após o processamento, sofre menor influência das
486 variáveis climáticas comparando à permanência da planta no campo (MICHEL,
487 2015).

488 Em muitas propriedades rurais o fornecimento de silagem compo
489 ndo parte da dieta dos animais é comum. Nesse cenário, a produção de silagem de
490 sorgo se apresenta como alternativa alimentar para rebanhos em regiões
491 tropicais do planeta. No entanto, o sorgo possui alta fermentação quando
492 ensilado, devido a elevada quantidade de carboidratos solúveis, acidificando
493 excessivamente a massa ensilada (ARAÚJO et al.,2019). Tais características
494 podem prejudicar o processo de ensilagem gerando perdas na ensilagem, pois,
495 favorece um meio adequado ao desenvolvimento de microrganismos
496 indesejáveis como é o caso das leveduras, as quais produzem etanol a partir dos
497 carboidratos solúveis e ácido lático iniciando deterioração aeróbia (DANIEL et
498 al., 2019).

499 A fermentação de silagem pode ser influenciada por diferentes fatores, e
500 os aditivos podem ser empregados para aumentar a recuperação de nutrientes
501 e energia, como também promover redução de perdas durante esse processo
502 (OLADOSU et al., 2016). Conforme relatado por Queiroz et al. (2018), os
503 inoculantes microbianos e os aditivos químicos em silagem são conhecidos por
504 seus efeitos positivos, incluindo a sua contribuição para a fermentação, aumento
505 da recuperação de matéria seca e nutrientes, como também a elevação da

506 estabilidade aeróbica, contribuindo para manter a qualidade da silagem. Dessa
507 forma, o uso combinado desses aditivos pode apresentar ação benéfica na
508 silagem de sorgo.

509 A eficiência no uso de inoculantes depende do tipo e viabilidade das
510 bactérias, do número e tipo da população epifítica, do método de aplicação, das
511 características da forrageira e do tipo de prática de ensilagem empregado
512 (PEREIRA et al., 2019). No entanto, Leite et al. (2019) destacaram que a planta
513 para ensilagem tem que possuir uma quantidade adequada de bactérias ácido
514 lácticas epífita, não está claro quais cepas predominam dentro do silo, sendo
515 necessário desenvolver pesquisas relacionadas à quantificação e identificação
516 de culturas lácticas epífita, destacando que essa informação pode ser utilizada
517 para indicar potenciais inoculantes, contribuindo para a melhoria na qualidade
518 fermentativa das silagens produzidas.

519 Dessa forma, a hipótese do presente trabalho é que a ação combinada do
520 aditivo químico e inoculante microbiano irá proporcionar fermentações
521 desejáveis na ensilagem do sorgo forrageiro, produzindo uma silagem de melhor
522 qualidade, quando comparado com a silagem de sorgo sem aditivo ou utilizando
523 os aditivos individualmente. O experimento foi conduzido com o objetivo de
524 avaliar o efeito combinado de aditivo químico e aditivo microbiano sobre as
525 características fermentativas, perdas, qualidade nutricional da silagem,
526 crescimento das populações microbianas e o microbioma de silagens de sorgo.

527 A dissertação foi estruturada conforme as normas para elaboração de
528 dissertações do Programa de Pós-Graduação Ciência Animal da UFCG da
529 seguinte forma: INTRODUÇÃO GERAL; CAPÍTULO 1. Revisão Bibliográfica;
530 CAPÍTULO 2 – intitulado: “Ação combinada de aditivo químico e microbiano
531 sobre a silagem de sorgo”; e CONSIDERAÇÕES FINAIS.

532

533 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

534

535

536 ARAÚJO, M. L. G. L. M.; PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M.; SÁ, W. C. C.
537 S.; SILVA, K. B.; LEITE, G. M. **Ensilagem no Nordeste do Brasil: Ensilagem**
538 **de sorgo. 2 ed. São Luiz: EDUFMA. p169-212, 2019.**

- 539 DANIEL, João Luiz Pratti *et al.* Production and utilization of silages in tropical
540 areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, n. February, p. 1–13,
541 2019.
- 542
- 543 LEITE, Guilherme Medeiros *et al.* PROSPECÇÃO, ISOLAMENTO,
544 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BACTÉRIAS LÁTICAS NA
545 ENSILAGEM DE MILHETO [PENNISETUM GLAUCUM (L.) R. BR]. **In:** Anais
546 do I Simpósio Paraibano de Conservação e Utilização de Forragens:
547 tecnologias e inovações para a pecuária nordestina. Anais...Areia(PB)
548 CCA/UFPB, 2019.
- 549
- 550 MICHEL, P. H. F. **Qualidade das silagens de sorgo reensiladas com e sem**
551 **inoculante microbiano**. 2015. P. 62. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-
552 Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, Belo Horizonte, 2015.
- 553
- 554 OLADOSU, Y.; RAFII, M. Y.; ABDULLAH, N.; MAGAJI, U.; HUSSIN, G.;
555 RAMLI, A.; MIAH, G. Fermentation Quality and Additives: A Case of Rice Straw
556 Silage. **BioMed Research International**, 2016, p. 1–14, 2016.
- 557
- 558 PEREIRA, Odilon Gomes; AGARUSSI, Mariele Cristina Nascimento; RIBEIRO,
559 Karina Guimarães. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO E PRODUÇÃO DE
560 INOCULANTES PARA SILAGEM. **In:** Anais do I Simpósio Paraibano de
561 Conservação e Utilização de Forragens: tecnologias e inovações para a
562 pecuária nordestina. Anais...Areia (PB) CCA/UFPB, 2019.
- 563
- 564 QUEIROZ, O. C. M.; OGUNADE, I. M.; WEINBERG, Z.; ADESOGAN, A. T.
565 Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage
566 additives. **Journal of Dairy Science**, 101(5), p. 4132–4142, 2018.
- 567
- 568 WEINBERG, Z.G.; KHANAL, P.; YILDIZ, C.; CHEN, Y.; ARIELI, A. Ensiling
569 fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages.
570 **Grassland Science**, 57, 46–50, 2011.
- 571
- 572
- 573
- 574
- 575
- 576
- 577
- 578
- 579
- 580

581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595

596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616

**CAPÍTULO I
REFERENCIAL TEÓRICO**

617 1. REFERENCIAL TEÓRICO

618 1.1 Características do sorgo (*Sorghum bicolor*)

619 O sorgo (*S. bicolor*) é uma gramínea forrageira amplamente utilizada na
620 alimentação animal, podendo ser utilizado de diferentes formas, pastejo direto,
621 corte verde, feno, grãos e silagem, destas a silagem consiste na principal forma
622 de utilização para alimentação de ruminantes (BOTELHO et al., 2010).

623 Pode ser caracterizado em três categorias de acordo com o tipo de
624 produção, sendo classificado em sorgo granífero, destinado para a produção de
625 grãos, sorgo forrageiro, indicado para produção de alimento volumoso como
626 silagens e sorgo duplo propósito, o qual se destina tanto a produção de grãos
627 quanto de forragem, contribuindo para a disponibilidade de alimento de boa
628 qualidade para alimentação animal (MENEZES e RODRIGUES, 2014).

629 De acordo com Moraes et al. (2013), existe uma grande diversidade de
630 híbridos de sorgo destinados à produção de silagem. Em comparação ao milho,
631 o sorgo apresenta maior constituintes da parede celular e menor valor
632 energético, entretanto, híbridos de sorgo atualmente quando utilizados em
633 silagens apresentam valor nutricional semelhante ao da silagem de milho (FARIA
634 JUNIOR et al., 2009).

635 Esta cultura possui características que lhe permitem desenvolver em
636 áreas onde ocorre distribuição irregular de chuvas, como é o caso da região
637 Nordeste do Brasil, pois apresenta resposta favorável a variações ambientais de
638 temperatura e comprimento do dia, exceto para baixas temperaturas, pois,
639 afetam o ciclo da cultura, visto que é originário de regiões de clima quente
640 (MENEZES e RODRIGUES, 2014).

641 Como descrito por Landau e Sans (2015), as variedades do sorgo
642 apresentam diferenças quanto às características da planta e do grão, respostas
643 fisiológicas e fatores ambientais, sofrendo influência principalmente de fatores
644 edafoclimáticos como temperatura do ar, radiação solar, precipitação e
645 disponibilidade de água no solo. No entanto, existem variedades adaptadas a
646 diferentes climas, pois, apresentam características xerófilas, ou seja, tolerante a
647 seca. Entre os fatores que tornam esta planta tolerante a baixos índices
648 pluviométricos estão uma maior espessura na epiderme, a qual reduz a perda

649 de água, pois esta funciona como uma barreira física, minimizando a
650 transpiração, além disso, possui maior eficiência no uso da água devido à maior
651 quantidade de estômato na face abaxial nas folhas (MAGALHÃES, 2016).

652 O sorgo pertence ao grupo de plantas do metabolismo fotossintético C4
653 suportando altos índices de radiação solar, pois, aumentam sua taxa
654 fotossintética, diminuindo a abertura dos estômatos e a perda de água (LANDAU
655 e SANS, 2015).

656 Nos últimos anos, a cultura do sorgo tem se expandido, crescimento que
657 pode ser explicado pelo fato de que essa cultura, além de possuir excelente
658 produção de grãos e matéria seca, possui tolerância a estresses ambientais
659 como déficit hídrico e condições de solos com baixa fertilidade, superando outras
660 culturas nesse aspecto como o milho, por exemplo (MENEZES e RODRIGUES,
661 2014). Ambas as culturas citadas são forrageiras de importância na produção de
662 silagem no país, tendo em vista que possuem características adequadas para
663 esta finalidade, geralmente possuindo alto rendimento de matéria seca por
664 unidade de área, bom valor nutritivo, elevado teor de carboidratos solúveis, além
665 de baixa capacidade tamponante (MICHEL, 2015). Possui ainda menor custo de
666 produção que a silagem de milho, pois proporciona uma outra produção de
667 rebrota, uma vez que o sistema radicular permanece intacto (RODRIGUES,
668 2007).

669 Essa cultura também tem demonstrado bons resultados quando utilizada
670 em sistemas de integração lavoura pecuária floresta e produção de massa de
671 forragem, contribuindo para proteção do solo contra erosão, disponibilizando
672 maior quantidade de matéria orgânica, capacidade de retenção de água no solo
673 e condições de plantio direto (LANDAU e SANS, 2015). Além disso, pesquisas
674 que buscam aperfeiçoar o potencial dessa gramínea, na forma de planta ou na
675 forma de silagem são necessárias devido a diferença genética existente entre
676 híbridos (NASCIMENTO, 2019).

677 No Brasil, atualmente a produção de sorgo está calculada em 2.672.245
678 toneladas anualmente, com uma produtividade de 17,25 toneladas por hectare,
679 sendo mais representativa na região Nordeste do país, onde predomina o cultivo
680 nos estados da Bahia, Maranhão e Sergipe, segundo dados do IBGE (2019).

681 1.2 Silagem de sorgo

682 Os sistemas de produção animal no Brasil, em especial na região Tropical,
683 estão sujeitos a variações ambientais, nas quais ocorrem dois períodos distintos,
684 o de chuvas e o de escassez de chuvas, o que se torna ainda mais acentuado
685 na região Nordeste, conduzindo a variações na quantidade e qualidade das
686 pastagens, o que afeta negativamente a rentabilidade e sustentabilidade dos
687 sistemas de produção (MICHEL, 2015).

688 O Brasil está entre os principais fornecedores de carne para o mercado
689 internacional, além de fornecer para o mercado doméstico, sendo
690 imprescindível, dispor de fontes alternativas de produção de grãos e forragem
691 (LANDAU e SANS, 2015). Considerando-se que no país tem se intensificado a
692 produção de leite e carne (LANDAU e SANS, 2015), é necessário a conservação
693 de forragem, principalmente em regiões com estações de seca prolongadas,
694 visando atender as exigências nutricionais dos animais, visto que as diferenças
695 estacionais promovem irregularidades na oferta de alimentos, assim, a
696 conservação de alimentos na forma de silagem, se apresenta como uma
697 alternativa viável para minimizar esse efeito e fornecer alimento de boa qualidade
698 durante todo o ano (MICHEL, 2015). Para isso, é mais usual a conservação de
699 gramíneas, leguminosas e grãos, estando a cultura do sorgo entre as forrageiras
700 que podem ser ensiladas (ARAÚJO et al., 2019). A silagem de gramíneas,
701 apesar de não suprir totalmente as exigências nutricionais de animais de alta
702 produção, consiste em excelente fonte de volumoso complementar
703 (BERCHIELLI, 2006). A ensilagem objetiva a manutenção da qualidade e valor
704 nutritivo semelhante ao da forragem fresca, além de proporcionar a conservação
705 de grandes quantidades de alimento, entretanto, há uma redução nutricional
706 quando se compara a silagem com a planta forrageira (RODRIGUES e JESUS,
707 2017).

708 Conforme descrito por Berchielli (2006), a forragem pode ser conservada
709 através do processo de fenação, ensilagem ou pré-secagem, de modo que,
710 comparando-se o processo de ensilagem à fenação, por exemplo, este promove
711 menor perda ao alimento, no entanto, em relação ao armazenamento observa-
712 se efeito contrário, devido ao fato de que a silagem possui maior umidade,

713 ocasionando mais perdas. No entanto, como descrito por Leão et al. (2017), a
714 integridade do processo de ensilagem, bem como a conservação dos materiais,
715 pode sofrer influências biológicas ou tecnológicas capazes de contribuir
716 positivamente quando o processo de ensilagem é realizado adequadamente.

717 Araújo et al. (2019) afirmaram que os procedimentos de ensilagem
718 consistem no corte da planta, enchimento do silo, compactação da massa
719 ensilada e pôr fim a vedação do silo resultando na silagem, obtida através de
720 fermentação anaeróbica por meio principalmente de acidificação láctica na
721 planta forrageira, através da ação de microrganismos. Dessa forma, segundo
722 Dos Anjos et al. (2018), o processamento de forragem na forma de silagem
723 ocorre sob condições anaeróbicas, onde carboidratos solúveis são fermentados
724 em ácidos orgânicos que reduzem o pH da silagem.

725 Neumann et al. (2017), afirmaram ainda que esse processo promove a
726 inibição de microrganismos indesejáveis como é o caso dos fungos filamentosos,
727 clostrídios, leveduras, listéria e bacilos conservando o material. O processo de
728 fermentação da silagem se inicia com a fase aeróbia, na qual ainda ocorre a
729 respiração residual, onde as células vegetais mantêm seu metabolismo
730 utilizando o oxigênio presente entre as partículas da planta, surgindo
731 gradualmente a fase seguinte, anaeróbia, onde ocorre a estabilização e
732 conservação da massa (NARDES, 2019).

733 Naturalmente nas plantas durante o seu crescimento no campo ocorre a
734 presença de fungos e bactérias, já nas forragens conservadas a presença de
735 determinados fungos são capazes de afetar diretamente o seu valor nutritivo,
736 uma vez que consomem o conteúdo celular, além de produzir toxinas as quais
737 são prejudiciais á saúde animal como, por exemplo, fungos toxigênicos
738 (BERCHIELLI, 2006). O mesmo autor afirma que esses microrganismos
739 consomem o substrato do alimento como fonte de energia e nutrientes, sendo
740 favorável ao seu desenvolvimento fatores como temperatura e umidade
741 adequadas a sua sobrevivência além de presença de oxigênio. A complexidade
742 do processo de ensilagem se deve ao fato de que há grande número de
743 microrganismos envolvidos em metabiose, os quais necessitam para o seu

744 desenvolvimento de fatores como pH, potencial de oxirredução, além do tipo e
745 quantidade de substrato (SÁ et al., 2019).

746 O manejo correto durante o processo de ensilagem e a utilização de
747 tecnologias apropriadas favorece a qualidade do da silagem, visto que, podem
748 ocorrer alterações no valor nutritivo da forragem devido ao processamento
749 durante a ensilagem, posteriormente durante a conservação e ainda na abertura
750 do silo, podendo ocorrer fenômenos bioquímicos e microbiológicos relacionados
751 tanto ao processo quanto a forrageira utilizada (RODRIGUES e JESUS, 2017).

752 Características agrônômicas e a composição química das forrageiras são
753 fatores que influenciam a fermentação do material ensilado e a durabilidade após
754 a abertura do silo, plantas que possuem características como umidade elevada,
755 baixa concentração de carboidratos solúveis e alta capacidade tamponante,
756 resultam em silagens com alto índice de fermentação indesejável, perdas de
757 matéria seca e energia, fatores que podem ser reduzidos com a utilização de
758 técnicas específicas como a aplicação de aditivos sejam eles químicos ou
759 microbianos (ARAUJO et al., 2019).

760 O processo fermentativo que ocorre na silagem é responsável por perdas
761 nos teores de carboidratos solúveis e proteína verdadeira, além de elevar as
762 concentrações de ácidos orgânicos e nitrogênio não proteico, reduzindo o valor
763 nutritivo do alimento, o qual é determinado pela digestibilidade, sendo que esta
764 sofre influência direta da fermentação, bem como pelo processo de deterioração,
765 em que o alimento deteriorado representa um risco tanto para os animais que
766 recebem quanto para quem o manuseia (BERCHIELLI, 2006).

767 Para que a silagem demonstre bons resultados, é importante que haja
768 alguns cuidados durante o processo, atentando-se aos cuidados básicos da
769 técnica como vedar adequadamente o silo e obter rápida exaustão do oxigênio
770 para prevenir o aparecimento de agentes externos como é o caso de
771 microrganismos indesejáveis como clostrídios, enterobactérias, leveduras e
772 *Bacillus*, os quais na presença de oxigênio levam a deterioração da silagem e
773 perdas de nutrientes da forragem (SÁ et al., 2019).

774 É importante que se promova no interior do silo, condições que garantam
775 a preservação das características químicas e físicas do alimento, para isso é

776 preciso considerar o estado ótimo de desenvolvimento em que a planta forrageira
777 se encontra durante a colheita (RODRIGUES e JESUS, 2017). Dessa forma,
778 ainda de acordo com os mesmos autores, o conteúdo de matéria seca da
779 forrageira é importante na determinação do processo de ensilagem, consistindo
780 em uma problemática, pelo fato de que geralmente, gramíneas forrageiras não
781 atendem as exigências, limitando o processo devido não permitir a fermentação
782 adequada.

783 Neste sentido é importante que a planta esteja na fase ideal para a
784 colheita, a fim de se obter uma silagem de boa qualidade, no caso do sorgo
785 recomenda-se que este seja colhido com aproximadamente 30 e 33% de matéria
786 seca, na fase de grão farináceo, atingindo essa fase com aproximadamente 100
787 a 110 dias após o plantio (SÁ et al., 2019). De modo geral, teores ideais de
788 matéria seca para que se obtenha uma silagem de boa qualidade deve estar
789 entre 30 e 35% (MCDONALD et al., 1991; NEUMANN et al., 2017).

790 A qualidade da silagem depende de fatores como estágio de
791 desenvolvimento da planta, processos relacionados a fermentação e ainda pela
792 deterioração sofrida no momento de sua utilização, processos que podem
793 acarretar alterações na composição final, resultando em perdas no valor nutritivo
794 e qualidade do alimento, quando utilizadas técnicas de manejo incorretas,
795 provocando perdas mecânicas ou ainda por meio da respiração celular e
796 lixiviação decorrentes de chuvas (BERCHIELLI, 2006).

797 A compactação do material no silo objetiva manter a massa de forragem
798 em uma densidade adequada, sendo recomendado entre 600 e 800 kg/m³,
799 evitando-se a presença de oxigênio entre as partículas, as quais devem estar
800 em tamanho de aproximadamente 2 cm para que ocorra a compactação
801 adequada, pois, partículas maiores tendem a permitir maior espaçamento entre
802 as frações, enquanto partículas muito pequenas podem levar a maior produção
803 de efluentes, além disso, o teor de matéria seca interfere diretamente nesse
804 processo, pois quanto maior o teor de matéria seca, maior resistência a
805 compactação (RODRIGUES e JESUS, 2017).

806 Nesse aspecto, de acordo com Michel et al. (2016), o material em contato
807 com o ar por longos períodos, favorece o crescimento de leveduras e bolores

808 que metabolizam açúcares solúveis e ácido láctico produzidos durante a
809 fermentação, o que afeta a qualidade da silagem. Dentre as principais
810 características químicas avaliadas na silagem estão o valor de pH, as
811 concentrações de ácidos orgânicos, nitrogênio amoniacal, e teor de matéria
812 seca. O pH consiste em importante indicador da qualidade da silagem, pois está
813 diretamente relacionado aos teores de ácidos orgânicos especialmente o ácido
814 láctico (ARAUJO et al., 2019).

815 Embora a rápida redução do pH resulte em inibição na atividade de
816 microrganismos indesejáveis, uma acentuada diminuição para valores abaixo de
817 3,5 podem favorecer o desenvolvimento de microrganismos ácido tolerantes
818 como fungos por exemplo, entretanto, caso esteja situado entre 6,0 e 7,0
819 promove ambiente ideal ao desenvolvimento de enterobactérias, bem como
820 maior atividade enzimática vegetal, a qual provoca a degradação de proteínas
821 (SÁ et al., 2019). Segundo Mcdonald et al. (1991), valores de pH para silagens
822 bem conservadas, devem estar entre 3,6 e 4,2.

823 A correta fermentação da silagem pode ser indicada pelas concentrações
824 de ácidos orgânicos como ácido láctico, porém, também não deve ser utilizado
825 como único indicador de qualidade, uma vez que o rápido declínio do pH e
826 inibição no desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, pode sofrer
827 influencia tanto da capacidade tamponante, quanto do teor de umidade da planta
828 forrageira (RODRIGUES e JESUS, 2017). Esse ácido pode se dissipar
829 facilmente pela massa ensilada e tem papel importante na conservação das
830 silagens pela rápida redução do pH, devendo estar entre 8-12% da MS
831 (MCDONALD et al., 1991). Araújo et al. (2019), afirmaram que outros ácidos
832 orgânicos podem estar presentes na silagem como acético propiônico e butírico,
833 porém, o predomínio destes ácidos não é desejável, pois as concentrações de
834 ácido butírico, por exemplo, podem representar atividade de microrganismos do
835 gênero Clostridium, devendo o ácido butírico apresentar valores inferiores a
836 0,3% da MS.

837 Nesse aspecto, Oliveira et al. (2016), descreveram que a presença de
838 microrganismos indesejáveis durante a fermentação na silagem contribui para
839 as perdas de matéria seca reduzindo a qualidade nutricional do produto,

840 afetando conseqüentemente o desempenho e segurança alimentar animal,
841 reduzindo assim a lucratividade. Estes mesmos autores destacaram que o
842 sistema de produção deve objetivar a prevenção ou a minimização desses
843 danos, otimizando a fermentação do ácido láctico.

844 No caso do sorgo forrageiro, algumas variedades apresentam elevado
845 teor de substratos fermentáveis, aumentando a suscetibilidade da silagem à
846 deterioração aeróbica estimulando a fermentação bacteriana e elevado teor de
847 ácido láctico, na qual o meio é acidificado intensamente favorecendo a
848 ocorrência de fungos (ARAUJO et al., 2019).

849 O surgimento dos aditivos para silagem vem despertando interesse no
850 setor de alimentos pecuários. A eficiência em relação a inoculantes microbianos
851 já é comprovada, no entanto há poucos estudos demonstrando a eficiência de
852 inoculantes compostos, tendo a presença de bactérias ácido lácticas em conjunto
853 com aditivos químicos.

854 **1.3 Inoculantes microbianos**

855 O uso de aditivos em silagem no Brasil ainda é considerado baixo, sendo
856 utilizado em apenas 27% das propriedades (SILVA et al., 2015). Isso se deve,
857 provavelmente ao fato de que há pouca informação fornecida a respeito da
858 eficiência na sua utilização, de modo que se observa um aumento na procura de
859 aditivos conforme estes vão sendo estudados (NARDES, 2019).

860 Várias classes de aditivos são comercializáveis, dentre os quais estão os
861 aditivos químicos, enzimáticos e microbianos, sendo esse último o mais utilizado
862 atualmente, os quais podem se apresentar na forma de pó, granular ou líquida
863 concentrada (NARDES, 2019). Estão disponíveis tanto no mercado nacional
864 quanto internacional vários tipos de inoculantes microbianos, que tem como
865 finalidade proporcionar melhorias na estabilidade aeróbia pela inibição do
866 desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e de aumentar a eficiência da
867 fermentação anaeróbia (MICHEL, 2015). São descritos vários tipos de
868 inoculantes comerciais, os quais são compostos por um ou vários tipos de
869 bactérias ácido lácticas (QUEIROZ et al., 2013). Esses inoculantes são
870 compostos principalmente por bactérias do gênero *Lactobacillus*, os quais

871 apresentam capacidade de produzir ácido láctico, reduzindo o pH da silagem,
872 promovendo melhorias durante o processo de fermentação (MUCK, 2010; AVILA
873 et al., 2014).

874 Exemplo de aditivos são os inoculantes microbianos do tipo
875 homofermentativos, heterofermentativos ou a combinação dos mesmos
876 (NARDES, 2019). As bactérias ácido lácticas pertencentes ao gênero
877 homofermentativas, produzem apenas o ácido láctico resultante da fermentação,
878 enquanto as bactérias ácido lácticas heterofermentativas, produzem além de
879 ácido láctico, ácido acético, etanol e CO₂. Os inoculantes de maior eficiência são
880 compostos por bactérias homofermentativas, as quais, produzem ácido láctico
881 em maior concentração, promovem taxa de fermentação mais acelerada, menor
882 proteólise e redução do pH mais acelerada (SÁ et al., 2019).

883 Em análise da literatura nacional sobre o uso de inoculantes Zopollatto et
884 al. (2009), encontraram grande diversidade de microrganismos utilizados para
885 inoculação de silagens, destacando as bactérias homofermentativas
886 (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus acidophilus*,
887 *Lactobacillus spp.*, *Streptococcus faecium*, *Pediococcus pentosaceus* e
888 *Pediococcus acidilactici*) e bactérias heterofermentativas (*Lactobacillus*
889 *buchneri*, *Lactobacillus brevis* e *Propionibacterium*) ou a utilização de ambas e
890 em alguns casos a utilização de enzimas associadas ao inoculante.

891 Conforme descrito por Queiroz et al. (2013), os inoculantes bacterianos
892 homofermentativos tem a função de fermentar carboidratos solúveis em ácidos
893 orgânicos, especialmente em ácido láctico, promovendo acidificação da silagem
894 de forma mais rápida, inibindo assim o crescimento de bactérias indesejáveis.
895 As bactérias ácido lácticas promovem redução na população de enterobactérias,
896 seja pela redução do pH ou pela produção de bacteriocinas, que consistem em
897 peptídeos antimicrobianos capazes de reduzir espécies relacionadas ou que
898 possuam requerimento nutritivo semelhantes, sendo a redução de
899 enterobactérias um importante indicador da qualidade da silagem (SÁ et al.,
900 2019).

901 As bactérias heterofermentativas produzem ácido acético e propiônico
902 utilizando como substrato o ácido láctico e a glicose, esses ácidos produzidos

903 são eficazes no controle de fungos quando há redução do pH (ZOPOLLATTO et
904 al., 2009), no entanto, promovem perdas acentuadas de matéria seca, a qual
905 está relacionada a produção de gases por essas bactérias. Dessa forma, a
906 utilização de bactérias do ácido lático, ou mesmo a utilização de aditivos
907 químicos na silagem, se apresentam como a forma mais eficiente na inibição da
908 atividade de microrganismos indesejáveis (ARAUJO et al., 2019).

909 Avaliando o efeito de bactérias ácido lácticas (BAL) homofermentativas e
910 heterofermentativas em silagens de sorgo, Filya e Sucu (2007), verificaram que
911 *Lactobacillus plantarum* e *L. buchneri* resultaram em maior estabilidade aeróbia,
912 devido a maior produção de ácido acético e consequente diminuição de
913 leveduras, apesar disso, os autores não verificaram diminuição na perda por
914 efluentes. Enquanto Rabelo et al. (2014), verificaram em silagens de milho
915 inoculadas com BAL menores perdas em matéria seca e melhor composição
916 química.

917 Os inoculantes microbianos podem promover uma rápida fermentação
918 dos carboidratos solúveis em água produzindo ácido lático, levando a redução
919 do pH rapidamente reduzindo perdas como a desagregação de açúcares e
920 proteínas no material (QUEIROZ et al., 2013). Essa ação conhecida dos
921 inoculantes homofermentativos pode ajudar na recuperação de até 100% da MS
922 e energia da silagem segundo Rabelo et al. (2014).

923 Do mesmo modo os inoculantes heterofermentativos, promovem a
924 proliferação de microorganismos capazes de produzir ácido lático e acético e
925 reduzir o pH da massa ensilada de forma mais lenta, promovendo o
926 desenvolvimento de bactérias como *L. buchneri* a qual promove estabilização da
927 massa ensilada em meio aeróbio, além disso podem diminuir a presença de
928 fungos devido a produção de ácido acético e propiônico (QUEIROZ et al., 2013).

929 Estudos realizados por Cordeiro et al. (2019), apontaram que as silagens
930 de sorgo mesmo quando inoculadas com cepas heterofermentativas,
931 apresentaram pH mais ácido, ocorrendo maior produção de ácido lático. Porém,
932 Michel (2015), afirmou que a aplicação de inoculante em silagem de sorgo de
933 boa qualidade não resultou em efeito sobre aumento na produção de ácido
934 lático ou diminuição do pH.

935 Santana et al. (2019) avaliando o valor do pH no momento da abertura
936 dos silos e após a estabilidade aeróbia de silagens de milho, aditivados com
937 diferentes inoculantes microbianos de cepas isoladas, produtoras de ácido láctico
938 ou acético, evidenciaram que os inoculantes utilizados não alteraram positiva ou
939 negativamente o pH, mas, verificaram que afetou a estabilidade aeróbia. Do
940 mesmo modo Schonell et al. (2015) inoculando aditivo microbiano *L. buchneri*
941 em silagem de grãos de sorgo reconstituído, evidenciaram estabilidade aeróbica
942 por até dez dias de observação.

943 Em estudo recente realizados por Nardes (2019) analisando silagem de
944 sorgo e milho inoculadas, puderam descrever efeito positivo na adição de
945 inoculante, onde a silagem inoculada comparando-se a silagem não inoculada,
946 apresentou menor teor de N-NH₃ indicando redução de perdas proteicas, além
947 disso, obteve-se maiores teores de PB na silagem de sorgo inoculada em
948 comparação a silagem sem uso de inoculante após 120 dias de armazenamento.

949 Tal comportamento é decorrente da diminuição do pH que ocorre com o
950 uso de inoculante, o qual promove diminuição da proteólise através da inibição
951 de microrganismos proteolíticos no interior do silo (RABELO et al., 2016).
952 Segundo Tolentino et al., (2016), no que se refere aos teores de PB durante a
953 fermentação, estes devem sofrer pouca alteração nesse período, porém, podem
954 ocorrer mudanças nas composições das frações de nitrogênio.

955

956 **1.4 Aditivos químicos**

957 A utilização de aditivos em silagem objetiva impedir o crescimento de
958 microrganismos indesejáveis, evitando a deterioração dos alimentos e
959 minimizando perdas de nutrientes e de energia (SEPPÄLÄ et al., 2016). A
960 escolha no uso de aditivos deve considerar fatores como o custo e os benefícios
961 no processo de fermentação tais como diminuição de perdas atrelado à ação
962 positiva na dinâmica de fermentação (SCHONELL, 2016).

963 Segundo Muck et al. (2018), os aditivos químicos são grupos de ácidos e
964 sais, sendo o grupo dos ácidos constituído por componentes fórmico, sórbico,
965 benzóico, propiônico, e ácidos acéticos, com potencial reconhecido promovendo
966 melhoria na preservação da silagem, destacando-se o benzoato de sódio, o qual

967 está sendo amplamente utilizado em silagens, devido sua ação reconhecida na
968 indústria alimentícia na conservação de alimentos, consiste em um pó cristalino
969 estável, de sabor suave e adstringente, com solubilidade em água fria.

970 Os sais de cálcio, potássio e sódio são utilizados para inibir o
971 desenvolvimento microbiano nos alimentos, pois seus sais são inibidores das
972 enzimas digestivas pepsina e tripsina, dessa forma, a maioria das leveduras,
973 mofos clostrídios pode ser controlada com 0,05% a 0,1% de ácido não
974 dissociado, sendo estes mais eficazes em pH 4,0 e perdem boa parte da sua
975 eficiência em pH menor do que 4,5 (SCHÖNELL, 2016). As doses recomendadas
976 para utilização desse ácido estão entre 0,5 e 0,2 g kg⁻¹ de matéria natural,
977 evitando-se doses maiores, pois podem dificultar o processo fermentativo e ter
978 ação corrosiva sobre os equipamentos segundo Bernardes et al. (2008).

979 De acordo com Kung et al. (2018), o ácido acético, por exemplo, o qual
980 geralmente varia de 1 a 3% na MS, é o segundo ácido em maior concentração
981 na silagem, quando esse ácido apresenta moderadas concentrações na silagem,
982 pode beneficia-la pois inibe leveduras, resultando em maior estabilidade quando
983 a silagem é exposta ao ar. Ainda como descrito pelos mesmos autores, o
984 emprego de aditivos contendo ácido propiônico contribui para a melhoria da
985 estabilidade aeróbica das silagens podendo aumentar sua concentração na
986 silagem em torno de 0,15 a 0,30% (Base MS), mas isso depende da proporção
987 de ácido no aditivo.

988 Araújo et al. (2019) consideraram de fundamental importância a utilização
989 de aditivos na silagem com o intuito de corrigir algumas limitações do processo
990 de fermentação, e conseqüentemente promover melhorias na composição
991 química do alimento. Considerando-se a ação dos aditivos químico, estes
992 possuem ação inibitória sobre os microrganismos proporcionando fermentação
993 e proteólise menos acentuada (SCHÖNELL, 2016).

994 Devido à diversidade de aditivos químicos existentes, a escolha adequada
995 do aditivo para determinada silagem, se torna dificultada devido à variedade de
996 alimentos que podem ser ensilados sob distintas condições ambientais,
997 enquanto os critérios relacionados à qualidade da silagem variam conforme a
998 espécie animal, estágio de produção e até mesmo com os critérios de

999 precificação do leite, sendo fundamental adotar diferentes métodos ou
1000 estratégias, bem como diferentes aditivos, para atender às necessidades de
1001 todas as situações possíveis (SEPPÄLÄ et al., 2016).

1002 **1.5 Ação combinada de inoculante microbiano e aditivo químico**

1003 Além da utilização de aditivos químicos, ao longo dos anos tem crescido
1004 no Brasil o número de estudos avaliando a inclusão de aditivos microbiológicos
1005 em diferentes tipos de silagem (ARAUJO, 2017). A utilização de aditivos
1006 químicos e microbianos na silagem de forma conjunta, aplicados na forragem no
1007 momento da ensilagem, podem reduzir perdas de nutrientes, além de inibir
1008 fermentações indesejáveis, favorecendo uma fermentação adequada da silagem
1009 (MORAIS, 2016).

1010 Estudos realizados por Schönell (2016) com a utilização de aditivos
1011 químico e microbiano em silagem de grão de sorgo, demonstraram maiores
1012 valores de fração solúvel da matéria seca e nitrogênio solúvel, nos tratamentos
1013 onde utilizou-se aditivo microbiano a base de *L. Buchneri* e *L. plantarum*, quando
1014 comparados aos tratamentos com uso de aditivos químicos benzoato de sódio e
1015 controle. Estes mesmos autores apontam ainda para o benefício da utilização do
1016 benzoato de sódio na alimentação animal, visto que não se observou aumento
1017 da fração insolúvel.

1018 No que se refere a composição química Schönell (2016) não observou
1019 diferença nos valores de MS entre os tratamentos, porém relatou maiores valores
1020 de PB e pH nos tratamentos com aditivos microbianos e menores nos
1021 tratamentos com aditivo químico benzoato de sódio. O que também foi
1022 observado por Morais (2016) que encontrou maiores valores de PB solúvel para
1023 os tratamentos com *L. buchneri* em silagem de grãos de sorgo reconstituídos,
1024 demonstrando a eficiência dessa bactéria em diminuir proteólise no silo.

1025 Complementando esses resultados, Vitorino (2012) aponta o uso de
1026 aditivos químicos e microbianos, como importante medida de melhorar o padrão
1027 fermentativo da planta forrageira, pois, a utilização de inoculantes na silagem de
1028 milho resultou em diminuição no crescimento de fungos.

1029 2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1030 O sorgo é espécie de grande importância para as regiões tropicais do
1031 planeta e sua silagem é opção para alimentação animal, principalmente nos
1032 períodos secos do ano. Porém, devido as características químicas da planta de
1033 sorgo no momento da ensilagem é recomendado o uso de aditivos com objetivo
1034 de melhorar as fermentações anaeróbicas com o silo fechado e as fermentações
1035 aeróbicas após a abertura do silo. Sendo o uso de inoculantes e aditivos
1036 químicos uma opção para melhorar essas fermentações e com isso a qualidade
1037 da silagem do sorgo. O uso associado de inoculantes com aditivos químicos
1038 precisa ser investigado no ensilamento do sorgo para verificação da
1039 possibilidade de melhorar e reduzir as perdas da silagem produzida.

1040

1041 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1042

1043 ARAÚJO, M. L. G. L. M.; PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M.; SÁ, W. C. C.
1044 S.; SILVA, K. B.; LEITE, G. M. **Ensilagem no Nordeste do Brasil: Ensilagem**
1045 **de sorgo**. 2 ed. São Luiz: EDUFMA. p169-212, 2019.

1046

1047 ARAÚJO, M. L. G. M. L. **Impacto da ureia no processo fermentativo da**
1048 **silagem de sorgo e o seu uso em dietas para cordeiros**. 2017. 169f. Tese
1049 (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

1050

1051 ÁVILA C. L. S.; CARVALHO, B. F., PINTO, J. C., DUARTE, W. F. SCHWAN, R.
1052 F. The use of *Lactobacillus* species as starter cultures for enhancing the quality
1053 of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science**, 97, 940–951, 2014.

1054

1055 BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**.
1056 Jaboticabal: Funep, 540 p, 2006.

1057

1058 BERNARDES, T. F. et al. Perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor
1059 nutritivo de silagens de capim-marandu ensilado com aditivos. **Revista**
1060 **Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1728-1736, 2008.

1061

1062 BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. L. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.;
1063 JAYME, D. G.; REIS, S. T. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte
1064 e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.
1065 9, n. 3, p. 287-297, 2010.

1066

1067 CORDEIRO, JOSÉ WELLINGTON DE BARROS et al. AÇÃO COMBINADA DE
1068 ADITIVOS QUÍMICOS E MICROBIANOS SOBRE O PERFIL FERMENTATIVO
1069 E POPULAÇÕES MICROBIANAS EM SILAGENS DE SORGO. In: Anais do I

- 1070 Simpósio Paraibano de Conservação e Utilização de Forragens: tecnologias e
1071 inovações para a pecuária nordestina. **Anais...Areia** (PB) CCA/UFPB, 2019.
1072
- 1073 DOS ANJOS, G. V. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER,
1074 K. M.; COELHO, M. M.; MICHEL, P. H. F.; JAYME, D. G. Effect of re-ensiling
1075 on the quality of sorghum silage. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 7, p.
1076 6047-6054. 2018.
1077
- 1078 FARIA JÚNIOR, W. G.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. A.; RAMIREZ, M.
1079 A. Silagem de sorgo para gado de leite. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.;
1080 FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ,
1081 2009. Cap. 4, p. 43-64.
1082
- 1083 FILYA, Ismail; SUCU, Ekin. The effect of bacterial inoculants and a chemical
1084 preservative on the fermentation and aerobic stability of whole-crop cereal
1085 silages. Asian-Australasian **Journal of Animal Sciences**, v. 20, n. 3, p. 378–
1086 384, 2007.
1087
- 1088 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo**
1089 **agropecuário 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <
1090 <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>>. Acesso em
1091 20 dezembro, 2020.
1092
- 1093 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climáticos 2019**.
1094 Brasília, 2010. Disponível em: <
1095 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>.
1096 Acesso em 20 Outubro, 2019.
1097
- 1098 KUNG, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review:
1099 Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages.
1100 **Journal of Dairy Science**, 101(5), p4020–4033, 2018.
1101
- 1102 LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo**
1103 **do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho
1104 e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em:
1105 http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/clima.htm . Acesso em
1106 25 Outubro, 2019.
1107
- 1108 LEÃO G. F. M.; JOBIM C. C.; NEUMANN M.; HORST E. H.; SANTOS S. K.;
1109 VENANCIO B. J.; SANTOS L. C. Nutritional composition and aerobic stability of
1110 winter cereal silage at different storage times. **Acta Scientiarum. Animal**
1111 **Sciences**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 131-136, 2017.
1112
- 1113 MAGALHÃES, P. C.; LAVINSKY, A. O.; SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M.; LINO,
1114 L. O. Respostas anatômicas, fisiológicas e enzimáticas em linhagens de sorgo
1115 contrastantes a seca sob estresse hídrico. **Embrapa Milho e Sorgo-Boletim**
1116 **de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2016.
1117

- 1118 McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage.**
1119 2^a ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
1120
- 1121 MENEZES, C B; RODRIGUES, J. A. S. A cultura do sorgo granífero no Brasil:
1122 aspectos relativos à produção. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais**
1123 **de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO SORGO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA
1124 NO BRASIL: PERSPECTIVAS, 1., 2014, Sete Lagoas. Embrapa Milho e Sorgo,
1125 p. 17-23, 2014.
1126
- 1127 MICHEL, P. H. F. **Qualidade das silagens de sorgo reensiladas com e sem**
1128 **inoculante microbiano**. 2015. P. 62. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-
1129 Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, Belo Horizonte, 2015.
1130
- 1131 MICHEL, P. H. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.;
1132 RAPOSO, V. S.; LIMA, E. M.; SANTOS, F. P. C.; JAYME, D. G. Re-ensiling and
1133 inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium*
1134 *acidipropionic* on sorghum silages. **Grass Forage Science**. 72: p432–440,
1135 2016.
1136
- 1137 MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S; MARQUARDT, F. I. Produção e
1138 composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista**
1139 **Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, p.624-634 2013.
1140
- 1141 MORAIS, G. **A fermentação de grãos de milho reidratados influenciada**
1142 **pela aplicação de aditivos: aspectos da conservação e do valor nutritivo**
1143 **para vacas leiteiras**. 2016. 111p Tese(doutorado em ciências)- Escola
1144 Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo,
1145 Piracicaba, 2016.
1146
- 1147 MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista**
1148 **Brasileira de Zootecnia**, 39(suppl spe), p183–191,2010.
1149
- 1150 MUCK, R. E.; NADEAU, E. M. G.; MCALLISTER, T. A.; CONTRERAS-GOVEA,
1151 F. E.; SANTOS, M. C.; KUNG, L. Silage review: Recent advances and future
1152 uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**, 101(5), p3980–4000,
1153 2018.
1154
- 1155 NASCIMENTO, R. R. do. **Características agronômicas e composição**
1156 **química entre híbridos de sorgo forrageiro**. 2019. P.108 Dissertação
1157 (Mestrado em Ciencia Animal) – Universidade Federal de Campina Grande-
1158 UFCG, Patos, 2019.
1159
- 1160 NARDES, Samanta lara et al. **Produção de silagens de milho e sorgo, por**
1161 **diferentes períodos de armazenamento, com uso de inoculante composto**.
1162 Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pampa-
1163 UNIPAMPA, Uruguaiana, RS. P.71, 2019.
1164

- 1165 NEUMANN, M.; LEÃO, G.F.M.; COELHO, M.G.; FIGUEIRA, D.N.; SPADA,
1166 C.A.; PERUSSOLO, L.F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de
1167 híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 66,
1168 n.253, p. 51-58, 2017.
- 1169
1170 OLIVEIRA, A. S.; WEINBERG, Z. G.; OGUNADE, I. M.; CERVANTES, A. A. P.;
1171 ARRIOLA, K.G.; JIANG, Y.; ADESOGAN, A. T. Meta-analysis of effects of
1172 inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid
1173 bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy
1174 cows. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 6, p. 4587-4603, 2017.
- 1175
1176 QUEIROZ, O. C. M.; ARRIOLA, K. G.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T.
1177 Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage.
1178 **Journal of Dairy Science**, 96(9), p. 5836–5843, 2013.
- 1179
1180 QUEIROZ, O. C. M.; OGUNADE, I. M.; WEINBERG, Z.; ADESOGAN, A. T.
1181 Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage
1182 additives. **Journal of Dairy Science**, 101(5), p. 4132–4142, 2018.
- 1183
1184 RABELO, C. H. S., REZENDE, A. V., RABELO F. H. S., NOGUEIRA D. A.,
1185 SENEDESE, S. S., VIEIRA, P. F., BERNARDES C. L., CARVALHO, A.
1186 Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de
1187 maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológicas e digestibilidade
1188 *in vitro*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.2, p.368-373, fev, 2014.
- 1189
1190 RODRIGUES, R. C.; JESUS, A. P. R. **Sistemas integrados e agricultura**
1191 **familiar**. Teresina: HALLEY S/A.; p. 229. 2017.
- 1192
1193 RODRIGUES, J. A. S. Produção e utilização de silagem de sorgo In: Simpósio
1194 Mineiro sobre Nutrição de Gado de Leite, 5, 2007, Belo Horizonte. **Anais...Belo**
1195 **Horizonte**, 2007.
- 1196
1197 SÁ, W. C. C. S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PINHO, R. M. A.; PEREIRA,
1198 G. A.; CRUZ, G. F. L. **Ensilagem no Nordeste do Brasil**: Considerações
1199 gerais sobre ensilagem. 2 ed. São Luiz: EDUFMA. 87-168, 2019.
- 1200
1201 SANTANA, Liliane Pereira et al. EFEITO DE INOCULANTE MICROBIANO NO
1202 PH E NA ESTABILIDADE AERÓBIA DA SILAGEM DE MILHETO
1203 [*PENNISETUM GLAUCUM* (L.) R. BR]. In: Anais do I Simpósio Paraibano de
1204 Conservação e Utilização de Forragens: tecnologias e inovações para a
1205 pecuária nordestina. **Anais...Areia** (PB) CCA/UFPB, 2019.
- 1206
1207 SCHONELL. E.; MORAIS, G; SILVA, J; *et al.* Effects of chemical and microbial
1208 additives on the conservation of reconstituted sorghum grain silage. In: **Anais...**
1209 **XVII international silage conference**, Piracicaba, 2015.
- 1210

- 1211 SCHÖNELL, Evandro Paulo. **Silagem de grãos de sorgo reconstituídos para**
1212 **vacas leiteiras: efeitos da conservação da silagem e respostas de**
1213 **aditivos**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
1214
- 1215 SEPPÄLÄ, A.; HEIKKILÄ, T.; MÄKI, M.; RINNE, M. Effects of additives on the
1216 fermentation and aerobic stability of grass silages and total mixed rations.
1217 **Grass and Forage Science**, 71(3), p. 458–471, 2016.
- 1218 TOLENTINO D. C.; RODRIGUES J. A. S.; PIRES D. A. A.; VERIATO F. T.,
1219 LIMA L. O. B.; MOURA M. M. A. The quality of silage of different sorghum
1220 genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 38, n. 2, p. 143-
1221 149, 2016.
- 1222 VITORINO, O.C.L. **Micotoxinas na alimentação e na saúde animal e**
1223 **humana**. 2012. P.77. Dissertação (Mestrado em Engenharia Zootécnica) –
1224 Universidade dos Açores, Açores. 2012.
1225
- 1226 ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos
1227 em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de
1228 animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. sespecial, 2009.
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

CAPÍTULO II

1259

USO DE ADITIVO QUIMICO E MICROBIANO SOBRE A SILAGEM DE SORGO

1260

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

1273

1274

1275

1276 **USO DE ADITIVO QUIMICO E MICROBIANO SOBRE A SILAGEM DE**
1277 **SORGO**

1278 **RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito de aditivo químico e aditivo microbiano
1279 sobre as características fermentativas, perdas, qualidade da silagem,
1280 crescimento das populações microbianas e o microbioma de silagens de sorgo.
1281 Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema
1282 fatorial 4 × 4 (4 tipos de silagem × 4 tempos de abertura (30, 60, 90 e 120 dias),
1283 com cinco repetições por tratamento. Os tratamentos foram: sem aditivo
1284 (controle); aditivo 1 (silagem inoculada com *L. buchneri*); aditivo 2 (silagem
1285 tratada com aditivo químico: benzoato de sódio) e aditivo 3 (silagem inoculada
1286 com *L. buchneri* e combinada com aditivo químico: benzoato de sódio). Houve
1287 interação ($P < 0,05$) entre os fatores analisados uso de aditivo e tempo de
1288 abertura do silo, para o crescimento da população de bactérias ácido lácticas
1289 (BAL) e leveduras na silagem de sorgo forrageiro. Para a contagem de leveduras
1290 a menor população foi observada na abertura do silo aos 60 dias com o uso do
1291 aditivo 1 (*L. buchneri*) de 1,67 Log UFC g⁻¹. Houve interação ($P < 0,05$) para a
1292 variável pH entre os fatores analisados uso de aditivo e tempo de abertura do
1293 silo, sendo os maiores valores de pH (3,70) para as silagens abertas aos 90 dias
1294 ($P < 0,05$) com o uso do aditivo 2 (benzoato de sódio). O menor teor de pH (3,30),
1295 foi encontrado na silagem inoculada com *L. buchneri* (aditivo 1) aos 60 dias de
1296 abertura do silo. Obteve-se para o teor de MS ($P < 0,05$) maior valor na silagem
1297 com o aditivo 3 (*L. buchneri* e benzoato de sódio) apresentando teor de 324 g/kg.
1298 A FDN da silagem com uso de *L. buchneri* e benzoato de sódio (aditivo 3)
1299 apresentou menor teor com 613,0 g/kg MS na silagem ($P < 0,05$). Em relação as
1300 perdas decorrentes do processo de ensilagem aos 120 dias, houve efeito
1301 ($P < 0,05$) do uso dos aditivos na silagem de sorgo para perda por gases (PG) das
1302 silagens. O aditivo 2 (benzoato de sódio) diferiu em relação aos demais
1303 tratamentos, registrando a menor perda por gases. Houve interação ($P < 0,05$) na
1304 quebra da estabilidade aeróbia das silagens para uso de aditivos e tempo de
1305 abertura do silo, onde as silagens tratadas com o aditivo 3 (*L. buchneri* +
1306 benzoato de sódio) abertas aos 120 dias tiveram maior duração da estabilidade
1307 aeróbia (87,8 horas). O uso de *L. buchneri* afetou a diversidade da comunidade
1308 bacteriana com predomínio de lactobacilos quando se utilizou o inoculante
1309 microbiano. Houve maior diversidade bacteriana no tratamento controle sem uso
1310 de aditivo. Os efeitos da ação combinada do aditivo químico e inoculante
1311 microbiano (*L. buchneri* e benzoato de sódio) é positivo, preserva a composição
1312 química das silagens, reduz as perdas por gases, eleva o teor de matéria seca,
1313 diminui os teores de fibra e melhora satisfatoriamente a estabilidade aeróbia.
1314 Além disso, silagens de sorgo abertas aos 120 dias apresentam maior
1315 estabilidade aeróbia.

1316 **Palavras-chave:** estabilidade aeróbia; fermentação láctica; perdas fermentativas.

1317

1318 **COMBINED ACTION OF SODIUM BENZOATE AND *LACTOBACILLUS***
1319 ***BUCHNERI* ON THE QUALITY OF SORGHUM SILAGE**

1320
1321 **ABSTRACT:** The objective was to evaluate the effect of chemical additive and
1322 microbial additive on fermentative characteristics, losses, silage quality, growth
1323 of microbial populations and the microbiome of sorghum silages. An entirely
1324 randomized design (CID) was used in a 4×4 factorial scheme (4 types of silage
1325 × 4 opening times), with five repetitions per treatment. The treatments were:
1326 without additive (control); additive 1 (silage inoculated with (*Lactobacillus*
1327 *buchneri*); additive 2 (silage treated with chemical additive: sodium benzoate) and
1328 additive 3 (silage inoculated with *L. buchneri* and combined with chemical
1329 additive: sodium benzoate). There was an interaction ($P<0.05$) between the
1330 analyzed factors additive use and silo opening time, for the growth of lactic acid
1331 bacteria (BAL) and yeast population in forage sorghum silage. For yeast count
1332 the lowest population was observed at the opening of the silo at 60 days with the
1333 use of additive 1 (*L. buchneri*) of 1.67 Log CFU g⁻¹. There was an interaction
1334 ($P<0.05$) for the variable pH between the analyzed factors use of additive and
1335 time of silo opening, obtaining higher pH values (3.70) for silages opened at 90
1336 days ($P<0.05$) with the use of additive 2 (sodium benzoate). The lowest pH value
1337 (3.30) was found in the silage inoculated with *L. buchneri* (additive 1) at 60 days
1338 after opening the silo. The MS content ($P<0.05$) was higher in silage with additive
1339 3 (*L. buchneri* + sodium benzoate) with a content of 324 g/kg. The FDN of silage
1340 with the use of *L. buchneri* and sodium benzoate (additive 3) had the lowest
1341 content of 613.0 g/kg MS in the silage ($P<0.05$). Regarding the losses due to the
1342 ensiling process at 120 days, there was an effect ($P<0.05$) of the use of additives
1343 in sorghum silage for gas loss (PG) of the silages. Additive 2 (sodium benzoate)
1344 differed from the other treatments, recording the lowest gas loss. There was an
1345 interaction ($P<0.05$) in the breakdown of aerobic stability of silages for use of
1346 additives and time of silo opening, where silages treated with additive 3 (*L.*
1347 *buchneri* + sodium benzoate) opened at 120 days had longer duration of aerobic
1348 stability (87.8 hours). The use of *L. buchneri* affected the diversity of the bacterial
1349 community with a predominance of lactobacilli when the microbial inoculant was
1350 used. There was greater bacterial diversity in the control treatment without the
1351 use of additives. The effects of the combined action of chemical additives and
1352 microbial inoculant (*L. buchneri* and sodium benzoate) is positive, preserving the
1353 chemical composition of silages, reducing gas losses, increasing dry matter
1354 content, decreasing fiber content, and satisfactorily improving aerobic stability. In
1355 addition, sorghum silages opened at 120 days show greater aerobic stability.
1356 Keywords: aerobic stability; lactic fermentation; fermentative losses.

1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363

1364 1. INTRODUÇÃO

1365 Uma das espécies forrageiras mais utilizada para a produção de silagem
1366 é o sorgo (*Sorghum bicolor*), sendo uma planta que se adapta a diferentes
1367 condições ambientais, produzindo mesmo sob condições desfavoráveis quando
1368 comparado à maioria dos outros cereais. É caracterizado por ser uma planta que
1369 possui metabolismo C4, o que lhe permite responder bem a temperaturas
1370 superiores a 21°C para seu crescimento e desenvolvimento. Também é tolerante
1371 ao déficit de água, e ao excesso de umidade no solo, mais do que a maioria dos
1372 outros cereais, podendo ser cultivado numa ampla faixa de condições de solo
1373 (EMBRAPA, 2011).

1374 O sorgo forrageiro é uma cultura estival de alta produtividade, sendo
1375 bastante versátil em seu uso e potencial de exploração em regiões tropicais
1376 (PERAZZO et al., 2017). A silagem de sorgo tem importância estratégica, pois
1377 quando produzida com base nos princípios básicos para obtenção de silagem de
1378 boa qualidade apresenta valor nutritivo nivelado ao da silagem de milho e com a
1379 principal vantagem do menor custo de produção, uma vez que a produtividade
1380 do sorgo é maior que a do milho (LIMA et al., 2008). A utilização desta cultura
1381 para a produção de silagem vem ganhando espaço, sendo a segunda silagem
1382 mais utilizada no Brasil, ficando atrás apenas da silagem de milho (OLIVEIRA e
1383 MILLEN, 2014). Embora as características da cultura do sorgo serem favoráveis
1384 ao processo de ensilagem, perdas ainda podem ocorrer por conta de
1385 fermentações indesejáveis, provocando danos na qualidade final da silagem
1386 produzida.

1387 A planta de sorgo, geralmente, apresenta elevado teor de carboidratos
1388 solúveis, que pode contribuir para o desenvolvimento de leveduras na silagem,
1389 consequente provocando fermentação alcoólica e gerando perdas no processo
1390 fermentativo (DANIEL et al., 2019). Como resultado, as leveduras ácido-
1391 tolerantes produzem etanol a partir dos carboidratos solúveis e ácido lático, o
1392 que não é vantajoso, pois ocorrem muitas perdas durante o processo
1393 fermentativo além do que estes microrganismos são iniciadores da deterioração
1394 aeróbia nessas silagens (SANTOS et al., 2018).

1395 Na tentativa de diminuir as perdas e melhorar o valor nutritivo na silagem
1396 de sorgo é recomendado a utilização de aditivos químicos e/ou biológicos

1397 (MCDONALD et al., 1991). De acordo com Neumann et al. (2010), o uso de
1398 aditivos químicos inibidores de desenvolvimento de microrganismos é justificado
1399 em situações críticas, como material com baixo ou alto teor de matéria seca,
1400 baixo teor de carboidratos solúveis, dificuldades na compactação e vedação da
1401 silagem, visto que a má compactação irá contribuir para a degradação aeróbica
1402 por meio de desenvolvimento de microrganismos formadores de ácido butírico e
1403 álcool, responsáveis pela ocorrência de perdas de qualidade da forragem
1404 armazenada, devido a presença de oxigênio no meio. Além dos aditivos
1405 químicos, existem os inoculantes microbianos que são muito utilizados por todo
1406 mundo, devido a sua facilidade de uso e segurança, não são corrosivos e não
1407 poluem o meio ambiente (ÁVILA et al., 2009).

1408 Existem vários tipos de aditivos, sendo eles compostos por bactérias
1409 homofermentativas ou bactérias heterofermentativas. De acordo com Ávila et al.
1410 (2011), os aditivos a base de inoculantes microbianos são considerados
1411 benéficos por produzirem ácidos que diminuem o pH, contudo, eles podem ser
1412 prejudiciais quando degradam proteínas, produzem compostos tóxicos para os
1413 animais e até para humanos, ou quando competem com microrganismos
1414 benéficos pelo substrato, agravando a qualidade da silagem.

1415 Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de aditivo químico e
1416 microbiano sobre as características fermentativas, perdas, qualidade nutricional,
1417 populações microbianas, estabilidade aeróbia e o microbioma de silagens de
1418 sorgo.

1419

1420 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

1421

1422 **2.1 Localização do experimento**

1423 Realizou-se o experimento no Campo Agrostológico da Universidade
1424 Federal do Piauí, no município de Bom Jesus-PI. A região possui clima AW com
1425 estação seca de inverno, possuindo 09° 04' 28' S, 44° 21'31' W com 277 m de
1426 altitude.

1427 Foi cultivado um híbrido de sorgo forrageiro (S520) em uma área de 400
1428 m² após análise e correção de solo, sendo feita adubação fosfatada utilizando-
1429 se superfosfato simples durante o plantio e adubação nitrogenada com ureia

1430 pecuária após a germinação da planta. O plantio foi realizado em espaçamentos
1431 de 0,7 m entre fileiras, utilizando-se 12 sementes puras e viáveis por metro linear,
1432 durante o mês de novembro de 2019.

1433 Durante o período de desenvolvimento da planta a mesma foi irrigada
1434 diariamente até o dia da colheita, onde foi colhido no estágio de grão farináceo,
1435 com teor de matéria seca aproximado de 30%, respeitando-se o estado de
1436 maturação ideal para ensilagem da planta, que ocorre por volta de 100 dias após
1437 o plantio.

1438

1439 **2.2 Delineamento, área experimental e híbrido testado**

1440

1441 Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em
1442 esquema fatorial 4 x 4 (4 tipos de silagem com diferentes tipos de aditivos x 4
1443 tempos de abertura: 30, 60, 90 e 120 dias de fermentação), com quatro
1444 tratamentos e cinco repetições por tratamento. Os tratamentos contaram de
1445 Tratamento 1 controle (sem aditivo); Tratamento 2 (silagem inoculada com *L.*
1446 *buchneri*); Tratamento 3 (silagem tratada com aditivo químico, benzoato de
1447 sódio) e Tratamento 4 (silagem inoculada com *L. buchneri* e combinada com
1448 aditivo químico).

1449

1450 **2.3 Produção da silagem**

1451 O sorgo foi ensilado em silos experimentais de 7,5 L, dotados de válvula
1452 de Bunsen nas tampas para escape dos gases, o tamanho de partícula utilizado
1453 foi de 2,0 cm e uma densidade aproximada de 600 kg/m³. A aplicação dos
1454 aditivos químico e microbiológicos foi realizado na massa de forragem do sorgo
1455 conforme o tratamento. A inoculação ocorreu de acordo com as especificações
1456 da empresa Lalleman (Aplicou-se 1 litro da mistura para cada tonelada de
1457 forragem, utilizando uma bomba pulverizadora). O aditivo químico comercial,
1458 benzoato de sódio foi aplicado segundo especificações do fabricante.

1459 Os silos foram abertos nos tempos 30, 60, 90 e 120 dias após a
1460 ensilagem. Para tal, foram confeccionados 80 silos, 20 para cada tempo de
1461 abertura. Amostras da planta antes da ensilagem e das silagens nos diferentes
1462 tempos de abertura foram analisadas para determinação da composição

1463 química, pH, populações de bactérias lácticas, leveduras e fungos filamentosos
1464 em meios de cultura seletivos, e capacidade tampão.

1465 O teor de nitrogênio amoniacal foi analisado nos diferentes tempos de
1466 abertura. Por fim, as amostras foram utilizadas para avaliação do microbioma
1467 antes da ensilagem e aos 30 e 120 dias, estabilidade aeróbia aos 90 e perdas
1468 aos 120 dias.

1469

1470 **2.4 Indicadores de qualidade da silagem**

1471

1472 A determinação do pH ocorreu em duplicata, em todos os tempos de
1473 abertura da silagem, coletando-se aproximadamente 25 g de amostra do
1474 material ensilado de cada tratamento e adicionado 100 ml de água. Após 1 hora,
1475 realizar-se a leitura, de acordo com a metodologia de Bolsen et al. (1992), com
1476 uso de potenciômetro.

1477 Para a determinação de N-NH₃ das amostras, seguiu-se a metodologia de
1478 Bolsen et al. (1992), onde, em 25 g de amostra foram adicionados 200 ml de
1479 solução de H₂SO₄ a 0,2 N. Após repouso de 48 horas em potes plásticos com
1480 tampa, a temperatura ambiente e caixa fechada realizou-se a filtração do
1481 material com auxílio de peneiras, pipetando 1,5 mL do extrato em 2
1482 EPPENDORFS. O material foi submetido à centrifugação (13.000 rpm por 10
1483 minutos). Posteriormente, realizou-se a retirada do sobrenadante, mantendo o
1484 pellet. O material pipetado foi transferido para 2 novos EPPENDORFS até a
1485 realização das análises em espectrofotômetro.

1486 A capacidade tampão foi determinada de acordo com Playne e McDonald
1487 (1966), onde, pesou-se 20 g de amostra fresca macerando-se com 250 mL de
1488 água destilada e acondicionado em potes a temperatura ambiente até a leitura,
1489 sendo determinada com medidor de pH. O macerado foi titulado primeiro até pH
1490 3,0 com HCL 0,1 N para liberar bicarbonatos como dióxido de carbono. Em
1491 seguida, titulado até pH 6,0 com NaOH 0,1 N, registrando-se o volume gasto de
1492 NaOH para mudar o pH de 4,0 até 6,0. Sendo a capacidade tampão expressa
1493 como equivalente miligrama (e.mg) de álcali, requerido para mudar o pH de 4,0
1494 até 6,0 por 100 g de matéria seca, após correção para o valor da titulação de

1495 250 mL de água destilada (Branco). Em seguida realizou-se o seguinte cálculo
1496 conforme (MIZUBITI, 2009):

1497

$$1498 \quad \text{CATP} = \frac{0,1 * (V_a - V_b)}{\text{PA}} \times 100$$

1499

PA

1500

Em que,

1501

CATP = capacidade tampão em e.mg NaOH/100 g MS;

1502

0,1 = Normalidade do NaOH;

1503

V_a = volume de NaOH gasto para mudar o pH da amostra de 4,0 para 6,0;

1504

V_b = volume de NaOH gasto para mudar o pH do branco de 4,0 para 6,0;

1505

PA = peso da amostra seca = [(peso da amostra*MS) ÷ 100].

1506

1507

1508 **2.5 Análise da composição química**

1509

A composição química foi realizada segundo AOAC (2012), onde foram
1510 submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas.

1511

Logo após, foram processadas em moinho com peneira de um mm e utilizadas

1512

para determinação de MS a 105°C, cinzas e proteína bruta (PB), com exceção

1513

aos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA)

1514

e lignina. O teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE)

1515

foi determinado segundo a AOAC (1990); o teor de proteína bruta (PB) na

1516

matéria seca, pelo método micro Kjeldahl, segundo a AOAC (1990); e as

1517

concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido

1518

(FDA), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

1519

A determinação de Carboidratos solúveis foi realizada segundo Deriaz

1520

(1961).Foram coletadas amostras no momento da ensilagem para determinação

1521

da composição química do sorgo (Tabela 1).

1522

1523

1524

1525

1526

1527

1528

1529 **Tabela 1.** Composição química em silagens de sorgo com uso de aditivo químico
1530 e microbiano no momento da ensilagem.

Variáveis (% MS)	Uso de aditivo (UDA)			
	Sem	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3
Matéria seca	28,12	27,37	29,32	30,77
Proteína bruta	4,38	4,02	4,14	3,47
Extrato etéreo	3,38	2,50	2,49	2,19
Fibra em detergente neutro	59,07	66,21	57,25	57,12
Fibra em detergente ácido	31,03	32,44	29,77	32,43
Matéria orgânica	93,63	92,58	94,76	94,08
Matéria mineral	6,37	7,42	5,24	5,92
Capacidade tampão	8,18	10,04	12,70	13,24
Carboidratos solúveis	12,17	13,12	7,94	16,43

1531 Aditivo 1 (*L. buchneri*); aditivo 2 (benzoato de sódio) e aditivo 3 (*L. buchneri* + benzoato de sódio).

1532

1533 2.6 Avaliação microbiológica

1534 Uma parte das amostras de cada tratamento extraídas nos períodos de
1535 abertura definidos foi destinada à avaliação microbiológica. Em 25 g de amostra
1536 foram adicionados 225 ml de solução de ringer estéril. Após processamento no
1537 Stomacher, 1 ml da mistura foi então pipetada, com as devidas diluições para
1538 pesquisa de bactérias ácido lácticas (10^{-3} a 10^{-7}), mofos e leveduras (10^{-2} a 10^{-6}),
1539 O plaqueamento foi realizado em duplicata para cada meio de cultura. As
1540 populações foram determinadas pela técnica seletiva de culturas, que consistiu
1541 em Ágar rogosa, para contagem de *Lactobacilos*, após incubação de 48 horas
1542 em estufa à temperatura de 37° C; Ágar BDA para contagem de leveduras e
1543 mofos após 5 dias de incubação à temperatura ambiente; As placas foram
1544 consideradas susceptíveis à contagem quando houve valores entre 30 e 300
1545 UFC (unidade formadora de colônia) em uma placa de Petri. Foram consideradas
1546 as médias das placas da diluição selecionada.

1547

1548 2.7 Perdas de matéria seca

1549 As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases e efluente
1550 foram quantificadas por diferença de peso, conforme descrito por Jobim et al.
1551 (2007), assim como para se estimar a recuperação da matéria seca durante a
1552 ensilagem, utilizou-se as equações descritas abaixo:

$$1553 \quad \mathbf{G = (PCI - PCf) \div (MFi \times MSi) \times 100, \text{ onde:}}$$

1554 G: perdas por gases (%MS);

1555 PCI: peso do silo cheio no fechamento (kg);

1556 PCf: peso do balde cheio na abertura (kg);

1557 MFi: massa de forragem no fechamento (kg);

1558 MSi: teor de matéria seca da forragem no fechamento (%).

1559 As perdas por efluente foram calculadas pela equação abaixo, baseadas
1560 na diferença de peso da areia e relacionadas com a massa de forragem fresca
1561 no fechamento.

$$1562 \quad \mathbf{E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] \div MFi \times 100, \text{ onde:}}$$

1563 E: produção de efluentes (kg/tonelada de silagem);

1564 PVi: peso do balde vazio + peso da areia no fechamento (kg);

1565 PVf: peso do balde vazio + peso da areia na abertura (kg);

1566 Tb: tara do balde;

1567 MFi: massa de forragem no fechamento (kg).

1568

1569 A recuperação de matéria seca foi estimada pela seguinte equação:

$$1570 \quad \mathbf{RMS (\%) = [(MVfo \times MSfo) \div (MSi \times MSsi)] \times 100, \text{ onde:}}$$

1571 RMS (%): Recuperação de Matéria Seca em porcentagem;

1572 MVfo: Massa Verde de forragem (kg) na hora da ensilagem;

1573 MSfo: Matéria Seca da forragem (%) na hora da ensilagem;

1574 MSi: Massa da Silagem (kg) na abertura dos silos;

1575 MSsi: Matéria Seca da Silagem (%) na abertura dos silos.

1576

1577 2.8 Estabilidade aeróbia

1578 A estabilidade aeróbia foi determinada em amostras de 2 kg de silagem
1579 tomadas no momento da abertura dos silos aos 90 e 120 dias após a ensilagem

1580 e realocadas em silos limpos, sem necessidade de compactação. Um
1581 termômetro foi acoplado no centro geométrico da massa de cada silo e
1582 temperatura registrada a cada 30 minutos por meio de um termômetro digital. A
1583 temperatura ambiente foi registrada em um termômetro, controlando-se a
1584 temperatura ambiente com auxílio de sala com ar-condicionado para 25°C. A
1585 estabilidade aeróbia foi calculada como sendo o número de horas até a massa
1586 ensilada permanecer acima de 2°C em relação à temperatura ambiente.
1587 (TAYLOR; KUNG, 2002).

1588

1589 **2.9 Avaliação do microbioma**

1590 Para avaliação do microbioma da planta e das silagens, amostras de 25
1591 g foram diluídas com 225 mL de solução de *ringer* estéril por 2 minutos, usando
1592 o Stomacher. O homogeneizado foi filtrado em quatro camadas de gaze.
1593 Posteriormente, 2 mL do filtrado foi centrifugado por 3 minutos a 15.000 rpm. O
1594 sobrenadante foi descartado e o pellet suspenso em 100 mL de solução de
1595 *ringer* estéril. As amostras foram armazenadas a -80°C para posteriores
1596 análises.

1597 A extração do DNA metagenômico bacteriano foi realizada de acordo com
1598 metodologia adaptada de Handelsman et al. (1998) e Cunha et al. (2010). A
1599 amostra inicialmente diluída com igual volume de solução de NaCl 0,9% (p/v),
1600 pré-aquecida a 39°C e centrifugadas a 1.000 × g, por 10 minutos a 4°C. Após a
1601 centrifugação, o sobrenadante foi transferido para um novo tubo e reservado no
1602 gelo. O pellet resultante ressuspendido em 50 mL de solução de NaCl 0,9%
1603 gelada, colocado no liquidificador em velocidade máxima por 1 minuto e
1604 centrifugadas a 1.000 × g por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante foi transferido
1605 para um novo tubo reservado no gelo e o pellet ressuspendido, liquidificado e
1606 centrifugado conforme descrito anteriormente por mais duas vezes. O conteúdo
1607 dos 8 tubos reservados no gelo foi centrifugado a 27.000 × g por 30 minutos a
1608 4°C. O sobrenadante será descartado e ao pellet foram adicionados 75 mL de
1609 Tampão Z (100 mM Tris-HCl pH 8,0; 100 mM fosfato de sódio; 100 mM EDTA,
1610 pH 8,0; 1,5M NaCl; 1% (p/v) CTAB).

1611 Os tubos foram colocados em banho de gelo seco com isopropanol, por 1
1612 h e logo após transferidos para banho a 65°C por mais 1 h, sendo este processo
1613 repetido por mais uma vez. Em cada tubo foram adicionados 9mL de SDS 20%
1614 (p/v) e 4,5 mL de GITC 5M e esses incubados a 65°C por 2 h, sendo agitados
1615 periodicamente. Os tubos foram então centrifugados por 20 minutos a 15.000 xg
1616 a 10°C e o sobrenadante transferido para um novo tubo (utilizando gaze para
1617 filtrar). Adicionou-se 25 mL de solução clorofórmio: álcool isoamílico (24:1)
1618 homogeneizando-se a amostra gentilmente por 1 minuto. Os tubos foram então
1619 centrifugados a 15.000 x g por 2 minutos a 10°C e o sobrenadante transferido
1620 para um novo tubo. Será adicionado 70% do volume da amostra de isopropanol
1621 e novamente feita homogeneização por 5 minutos. Após uma precipitação inicial
1622 do DNA por 20 minutos à temperatura ambiente, os tubos foram colocados
1623 durante a noite a 4°C. Em seguida, os tubos foram centrifugados por 440 minutos
1624 a 15.000 x g a 10°C, o sobrenadante descartado e o pellet de DNA seco à
1625 temperatura ambiente. Em seguida, foi realizada uma lavagem do DNA com
1626 etanol 70% e feita uma nova centrifugação por 40 minutos a 15.000 x g a 10°C.
1627 O pellet de cada tubo foi suspenso em 5mL de TE (10 mM EDTA e 100 mM
1628 Tris- Cl pH 8.0). Os carboidratos foram precipitados adicionando acetato de
1629 potássio em concentração final 0,5 M, incubando-se por 5 minutos no gelo e
1630 centrifugando-se por 20 minutos a 13.400 xg em microcentrífuga de bancada à
1631 temperatura ambiente.

1632 Os sobrenadantes foram transferidos para tubos falcons de 15 mL e o
1633 DNA extraído com um volume igual de fenol/clorofórmio/álcool isoamílico
1634 (25:24:1) e centrifugado por 5 minutos a 2.500 x rpm à temperatura ambiente,
1635 por duas vezes. Após a centrifugação, a camada aquosa contendo o DNA foi
1636 extraída uma vez com um volume de clorofórmio: álcool isoamílico (24:1) seguida
1637 de centrifugação por 5 minutos a 600 x g a temperatura ambiente. O
1638 sobrenadante de DNA foi transferido para um novo tubo onde ocorreu acréscimo
1639 de um volume de isopropanol e incubação por 1 hora à temperatura ambiente
1640 seguida de centrifugação por 20 minutos a 15.000x g a 20°C. O sobrenadante
1641 foi retirado e o pellet, após secado ao ar, lavado com etanol 70%, centrifugado
1642 por 5 minutos a 13.400 x g e ressuspenso com TE (10 mM EDTA e 100 mM

1643 Tris-Cl). Um gel preparativo com agarose low melting 1% foi feito para limpar o
1644 DNA que foi posteriormente diluído.

1645 As análises supracitadas, foram realizadas no Laboratório de Nutrição
1646 Animal da UFPI, Laboratório de Forragicultura da UFPB, Laboratório de Biologia
1647 Molecular da UFPB e laboratório de nutrição animal do INSA.

1648

1649 **2.10 Análise estatística**

1650 Os dados referentes a composição química, teores de ácidos orgânicos,
1651 perdas de matéria seca e estabilidade foram analisados como um delineamento
1652 inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições por
1653 tratamento. Já os dados referentes à análise microbiológica, pH e N amoniacal,
1654 foram analisados em esquema fatorial 4 x 4 (4 tipos de silagem x 4 tempos de
1655 abertura). Ambos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias
1656 comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, utilizando-se
1657 o pacote estatístico SAS (2008).

1658

1659 **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

1660

1661 **3.1 Característica microbiológica da silagem**

1662 Houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores analisados uso de aditivo e
1663 tempo de abertura do silo, para o crescimento da população de bactérias ácido
1664 lácticas (BAL) e leveduras na silagem de sorgo forrageiro (Tabela 2). Para
1665 população de mofos não houve interação, foi observado efeito isolado ($P < 0,05$)
1666 para o uso do aditivo e para os diferentes períodos de abertura do silo.

1667 Para população de BAL na silagem foi observado maior quantidade na
1668 abertura do silo aos 120 dias com o uso do aditivo 1 (*L. buchneri*) de 9,06 log
1669 UFC g⁻¹, e menor valor para a silagem sem uso de aditivo com silo aberto aos
1670 60 dias com 4,24 log UFC g⁻¹. Esses resultados demonstraram que a utilização
1671 de inoculante microbiano, proporcionou ambiente fermentativo adequado ao
1672 crescimento bactérias ácido lácticas, entretanto, o tempo de conservação da
1673 silagem também teve influência positiva em relação a presença desses
1674 microrganismos, visto que se obteve maior quantidade de BAL quando tempo de
1675 conservação da silagem se estendeu por mais tempo.

1676 A quantidade inferior de BAL aos 60 dias, pode ser explicado pelo fato de
1677 que as BAL competem por substrato com microrganismos indesejáveis como
1678 fungos, bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias no início do processo
1679 fermentativo, o que afeta o seu desenvolvimento (YITBAREK e TAMIR, 2014).
1680 No fim do processo fermentativo, predomina a atividade de bactérias resistentes
1681 a acidez (BAL) principalmente do gênero *Lactobacilos* (LIMA et al., 2014). Esses
1682 resultados são semelhantes aos encontrados por Venturini (2019), observando
1683 o comportamento em relação ao desenvolvimento de BAL em silagem de sorgo.
1684 Nos resultados obtidos pelo autor, as BAL aumentaram em relação ao tempo de
1685 abertura, já em comparação aos tratamentos, não encontrando diferença entre
1686 a silagem inoculada e não inoculada.

1687 A fermentação anaeróbia depende da ação desses microrganismos, uma
1688 vez que o suprimento de carboidratos solúveis cessa, ou mesmo quando os
1689 microrganismos paralisarem seu crescimento devido à presença de ácidos que
1690 eles mesmos produzem, a fermentação anaeróbia deixa de ocorrer (MUCK,
1691 2010). A inclusão de aditivos na silagem tem como objetivo promover condições
1692 favoráveis ao desenvolvimento das BAL, acelerando o declínio de pH e inibindo
1693 possíveis fermentações secundárias ocasionada por determinados
1694 microrganismos deterioradores (BERNARDES e CHIZZOTTI, 2012).

1695 Para a contagem de leveduras a menor população de leveduras foi
1696 observada na abertura do silo aos 60 dias com o uso do aditivo 1 (*L. buchneri*)
1697 de 1,67 Log UFC g⁻¹. As leveduras são um dos microrganismos aeróbios mais
1698 significativos sobre a cultura em relação à qualidade da silagem. As leveduras
1699 crescem em substratos solúveis, açúcares e o ácido láctico. Na maioria das
1700 circunstâncias, esses microrganismos são o primeiro grupo a se desenvolver em
1701 contato com o oxigênio. A razão para isto é que muitas leveduras são capazes
1702 de crescer a pH 3,5, bem abaixo do pH da maior parte das silagens. Bactérias
1703 produtoras de ácido acético e fungos são capazes de crescer em tais condições
1704 ácidas, mas as bactérias produtoras de ácido acético são raramente presentes
1705 e fungos crescem muito mais lentamente do que as leveduras. Como espécies
1706 de leveduras podem utilizar o ácido láctico aerobicamente para desenvolver,
1707 aumentos de pH da silagem acontecem. Isso abre o caminho para o crescimento

1708 de outros microrganismos (aeróbios), particularmente se pH estiver acima de 4,5
1709 (Muck, 2010).

1710 Entretanto foi observado que o uso de inoculante microbiano reduziu a
1711 concentração de leveduras do material. Isso pode estar relacionado à maior
1712 produção de ácido propiônico na silagem inoculada, que age como um
1713 importante inibidor do crescimento de leveduras (Filya et al, 2004). Tabacco et
1714 al., (2009) observaram que acima de 5 log 10 UFC g⁻¹ de levedura é capaz de
1715 reduzir a estabilidade aeróbia do material, o que foi observado nesse estudo no
1716 tratamento sem uso de inoculante, o qual apresentou valores acima destes e
1717 conseqüentemente obteve menor duração da estabilidade aeróbia da silagem.

1718 Em relação a contagem de mofos observou-se que as silagens abertas
1719 aos 120 dias aditivadas com o aditivo 1 e 3 (*L. buchneri* e *L. buchneri*+ benzoato
1720 de sódio) apresentaram menor quantidade de mofos (Tabela 2). A presença
1721 desses microrganismos, é algo indesejável para a silagem, uma vez que os
1722 mesmos degradam a glicose, ácido lático, proteínas e aminoácidos livres,
1723 podendo elevar o pH da silagem e ainda propiciar a proliferação de
1724 microrganismos oportunistas, sendo responsáveis por gerar nitrogênio
1725 amoniacal, resultando em perdas e silagem de baixa qualidade (NASCIMENTO,
1726 *et al.*, 2016).

1727

1728 **Tabela 2.** População de microrganismos, pH e N-NH₃ de silagem de sorgo com
1729 aditivo químico e microbiano em diferentes tempos de abertura.

Abertura do silo (AS)	Uso de aditivo (UDA)				Média
	Sem	Aditivo 1 ²	Aditivo 2 ³	Aditivo 3 ⁴	
Bactérias do ácido lático (Log UFC g ⁻¹)					
30 dias	6,84aA	6,69aBC	6,54aB	7,74aAB	6,23
60 dias	4,24cB	5,58bcC	7,22aAB	6,48abB	7,15
90 dias	7,40abA	7,28bB	8,37abA	8,85aA	7,44
120 dias	6,44bA	9,06aA	7,64abAB	7,34bAB	7,54
Média	6,88	5,88	7,97	7,62	
Leveduras (Log UFC g ⁻¹)					
30 dias	6,56aA	1,87bA	4,88aA	2,09bB	5,80
60 dias	5,00aA	1,67bA	5,39aA	4,80aAB	2,22
90 dias	6,81aA	2,37bA	5,51aA	5,74aA	5,11
120 dias	4,82aA	2,96aA	4,64aA	4,43aAB	4,26
Média	3,85	4,21	5,11	4,21	
Mofos (Log UFC g ⁻¹)					
30 dias	1,00	1,40	1,84	1,62	1,46B

60 dias	1,14	2,24	3,46	4,60	2,86A B
90 dias	1,14	2,24	3,46	4,60	2,85A B
120 dias	4,25	3,18	4,55	3,18	3,79A
Média	1,88c	2,26b	3,33a	3,50a	
pH					
30 dias	3,60baA	3,50bA	3,62abAB	3,65aA	3,56
60 dias	3,45aB	3,30bB	3,42abC	3,40abB	3,48
90 dias	3,65aA	3,50bA	3,70aA	3,60abA	3,56
120 dias	3,55abAB	3,62aA	3,52abB	3,45bB	3,52
Média	3,59	3,39	3,61	3,53	
N-NH ₃ (% N total)					
30 dias	0,67abA	0,45cB	0,50bcB	0,75aA	0,67
60 dias	0,72abA	0,77aA	0,70abA	0,57bAB	0,58
90 dias	0,64aA	0,60aAB	0,57aAB	0,50aB	0,51
120 dias	0,65aA	0,52aB	0,57aAB	0,50aB	0,57
Média	0,58	0,069	0,058	0,056	
<i>P - Valor</i>					
Variáveis		UDA	AS	UDA × AS	EPM ¹
Bactérias do ácido láctico		<0,01	<0,01	<0,01	0,20
Leveduras		<0,01	0,10	0,04	0,36
Mofos		0,02	<0,01	0,33	0,43
pH		<0,01	<0,01	<0,01	0,01
N-NH ₃		0,02	<0,01	<0,01	0,02

1730 ¹EPM: erro padrão médio. ² Sem: sem aditivo. Aditivo 1: *L. buchneri*. Aditivo 2: benzoato de sódio.
 1731 Aditivo 3: *L. buchneri* + benzoato de sódio. Letras minúsculas diferentes na linha representam
 1732 significância de P < 0,05 para uso de aditivo (UDA). Letras maiúsculas diferentes na coluna
 1733 representam significância de P < 0,05 para abertura do silo (AS).
 1734

1735 Houve interação (P<0,05) para a variável pH entre os fatores analisados
 1736 uso de aditivo e tempo de abertura do silo, obteve-se maiores valores de pH
 1737 (3,70) para as silagens abertas aos 90 dias com o uso do aditivo 2, igual ao sem
 1738 aditivo aos 90 dias. O menor teor de pH (3,30), foi encontrado na silagem
 1739 inoculada com *L. buchneri* (aditivo 1) aos 60 dias de abertura do silo. Segundo
 1740 Veriato et al (2018), valores de pH maiores que 4,5 em silagens de sorgo,
 1741 resultam em uma ampla variação de desenvolvimento de microrganismos,
 1742 dentre eles alguns patógenos, bolores e leveduras, entretanto com valores de
 1743 pH abaixo desse valor (pH<4,0) limita-se o crescimento destes microrganismos.
 1744 Os valores de pH reduzidos = (3,42 e 3,40), observado nos resultados
 1745 encontrados estão relacionados ao maior número de bactérias ácido lácticas

1746 (LAB), oriundas dos inoculantes adicionados no material, que promovem a
1747 rápida redução do pH no interior do silo (MUCK et al., 2018).

1748 Nardes (2019) observou menores teores de pH para silagem inoculada
1749 em comparação a silagem não inoculada, além disso também foi observado
1750 maior redução do pH quando houve abertura da silagem mais tardiamente. O pH
1751 ideal para uma silagem de boa qualidade está entre 3,8 a 4,2 (RODRIGUES et
1752 al., 2012), quando o pH se eleva a níveis superiores a 4,5, ocorre predominância
1753 de microrganismos deterioradores, promovendo uma fermentação indesejável
1754 (VERIATO et al., 2018). Os parâmetros observados foram ligeiramente abaixo
1755 desses valores, no entanto, não é considerado prejudicial à qualidade nutricional
1756 do material, estando próximo aos valores de referência, o que indica uma boa
1757 fermentação.

1758 Quanto aos teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), houve interação
1759 (P<0,05) para o uso de aditivos e tempo de abertura da silagem de sorgo. O
1760 menor teor de N-NH₃ foi encontrado nas silagens abertas aos 90 e 120 dias
1761 associada ao uso do aditivo 3: *L. buchneri* + benzoato de sódio (0,50 g/kg MS).
1762 Segundo Neumann et al. (2009), valores inferiores a 10% de nitrogênio
1763 amoniacal em relação ao nitrogênio total, é um fator positivo, para uma
1764 fermentação adequada da silagem, indicando que não houve proteólise
1765 excessiva. Pires et al. (2013), observaram que diversas silagens de híbridos de
1766 sorgo apresentaram teor de N-NH₃ abaixo de 10%, considerando esse
1767 parâmetro como de uma silagem excelente.

1768 O conteúdo de N-NH₃ em todos os tratamentos avaliados não ultrapassou
1769 os valores considerados aceitáveis para silagens de boa qualidade nutricional,
1770 de até 100 g kg⁻¹ em relação ao N total (Mc DONALD, 1991). Bumbieris Jr et al.,
1771 (2017) ao analisarem silagens com presença ou ausência de inoculantes,
1772 verificaram que silagens de milho não inoculadas apresentaram maiores teores
1773 de NH₃-N. Considerando-se que a menor quantidade de N-NH₃ foi encontrada
1774 com uso de aditivo 3, após os 90 dias ensilagem, pode-se inferir que o uso
1775 combinado de aditivo microbiano com aditivo químico pode contribuir para
1776 redução de perdas proteicas quando utilizado, reduzindo a formação de N- NH₃.
1777

1778 **3.2 Composição química**

1779 Não houve interação ($P > 0,05$) entre os fatores uso de aditivo e os
1780 períodos de abertura do silo para a composição química da silagem de sorgo
1781 forrageiro. Em relação ao uso de aditivos, foi observado diferença ($P < 0,05$) entre
1782 os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra
1783 em detergente neutro (FDN), capacidade tampão (CT) e carboidratos solúveis
1784 (CHOs). Para o efeito isolado dos diferentes períodos de abertura dos silos
1785 houve efeito ($P < 0,05$) para extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA)
1786 e capacidade tampão (CT).

1787 Obteve-se para o teor de MS maior valor na silagem com o aditivo 3 (*L.*
1788 *buchneri* + benzoato de sódio) apresentando teor de 324 g/kg e menor valor nas
1789 silagens sem uso de aditivos 269 g/kg, evidenciando a importância do uso de
1790 aditivos em elevar o teor de MS nessas silagens. Dessa forma, as silagens com
1791 *L. buchneri* e benzoato de sódio, foi avaliado eficiente quanto sua capacidade de
1792 aumentar o teor de MS e assim podendo minimizar as perdas durante o processo
1793 fermentativo.

1794 O aumento no teor de MS com uso do aditivo 3 (*L. buchneri* + benzoato
1795 de sódio) (Tabela 3) pode ser explicado pelo fato da ação combinada de aditivos
1796 nessas silagens, ter resultado na melhoria do valor nutritivo do material ensilado.
1797 O que é possível observar com os resultados é que os aditivos aumentaram o
1798 teor de MS nas silagens de sorgo sendo que o aditivo 3 (*L. buchneri* + benzoato
1799 de sódio) conseguiu elevar a MS para o mais próximo do recomendado. De modo
1800 geral, teores ideais de matéria seca para que se obtenha uma silagem de boa
1801 qualidade deve estar entre 300 e 350 g/kg (MCDONALD et al., 1991; NEUMANN
1802 et al., 2017). Para uma boa fermentação da silagem valores acima de 250 g/kg
1803 são aceitáveis (NUSSIO et al., 2011). Conforme descrito por Tolentino et al.
1804 (2016), no momento do corte a planta não deve apresentar valores superiores a
1805 400 g kg⁻¹ pois, podem apresentar maior dificuldade de compactação,
1806 contribuindo para a presença de ar no interior do silo. Fato não observado na
1807 planta do sorgo no momento da ensilagem (Tabela 1).

1808

1809

1810 **Tabela 3.** Composição química da silagem de sorgo com diferentes aditivos e
 1811 períodos de abertura

Variáveis	Uso de aditivo (UDA)			
	Sem	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3
Matéria seca (g/kg)	26,9c	28,7b	30,3b	32,4a
Proteína bruta (g/kg MS)	4,01a	4,04a	3,78a	3,26b
Extrato etéreo (g/kg MS)	4,81a	4,76ab	4,11ab	3,96b
Fibra em detergente neutro (g/kg MS)	66,2ab	66,9a	63,6ab	61,3b
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)	40,6a	41,4a	38,3a	43,7a
Matéria orgânica (g/kg MS)	94,2a	94,9a	94,3a	94,4a
Matéria mineral (g/kg MS)	5,74a	5,02a	5,64a	5,46a
Capacidade tampão [‡]	35,8b	45,3a	35,8b	37,0b
Carboidratos solúveis (g/kg MS)	116b	179b	659a	518a
Variáveis	Abertura do silo (AS)			
	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias
Matéria seca (g/kg)	29,1a	30,0a	29,9a	29,2a
Proteína bruta (g/kg MS)	3,69a	3,70a	3,79a	3,91a
Extrato etéreo (g/kg MS)	4,99a	4,14b	3,91b	4,60ab
Fibra em detergente neutro (g/kg MS)	65,9a	63,5a	61,9a	66,6a
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)	35,7b	35,5b	46,9a	45,8a
Matéria orgânica (g/kg MS)	94,9a	94,7a	94,0a	94,3a
Matéria mineral (g/kg MS)	4,99a	5,27a	5,96a	5,64a
Capacidade tampão [‡]	40,5a	39,0a	41,1a	33,2b
Carboidratos solúveis (g/kg MS)	4,42a	3,30a	3,48a	3,52a
Variáveis	P - Valor			
	UDA	AS	UDA × AS	EPM ¹
Matéria seca (g/kg)	<0,01	0,37	0,16	0,43
Proteína bruta (g/kg MS)	<0,01	0,28	0,28	0,32
Extrato etéreo (g/kg MS)	<0,01	<0,01	0,09	0,21
Fibra em detergente neutro (g/kg MS)	0,03	0,09	0,19	1,45
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)	0,48	<0,01	0,28	2,42
Matéria orgânica (g/kg MS)	0,52	0,29	0,72	0,35
Matéria mineral (g/kg MS)	0,51	0,26	0,67	0,35
Capacidade tampão	<0,01	<0,01	0,06	0,85
Carboidratos solúveis (g/kg MS)	<0,01	0,21	0,11	0,40

1812 ¹EPM: erro padrão médio. [‡]Capacidade tampão em e.mg NaOH/100 g/MS. Sem: sem aditivo.
 1813 Aditivo 1: *L. buchneri*. Aditivo 2: benzoato de sódio. Aditivo 3: *L. buchneri* + benzoato de sódio.
 1814 Letras minúsculas diferentes na linha representam significância de P < 0,05 para uso de aditivo
 1815 (UDA). Letras maiúsculas diferentes na coluna representam significância de P < 0,05 para
 1816 abertura do silo (AS).

1817

1818

1819

1820

1821

1822

1823

1824

1825

1826

1827

1828

1829

1830

1831

1832

1833

1834

1835

1836

1837

1838

1839

1840

1841

1842

1843

1844

1845

1846

1847

1848

1849

Os maiores valores para o teor de PB foram observados nos tratamentos sem uso de aditivo, com uso de aditivo 1 e 2 (*L. buchneri*) e (benzoato de sódio) com 401,404 e 378 g/kg (Tabela 3). Segundo Nascimento (2019), o teor de PB e MS estão correlacionados negativamente, de modo que com o avanço da idade é observado uma diminuição dos teores de PB, ao mesmo tempo que se observa aumento dos teores de MS. O que se pode observar nesse estudo em relação ao tratamento com uso combinado de aditivo químico e microbiano, o qual possuiu maior teor de MS, enquanto registrou menor teor de PB.

Os valores para proteína foram semelhantes aos valores encontrados na literatura para sorgo forrageiro, onde se observou 444 g kg⁻¹ de PB em estudos realizados por Nardes (2019) no momento da ensilagem. Porém, os teores de PB estão ligeiramente abaixo do que foi encontrado por Nascimento (2019), em levantamento sobre silagem de sorgo forrageiro que encontrou valores de PB variando de 57,1 a 94,7 g/kg MS.

Em estudos realizados por Nardes (2019) a autora encontrou interação entre os fatores uso de inoculante x tempo, de modo que observou maior teor de PB em silagem com uso de inoculante quando a silagem foi armazenada por 120 dias. Segundo Tolentino et al. (2016) o uso de inoculante pode diminuir a proteólise na silagem pois, a rápida estabilização pela formação de ácidos, inativam componentes causadores de uma proteólise excessiva. Araújo et al. (2019) consideraram de fundamental importância a utilização de aditivos na silagem com o intuito de corrigir algumas limitações do processo de fermentação, e conseqüentemente promover melhorias na composição química do alimento. Considerando-se a ação dos aditivos químico, estes possuem ação inibitória sobre os microrganismos proporcionando fermentação e proteólise menos acentuada Schönell (2016).

Houve interação ($P=0,09$) para a variável EE e os menores teores foram registrados nas silagens com o uso do aditivo 3 (químico e microbiano) nas silagens abertas aos 60 e 90 dias. O EE na silagem compreende como sendo a fração de gordura do alimento que é insolúvel em água e tem, portanto, função de fornecer energia, os teores de EE do respectivo estudo estão na média dos

1850 valores considerados máximos, que é de 80 g/kg MS (NEIVA-JUNIOR et al.,
1851 2007).

1852 A FDN da silagem com uso de *L. buchneri* e benzoato de sódio (aditivo 3)
1853 apresentou menor teor com 613,0 g/kg MS na silagem. O aumento dos teores
1854 de fibra está relacionado à menor digestibilidade e redução do teor de proteína
1855 bruta da forragem (OLIVEIRA et al., 2010). Segundo Tolentino et al. (2016),
1856 valores de FDN acima de 600 g/kg MS afetam negativamente o consumo de
1857 matéria seca pelo animal. Foi observado que o tratamento combinado de aditivo
1858 químico e microbiano, apresentou menor teor de FDN e maior quantidade de
1859 carboidratos solúveis (Tabela 3). Podem ocorrer variações de FDN nas silagens
1860 em decorrência do consumo dos carboidratos não estruturais pelas bactérias
1861 ácido lácticas predominantemente, visto que realizam a fermentação desses
1862 compostos (SANTOS et al., 2013). O que pode ter acontecido no presente
1863 estudo. Venturini (2019) avaliando a silagem de sorgo com uso de aditivo
1864 químico e microbiano, encontrou valores de FDN superiores ao desse estudo,
1865 variando de 719,93 g/kg MS com aditivo químico a 737,68 g/kg MS no tratamento
1866 com associação entre aditivo químico e inoculante microbiano.

1867 A FDA da silagem de sorgo forrageiro em relação ao tempo de abertura
1868 de 30 e 60 dias apresentaram menores valores (Tabela 3), dentro da faixa
1869 observada por Albuquerque et al. (2011), estudando diferentes cultivares de
1870 sorgo forrageiro, que encontraram teores de FDA entre 288,3 e 383,7 g/kg MS.
1871 Os valores de FDA encontrados nesse estudo quanto à silagem com uso de
1872 aditivos foram superiores a 380 g/kg MS. As concentrações de FDN e FDA estão
1873 diretamente associados à digestibilidade, onde o aumento das razões FDA e
1874 FDN dificulta a digestão e promove redução no teor de proteína bruta (OLIVEIRA
1875 et al., 2010). A FDA representa a fibra não degradável, desse modo deve estar
1876 presente na silagem em teores reduzidos, pois valores acima de 400 g/kg MS
1877 tem relação negativa com digestibilidade do alimento e com a ingestão de
1878 matéria seca (VAN SOEST, 1994).

1879 Para CT das silagens em relação ao uso de aditivo o tratamento aditivo
1880 1 (*L. buchneri*) promoveu maior valor com 45,3 e.mg NaOH/100 g/MS. Aos 120
1881 dias de abertura foi observado menor CT em relação aos demais tempos de

1882 abertura dos silos, com valor de 33,2 e.mg NaOH/100 g/MS. No entanto, os
1883 valores estão próximos ao que cita a literatura como referência entre 20 e 40
1884 e.mg NaOH/100 g/MS, para que ocorra adequada fermentação da silagem
1885 (CHERNEY e CHERNEY, 2003). O ideal é que o material a ser ensilado tenha
1886 baixo poder tampão, para facilitar a redução do pH pela ação dos ácidos
1887 orgânicos produzidos pela fermentação (MASSARO JÚNIOR *et al.* 2020) tendo
1888 em vista que a capacidade tampão é definida como a resistência que a massa
1889 ensilada apresenta ao declínio do pH (JOBIM *et al.* 2007). Este comportamento
1890 observado na capacidade tampão (Tabela 3) pode ser devido à ação dos
1891 aditivos, os quais apresentaram baixa capacidade tampão, o que mostra a
1892 eficácia desses aditivos.

1893 Os menores teores de CT das silagens sem aditivo e, com benzoato de
1894 sódio e o uso associado de *L. buchneri* + benzoato de sódio, demonstraram uma
1895 rápida acidificação da massa ensilada, fato que pode causar uma melhor
1896 conservação das silagens. A CT depende basicamente da composição da planta
1897 no que se refere ao teor de proteína bruta, íons inorgânicos (Ca, K, Na) e
1898 combinação de ácidos orgânicos e seus sais. O conhecimento da CT da
1899 forragem a ser ensilada é importante, pois fornece informações em relação à
1900 velocidade de abaixamento do pH (JOBIM *et al.* 2007). Segundo Cherney e
1901 Cherney (2003) a CT da forragem a ser ensilada é um fator chave no processo
1902 de fermentação.

1903 Quando a planta apresenta alta CT a velocidade de abaixamento do pH é
1904 lenta e em consequência as perdas no processo de ensilagem são maiores,
1905 reduzindo a qualidade da silagem, o que possivelmente aconteceu no presente
1906 estudo visto que o tratamento com aditivo 1 (*L. buchneri*) obteve uma maior CT
1907 (Tabela 3) e associado a isso, observa-se que as perdas por gases foram
1908 maiores no mesmo tratamento (Tabela 5). É interessante que a forragem
1909 ensilada tenha baixa capacidade tamponante e assim facilita a redução do pH
1910 feita pela ação dos produtos da fermentação principalmente ácidos orgânicos
1911 (MASSARO JÚNIOR *et al.*, 2020).

1912 Para a quantidade de CHOs foi maior o tratamento com uso de aditivo
1913 químico (aditivo 2) e associado *L. buchneri* + benzoato de sódio (aditivo 3).

1914 Dentre as características que favorecem o processo fermentativo no processo
1915 da ensilagem estão o teor de matéria seca, a microflora epifítica, a quantidade
1916 de carboidratos solúveis presente na planta e seu poder tampão no momento do
1917 corte (MCDONALD et al., 1991). Os níveis de carboidratos encontrados na planta
1918 para este estudo estão de acordo com o que é descrito por Ohmomo et al. (2011),
1919 onde estes valores devem estar acima de 30 g/kg MS preferivelmente, a silagem
1920 deve estar com níveis entre 60 e 160 g/kg MS de carboidratos solúveis para que
1921 ocorra uma adequada fermentação láctica. Os teores de carboidratos solúveis
1922 estão diretamente relacionados à quantidade de ácido láctico, uma vez que as
1923 bactérias ácido lácticas, utilizam os carboidratos solúveis como fonte de
1924 substrato (LIMA JUNIOR et al., 2014).

1925

1926 **3.3 Estabilidade aeróbia**

1927 Houve interação ($P < 0,05$) na quebra da estabilidade aeróbia das silagens
1928 para uso de aditivos e tempo de abertura do silo, onde as silagens tratadas com
1929 o aditivo 3 (*L. buchneri* + benzoato de sódio) abertas aos 120 dias tiveram maior
1930 duração da estabilidade aeróbia (87,8 horas). Para a variável temperatura das
1931 silagens houve interação ($P < 0,05$), e as silagens sem aditivo e tratada com
1932 aditivo 1 abertas aos 120 dias tiveram maiores temperaturas de 37,9 e 36,0°C,
1933 respectivamente. Esses resultados demonstram que a ação combinada entre um
1934 inoculante microbiano e um aditivo químico, resultou em estabilidade aeróbia
1935 mais eficiente da silagem de sorgo, permanecendo estável por mais tempo em
1936 relação ao uso isolado de um inoculante microbiano ou de um aditivo químico
1937 aos 90 e 120 dias de abertura. Além disso, silagem armazenada por um maior
1938 período demonstrou maior eficiência fermentativa, e conseqüentemente
1939 apresentou maior duração na estabilidade aeróbia, após exposição ao ar.
1940 Resultados semelhantes com silagem de milho e sorgo, foram descritos por
1941 Nardes (2019), onde a utilização de inoculante microbiano usados isoladamente,
1942 teve menor efeito sobre a estabilidade aeróbia quando comparado ao uso
1943 combinado de aditivo químico e inoculante microbiano.

1944

1945

1946 **Tabela 4.** Estabilidade aeróbia de silagem de sorgo com diferentes aditivos aos
 1947 90 e 120 dias de abertura do silo

Abertura do silo (AS)	Uso de aditivo (UDA)				Média
	Sem	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3	
Quebra da Estabilidade Aeróbia (Horas)					
90 dias	12,6cB	27,3bcB	39,0abB	48,7aB	31,9
120 dias	30,5cA	43,6cA	65,3bA	87,8aA	56,8
Média	21,5	35,5	52,1	68,2	
Temperatura (°C)					
90 dias	37,9aA	36,0abA	35,1bA	34,5bA	35,9
120 dias	31,9aB	29,3bB	28,0bB	28,9bB	29,8
Média	34,9	32,6	32,0	31,7	
<i>P</i> - Valor					
	UDA	AS	UDA×AS	EPM ¹	
Quebra da Estabilidade Aeróbia	< 0,01	< 0,01	< 0,04	4,24	
Temperatura	< 0,01	< 0,01	< 0,03	0,66	

1948 ¹EPM: erro padrão médio. Sem: sem aditivo. Aditivo 1: *L. buchneri*. Aditivo 2: benzoato de sódio.
 1949 Aditivo 3: *L. buchneri* + benzoato de sódio. Letras minúsculas diferentes na linha representam
 1950 significância de $P < 0,05$ para uso de aditivo (UDA). Letras maiúsculas diferentes na coluna
 1951 representam significância de $P < 0,05$ para abertura do silo (AS).
 1952

1953 O aumento da estabilidade aeróbia promovida pela associação de aditivo
 1954 químico e microbiano gera amplas respostas positivas sobre a qualidade
 1955 nutricional da silagem. Auerbach e Nadeau (2020) observaram que a inoculação
 1956 da silagem de milho com *L. buchneri* melhorou a estabilidade aeróbia e reduziu
 1957 a temperatura na massa de silagem em relação à silagem controle. A
 1958 estabilidade influencia diretamente a qualidade da silagem produzida. A fase de
 1959 estabilidade se inicia durante a fermentação, seguindo até o momento de
 1960 abertura do silo podendo se estender aos dias de exposição ao ar até que seja
 1961 consumida pelos animais (MICHEL, 2015). Com a exposição da massa de
 1962 silagem ao ar, podem ocorrer mudanças na sua composição, devido a muitos
 1963 fatores contribuírem para a deterioração da massa ensilada (ANJOS et al.,
 1964 2018). Os sais como é o caso do benzoato de sódio, são utilizados para inibir o
 1965 desenvolvimento microbiano nos alimentos, pois são inibidores das enzimas
 1966 digestivas pepsina e tripsina, dessa forma, a maioria das leveduras, mofos e
 1967 clostrídeos pode ser controlada (SCHÖNELL, 2016). O *L. buchneri* fermenta
 1968 hexoses e pentoses, formando ácido lático, acético e etanol (McDonald,etal.,
 1969 1991; Rooke e Hatfield, 2003). No entanto, a principal rota de formação do
 1970 ácido acético pelo *L. buchneri* é através da degradação do ácido lático, formando

1971 ácido acético e 1,2-propanodiol e traços de etanol (Driehuis, et al., 1999; Oude-
1972 Elferink, et al., 2001). A ação combinada desses aditivos pode ter influenciado
1973 para uma maior estabilidade aeróbia dessas silagens.

1974 Observa-se que uma maior estabilidade aeróbia pode estar associada ao
1975 teor de MS das silagens com o uso do aditivo 3 (*L. buchneri* + benzoato de sódio)
1976 (Tabela 3). Os aditivos são citados em diversos estudos, como forma de
1977 aumentar o teor de MS, isso ocorre, pois, seu baixo teor de umidade equilibra o
1978 excesso de umidade da forragem ensilada, o que melhora a fermentação
1979 microbiana e o valor nutricional em silagem de gramíneas. O uso do aditivo 3
1980 proporcionou valores para MS dentro do indicado na literatura, o que pode ser
1981 importante principalmente no impedimento da proliferação de microrganismos
1982 indesejáveis, e ainda resultou em maior estabilidade aeróbia e menor incremento
1983 em temperatura em relação às demais silagens.

1984

1985 **3.4 Perdas fermentativas**

1986 Em relação as perdas decorrentes do processo de ensilagem aos 120
1987 dias, houve efeito ($P < 0,05$) do uso dos aditivos na silagem de sorgo apenas para
1988 perda por gases (PG) das silagens. O aditivo 2 (benzoato de sódio) diferiu em
1989 relação aos demais tratamentos, registrando a menor perda por gases. De
1990 acordo com Tavares, *et al.*, (2009), resultados assim são esperados, em razão
1991 do tipo de fermentação promovido por bactérias heterofermentativas, no qual há
1992 aumento considerável de perdas por gases, uma vez que há a produção de
1993 outros metabólitos além do ácido láctico, diferente do que ocorre com bactérias
1994 homofermentativas utilizando a glicose como substrato para produzir
1995 estritamente ácido láctico. Tais resultados podem ser justificados ainda pelo
1996 menor pH das silagens que receberam inoculante microbiano (Tabela 2),
1997 favorecendo maior desenvolvimento desses microrganismos.

1998

1999

2000

2001

2002 **Tabela 5.** Perdas fermentativas de silagem de sorgo com aditivo químico e
 2003 microbiano aos 120 dias de abertura do silo

Variáveis	Uso de aditivo				Média	EPM ¹	P - Valor
	Sem	Aditivo 1	Aditivo 2	Aditivo 3			
RMS (%)	87,3	94,3	94,6	98,0	93,5	3,22	0,19
PG(%MS)	1,03ab	1,18a	0,72b	1,07ab	1,00	0,07	<0,01
PE (kg t ⁻¹)	56,7	47,7	45,5	45,6	48,9	5,72	0,49
PT (%)	5,95	5,71	5,27	5,63	5,64	0,26	0,40

2004 RMS: recuperação de matéria seca, em %; PG: perdas por gases, em % de MS; PE: perdas por
 2005 efluentes, em kg matéria fresca t⁻¹; PT: perdas totais, em %. EPM: erro padrão médio. Sem: sem
 2006 aditivo. Aditivo 1: *L. buchneri*. Aditivo 2: benzoato de sódio. Aditivo 3: *L. buchneri* + benzoato de
 2007 sódio. Letras minúsculas diferentes na linha representam significância de P < 0,05 para uso de
 2008 aditivo (UDA). Letras maiúsculas diferentes na coluna representam significância de P < 0,05 para
 2009 abertura do silo (AS).

2010
 2011 É possível associar as menores perdas por gases com o uso do aditivo 2
 2012 com o teor de carboidratos solúveis (Tabela 3), que houve maior concentração
 2013 do mesmo nessas silagens, indicando que o teor de CHOs foi preservado,
 2014 justamente devido as menores perdas. O processo fermentativo que ocorre na
 2015 silagem é responsável por perdas nos teores de carboidratos solúveis, além de
 2016 elevar as concentrações de ácidos orgânicos e nitrogênio não proteico,
 2017 reduzindo o valor nutritivo do alimento, o qual é determinado pela digestibilidade,
 2018 sendo que esta sofre influência direta da fermentação, bem como pelo processo
 2019 de deterioração, em que o alimento deteriorado representa um risco tanto para
 2020 os animais que recebem quanto para quem o manuseia (BERCHIELLI, 2006).
 2021 Além disso, como as silagens tiveram boa acidificação (Tabela 2), já se espera
 2022 que tenham um bom conteúdo de ácido lático, que é o responsável pela maior
 2023 conservação da energia (SILVA *et al.*, 2017).

2024

2025 **3.5 Microbioma da silagem**

2026 A profundidade taxonômica dos grupos bacterianos associados a silagem
 2027 foi caracterizada pela ocorrência de 4 filos bacterianos, sendo estes
 2028 Actinobacteriota, bacteroidota, firmicutes e proteobacteria (Figura 1). Esses filos
 2029 foram divididos em 7 famílias, as quais foram Acetobacteriaceae,
 2030 Bacteroidaceae, Lactobacillaceae, Leuconostocaceae, Muribaculaceae,
 2031 Rikenellaceae e Streptococcaceae (Figura 2).

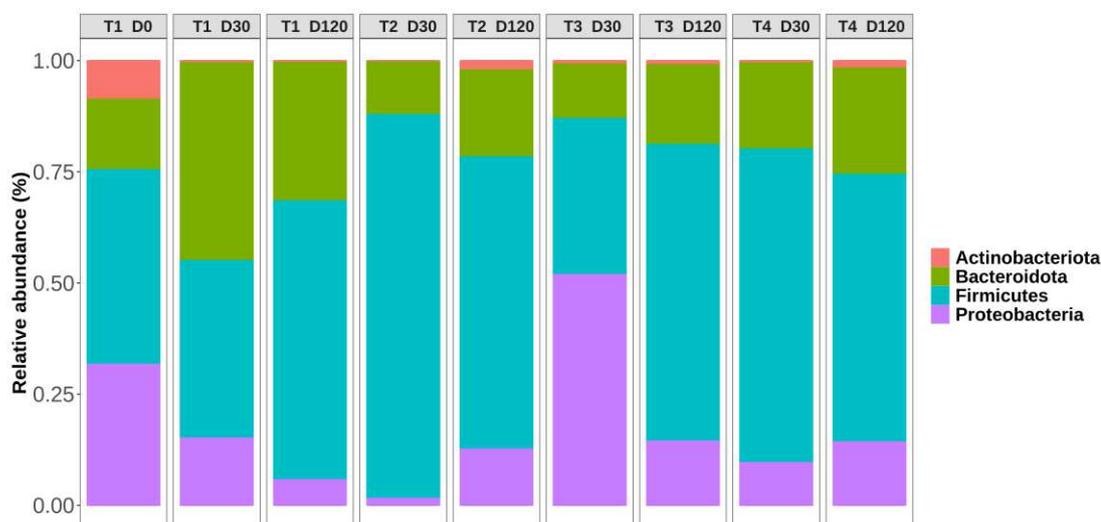
2032 Em relação aos principais gêneros de bactérias presentes na silagem
2033 (Figura 3), foi encontrado bactérias dos gêneros *Acetobacter*, *Alistipes*,
2034 *Bacteroides*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Muribaculaceae*,
2035 *Muribaculum* e *Prevotellaceae*.

2036 Na silagem sem uso de aditivo (controle), principalmente nos períodos
2037 iniciais no dia 0 e aos 30 dias de ensilagem ainda predominou vários gêneros
2038 diferentes, porém, com o passar do tempo aos 120 dias se observou uma maior
2039 predominância de determinados gêneros como é o caso do *Lactobacillus*. A
2040 incorporação de dados de diversidade complementando os estudos da
2041 microbiologia de silagens, tem sido efetivo em responder como os fatores
2042 diversos afetam a fermentação (MUCK, 2013). Os estudos de diversidade, vem
2043 acompanhando a evolução dos métodos de sequenciamento de DNA em
2044 silagens (ESTRADA, 2019).

2045 Onde houve a presença de inoculante *L. buchneri*, aditivo 1 e 3, o gênero
2046 *Lactobacilos* dominou a comunidade microbiana dentro do silo, já aos 30 dias,
2047 permanecendo até aos 120 dias de fermentação. Esse efeito foi observado
2048 principalmente em silagem inoculada com *L. buchneri*. O aditivo químico usado
2049 de forma isolada (aditivo 2), teve um efeito menos pronunciado para o
2050 desenvolvimento do gênero supracitado, porém ainda em maior quantidade,
2051 seguido do gênero *Acetobacter*. No entanto, em relação a combinação de ambos
2052 os aditivos químico e microbiano (aditivo 3) se observa novamente
2053 predominância de *Lactobacillus*.

2054 O uso de *L. buchneri* afetou a diversidade da comunidade bacteriana com
2055 predomínio de lactobacilos quando se utilizou o inoculante microbiano. Houve
2056 maior diversidade bacteriana no tratamento controle sem uso de aditivo.
2057 Segundo Estrada (2019) geralmente, é observada uma prevalência de indivíduos
2058 pertencentes ao gênero *Lactobacillus* ao longo do tempo de ensilagem, além
2059 disso ocorre diminuição do número de grupos bacterianos em silagens terminais.
2060 Em estudos realizados por Ogunade et al. (2017) analisando as sequencias
2061 provenientes do sequenciamento com ilumina, aos 120 dias de ensilagem,
2062 constataram que a silagem adicionada de inoculante microbiano *L. buchneri*
2063 resultou em menor diversidade quando comparada ao tratamento controle.

2064 Resultados semelhantes são descritos por Eikemeyer et al. (2013),
 2065 demonstrando em seus estudos que aos 14 dias de ensilagem houve uma
 2066 abundância relativa de *Lactobacillus* e *Lactococcus* em silagem inoculada e não
 2067 inoculada, no entanto em ambos os períodos o domínio do *Lactobacillus* foi mais
 2068 evidente na silagem inoculada. Tais resultados podem ser relacionados à
 2069 estabilidade aeróbia da silagem, na qual avaliada aos 90 e 120 dias, foi
 2070 observado maior aquecimento em menor tempo para o tratamento controle,
 2071 enquanto se observou um período mais prolongado de estabilidade nos
 2072 tratamentos aditivados durante esse mesmo período. Esse resultado na
 2073 estabilidade aeróbia da silagem, está relacionado ao fato de que o *L. buchneri*
 2074 por ser uma bactéria ácido láctica do gênero heterofermentativo, produz além de
 2075 ácido láctico o ácido acético como resultado do processo fermentativo. O ácido
 2076 acético possui propriedades antifúngicas resultando em diminuição da
 2077 população de microrganismos deterioradores da silagem (MUCK, 2010).
 2078

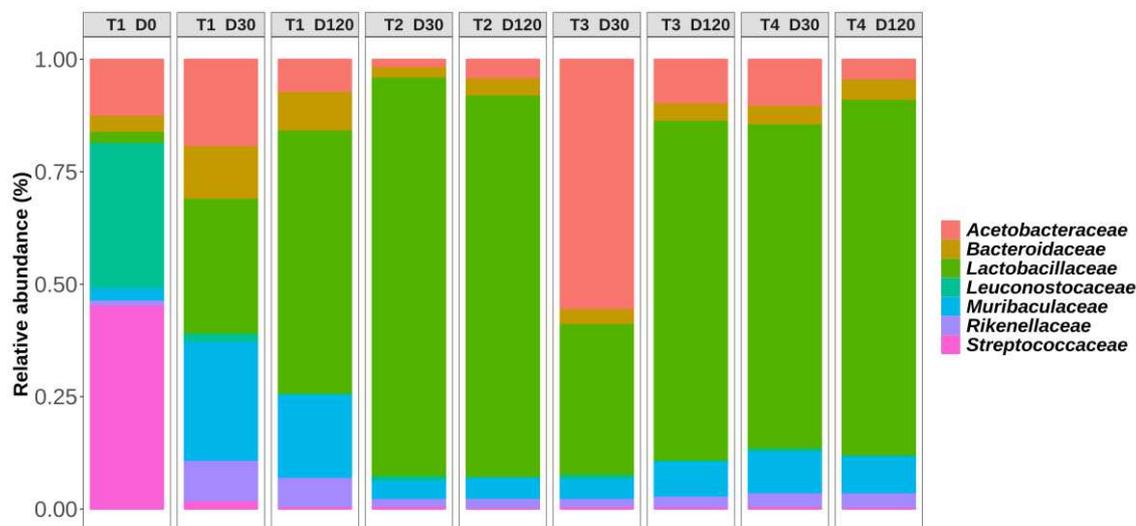


2079 **Figura 1** - Abundância relativa dos principais filos na silagem de sorgo com
 2080 aditivos químico e microbiano aos 0, 30 e 120 dias de ensilagem.

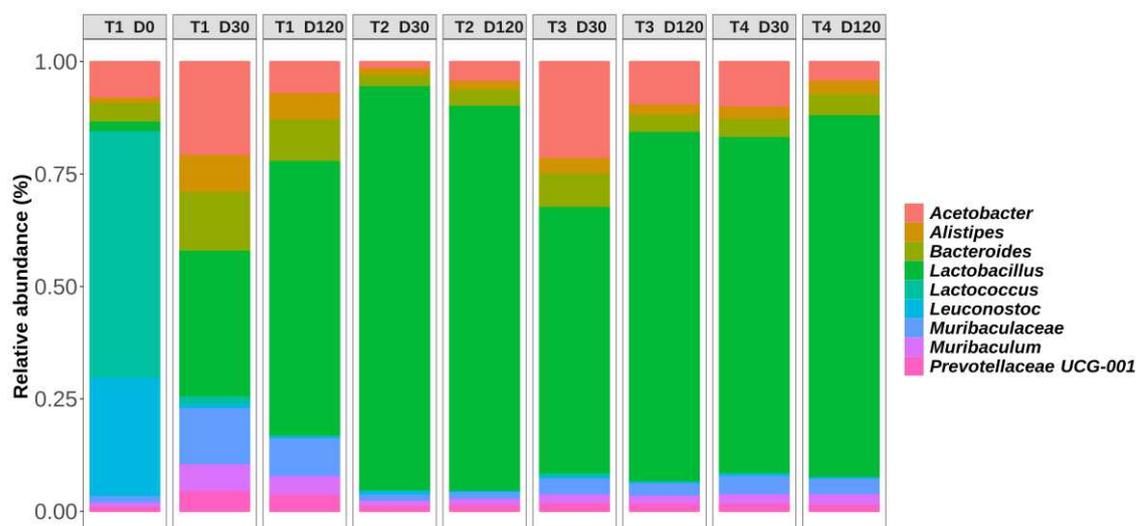
2081

2082

2083



2084 **Figura 2** - Abundância relativa das principais famílias na silagem de sorgo com
 2085 aditivos químico e microbiano aos 0, 30 e 120 dias de ensilagem.
 2086



2087 **Figura 3** - Abundância relativa dos principais gêneros na silagem de sorgo com
 2088 aditivos químico e microbiano aos 0, 30 e 120 dias de ensilagem.

2089

2090

2091

2092

2093

2094

2095

Avaliando a análise química e os parâmetros de fermentação das silagens é possível concluir que as silagens de sorgo aditivadas com a combinação de *L. buchneri* e benzoato de sódio tiveram qualidade satisfatória. A combinação de *L. buchneri* e benzoato de sódio proporcionou um maior controle na fermentação, reduziu as perdas por gases, proporcionou maior estabilidade aeróbia, elevou o teor de matéria seca para níveis mais próximos do recomendado.

2096 O uso do aditivo 3 (*L. buchneri* e benzoato de sódio) proporcionou maiores
2097 valores para MS o que pode ser importante principalmente no impedimento da
2098 proliferação de microrganismos indesejáveis.

2099 A estabilidade aeróbia aumentou nas silagens abertas aos 120 dias e um
2100 período longo de fermentação deve ser considerado. Tendo em vista a qualidade
2101 dessas silagens e a alta estabilidade aeróbia com o uso do aditivo 3 (*L. buchneri*
2102 e benzoato de sódio), elas podem trazer resultados satisfatórios em médias e
2103 pequenas propriedades quando confeccionadas em silos de pequeno porte ou
2104 até silos de maior dimensionamento e nesse caso considerar a realocação
2105 dessas silagens seria uma ótima alternativa para os produtores.

2106

2107 **4. CONCLUSÃO**

2108 A utilização do aditivo químico e inoculante microbiano (*L. buchneri* e
2109 benzoato de sódio), preservou a composição química das silagens, reduziu as
2110 perdas por gases, elevou o teor de matéria seca e melhorou satisfatoriamente a
2111 estabilidade aeróbia. Além disso, silagens de sorgo abertas aos 120 dias
2112 apresentam maior estabilidade aeróbia.

2113

2114 **5. AGRADECIMENTOS**

2115 A autora expressa gratidão pelo apoio do Núcleo de Estudos em
2116 Forragicultura (NUEFO), Grupo de estudos em forragicultura (GEF) pelo
2117 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e
2118 fundação de apoio à pesquisa do estado da Paraíba (FAPESQPB) pelo suporte
2119 financeiro.

2120

2121 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

2122 AHMED, I. A. M.; ELTILIB, A.M.A.; GANAWA, F. H.S.; ERENOGLU E. B.;
2123 ISLAM K.R. Utilization of industrial waste aqueous ammonia for irrigated forage
2124 sorghum production. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 62, n. 1, p.
2125 93-107, 2016.

2126

2127 ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Espaçamento entre fileiras e densidade de
2128 semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de Minas Gerais. **Ciência e**
2129 **Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.3, p. 494- 501, 2011

2130

- 2131 ARAÚJO, M. L. G. L. M.; PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M.; SÁ, W. C. C.
2132 S.; SILVA, K. B.; LEITE, G. M. **Ensilagem no Nordeste do Brasil: Ensilagem**
2133 **de sorgo**. 2 ed. São Luiz: EDUFMA. p169-212, 2019.
2134
- 2135 ARAÚJO, M. L. G. M. L. **Impacto da ureia no processo fermentativo da**
2136 **silagem de sorgo e o seu uso em dietas para cordeiros**. 2017. 169f. Tese
2137 (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.
2138
- 2139 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 2012.
2140 **Official methods of analysis**. 19th.ed., Gaithersburg, MD, USA, p.2610.
2141
- 2142 ÁVILA C. L. S.; CARVALHO, B. F., PINTO, J. C., DUARTE, W. F. SCHWAN, R.
2143 F. The use of *Lactobacillus* species as starter cultures for enhancing the quality
2144 of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science**, 97, 940–951, 2014.
2145
- 2146 BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**.
2147 Jaboticabal: Funep, 540 p, 2006.
2148
- 2149 BERNARDES, T. F. et al. Perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor
2150 nutritivo de silagens de capim-marandu ensilado com aditivos. **Revista**
2151 **Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1728-1736, 2008.
2152
- 2153 BERNARDES, T.F.; CHIZZOTTI, F.H.M. 2012. Technological innovations in
2154 silage production and utilization. **Revista Brasileira de Saúde e Produção**
2155 **Animal**. 13(3):629-641.
2156
- 2157 BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production
2158 and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, n. 97, p.
2159 1852-1861, 2014.
2160
- 2161 BOLSEN, K. K. et al. Effects of silage additives on the microbial succession and
2162 fermentation processo f alfafa and corn silage. **Journal of dairy Science**,v.75,
2163 p.3066-3083, 1992.
2164
- 2165 BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. L. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.;
2166 JAYME, D. G.; REIS, S. T. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte
2167 e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.
2168 9, n. 3, p. 287-297, 2010.
2169
- 2170 BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; GUIMARÃES, V.A.P; FORTALEZA, A.P.S;
2171 JUNIOR, F.L.M.; MORAES, G.J. E MEZA, D.A.R. Aerobic stability in corn silage
2172 (Zea mays L.) ensiled with different microbial additives. **Acta Scientiarum**.
2173 **Animal Sciences**. v. 39, n. 4, p. 357-362, 2017
2174
- 2175 CHIELLE. Z. G. et al. Desempenho de híbridos de sorgo silageiro no Rio
2176 Grande do Sul na safra 2011/2012. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete
2177 lagoas, v.12, n.3, p. 260-269, 2013.
2178

- 2179 CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. 2003. Assessing Silage Quality. In:
2180 BUXTON, D.R.; MUCK, R.; HARRISON, J. (Eds.). **Silage Science and**
2181 **Technology**. p.141-198.
- 2182
- 2183 CORDEIRO, JOSÉ WELLINGTON DE BARROS et al. AÇÃO COMBINADA DE
2184 ADITIVOS QUÍMICOS E MICROBIANOS SOBRE O PERFIL FERMENTATIVO
2185 E POPULAÇÕES MICROBIANAS EM SILAGENS DE SORGO. In: Anais do I
2186 Simpósio Paraibano de Conservação e Utilização de Forragens: tecnologias e
2187 inovações para a pecuária nordestina. **Anais...Areia (PB) CCA/UFPB**, 2019.
- 2188
- 2189 CUNHA, I.S. **Caracterização e análise funcional da comunidade bacteriana**
2190 **ruminal de caprinos da caatinga brasileira utilizando DNA metagenômico.**
2191 Dissertação (Mestrado em Ciências Genômicas e Biotecnologia) –
2192 Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF. P.159, 2010.
- 2193
- 2194 DANIEL, João Luiz Pratti *et al.* Production and utilization of silages in tropical
2195 areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, n. February, p. 1–13,
2196 2019.
- 2197
- 2198 CHIELLE. Z. G. et al. Desempenho de híbridos de sorgo silageiro no Rio
2199 Grande do Sul na safra 2011/2012. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete
2200 lagoas, v.12, n.3, p. 260-269, 2013.
- 2201
- 2202 DOS ANJOS, G. V. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER,
2203 K. M.; COELHO, M. M.; MICHEL, P. H. F.; JAYME, D. G. Effect of re-ensiling
2204 on the quality of sorghum silage. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 7, p.
2205 6047-6054. 2018.
- 2206
- 2207 FARIA JÚNIOR, W. G.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. A.; RAMIREZ, M.
2208 A. Silagem de sorgo para gado de leite. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.;
2209 FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ,
2210 2009. Cap. 4, p. 43-64.
- 2211
- 2212 FERREIRA, D.F. Sisvar: computer statistical analysis system. **Ciência e**
2213 **Agrotecnologia** (UFLA), v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- 2214
- 2215 FILYA, Ismail; SUCU, Ekin. The effect of bacterial inoculants and a chemical
2216 preservative on the fermentation and aerobic stability of whole-crop cereal
2217 silages. Asian-Australasian **Journal of Animal Sciences**, v. 20, n. 3, p. 378–
2218 384, 2007.
- 2219
- 2220 HANDELSMAN, J.; RONDON, M. R.; BRADY, S. F.; CLARDY, J.; GOODMAN,
2221 R. M. Molecular biological access to the chemistry of unknown soil microbes: a
2222 new frontier for natural products. **Chemistry e Biology**, v.5, n.10, p.245-249,
2223 1998.
- 2224
- 2225 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo**
agropecuário 2019. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <

- 2226 <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>>. Acesso em
2227 20 dezembro, 2020.
- 2228
2229 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climáticos 2019.**
2230 Brasília, 2010. Disponível em: <
2231 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>.
2232 Acesso em 20 Outubro, 2019.
- 2233
2234 KUNG, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review:
2235 Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages.
2236 **Journal of Dairy Science**, 101(5), p4020–4033, 2018.
- 2237
2238 LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo**
2239 **do sorgo**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho
2240 e Sorgo. Sistema de produção, 2). Disponível em:
2241 http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/clima.htm . Acesso em
2242 25 Outubro, 2019.
- 2243
2244 LEÃO G. F. M.; JOBIM C. C.; NEUMANN M.; HORST E. H.; SANTOS S. K.;
2245 VENANCIO B. J.; SANTOS L. C. Nutritional composition and aerobic stability of
2246 winter cereal silage at different storage times. **Acta Scientiarum. Animal**
2247 **Sciences**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 131-136, 2017.
- 2248
2249 LEITE, Guilherme Medeiros et al.. PROSPECÇÃO, ISOLAMENTO,
2250 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BACTÉRIAS LÁTICAS NA
2251 ENSILAGEM DE MILHETO [PENNISETUM GLAUCUM (L.) R. BR].. In: Anais
2252 do I Simpósio Paraibano de Conservação e Utilização de Forragens:
2253 tecnologias e inovações para a pecuária nordestina. Anais...Areia(PB)
2254 CCA/UFPB, 2019.
- 2255
2256 LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of
2257 procedures for nitrogenfractionation of ruminant feeds . **Animal Feed Science**
2258 **and Technology**, v 57, P. 347-358,1996.
- 2259
2260 LIMA JÚNIOR, D.M.; NASCIMENTO RANGEL, A.H.; URBANO, S.A.;
2261 OLIVEIRA, J.P.F.; MACIEL, M.V. Silagem de gramíneas tropicais não-
2262 graníferas. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.10, n.2, p.01-11,
2263 2014.
- 2264
2265 MAGALHÃES, P. C.; LAVINSKY, A. O.; SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M.; LINO,
2266 L. O. Respostas anatômicas, fisiológicas e enzimáticas em linhagens de sorgo
2267 contrastantes a seca sob estresse hídrico. **Embrapa Milho e Sorgo-Boletim**
2268 **de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2016.
- 2269
2270 McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage.**
2271 2ª ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- 2272

- 2273 MENEZES, C B; RODRIGUES, J. A. S. A cultura do sorgo granífero no Brasil:
2274 aspectos relativos à produção. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais**
2275 **de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO SORGO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA
2276 NO BRASIL: PERSPECTIVAS, 1., 2014, Sete Lagoas. Embrapa Milho e Sorgo,
2277 p. 17-23, 2014.
2278
- 2279 MERTENS DR (1994) Regulation of forage intake. **Forage quality, evaluation,**
2280 **and utilization**, n. forage quality 2: 450-493.
2281
- 2282 MICHEL, P. H. F. **Qualidade das silagens de sorgo reensiladas com e sem**
2283 **inoculante microbiano**. 2015. P. 62. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-
2284 Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, Belo Horizonte, 2015.
2285
- 2286 MICHEL, P. H. F.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.;
2287 RAPOSO, V. S.; LIMA, E. M.; SANTOS, F. P. C.; JAYME, D. G. Re-ensiling and
2288 inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionobacterium*
2289 *acidipropionic* on sorghum silages. **Grass Forage Science**. 72: p432–440,
2290 2016.
2291
- 2292 MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S; MARQUARDT, F. I. Produção e
2293 composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista**
2294 **Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, p.624-634 2013.
2295
- 2296 MORAIS, G. **A fermentação de grãos de milho reidratados influenciada**
2297 **pela aplicação de aditivos: aspectos da conservação e do valor nutritivo**
2298 **para vacas leiteiras**. 2016. 111p Tese(doutorado em ciências)- Escola
2299 Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo,
2300 Piracicaba, 2016.
2301
- 2302 MIZUBUTI, Ivone Yurika et al. Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos
2303 para animais. **Londrina: Eduel**, v. 1, 2009
2304
- 2305 MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista**
2306 **Brasileira de Zootecnia**, 39(supl spe), p183–191,2010.
2307
- 2308 MUCK, R. E.; NADEAU, E. M. G.; MCALLISTER, T. A.; CONTRERAS-GOVEA,
2309 F. E.; SANTOS, M. C.; KUNG, L. Silage review: Recent advances and future
2310 uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**, 101(5), p3980–4000,
2311 2018.
2312
- 2313 NASCIMENTO, R. R. do. **Características agrônômicas e composição**
2314 **química entre híbridos de sorgo forrageiro**. 2019. P.108 Dissertação
2315 (Mestrado em Ciencia Animal) – Universidade Federal de Campina Grande-
2316 UFCG, Patos, 2019.
2317
- 2318 NARDES, Samanta lara et al. **Produção de silagens de milho e sorgo, por**
2319 **diferentes períodos de armazenamento, com uso de inoculante composto**.

- 2320 Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pampa-
2321 UNIPAMPA, Uruguaiana, RS. P.71, 2019.
- 2322
- 2323 NEUMANN, M.; LEÃO, G.F.M.; COELHO, M.G.; FIGUEIRA, D.N.; SPADA,
2324 C.A.; PERUSSOLO, L.F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de
2325 híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 66,
2326 n.253, p. 51-58, 2017.
- 2327
- 2328 NEUMANN M.; LEÃO G. F. M., ASKEL E. J., MARAFON F., FIGUEIRA N. D.,
2329 POCZYNEK M. Sealing type effect on corn silage quality in bunker silos.
2330 **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 5, 1-6, May., 2017.
- 2331
- 2332 NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. 2011. **Metabolismo de**
2333 **carboidratos estruturais**. In: Nutrição de Ruminantes. Editores: BERCHIELLI,
2334 T.T.; A.V.; OLIVEIRA, S.G. Editora Jaboticabal: Funep.
- 2335 CAI, Y.; BENNO, Y.; OGAWA, M.; OHMOMO.; KUMAI, S.; NAKASE, T. Influence
2336 of *Lactobacillus* spp. from an Inoculant and of *Weissella* and *Leuconostoc* spp.
2337 from Forage Crops on Silage Fermentation. v. 64, n. 8, p. 2982–2987, 1998.
2338 Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC106803/>>.
2339 Acesso em: 06 JUN. 2021.
- 2340
- 2341 OLADOSU, Y.; RAFII, M. Y.; ABDULLAH, N.; MAGAJI, U.; HUSSIN, G.;
2342 RAMLI, A.; MIAH, G. Fermentation Quality and Additives: A Case of Rice Straw
2343 Silage. **BioMed Research International**, 2016, p. 1–14, 2016.
- 2344
- 2345 OLIVEIRA, A. S.; WEINBERG, Z. G.; OGUNADE, I. M.; CERVANTES, A. A. P.;
2346 ARRIOLA, K.G.; JIANG, Y.; ADESOGAN, A. T. Meta-analysis of effects of
2347 inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid
2348 bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy
2349 cows. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 6, p. 4587-4603, 2017.
- 2350
- 2351 OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.;
2352 ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho,
2353 sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39,
2354 n.1, p.61-67, 2010
- 2355
- 2356 PERAZZO, A. F.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M.; BEZERRA H. F. C.;
2357 SILVA, T. C., G. A. P.; RAMOS, R. C. S.; RODRIGUES, J. A. S. Agronomic
2358 evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid
2359 conditions. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1088, 2017.
- 2360
- 2361 PEREIRA, Odilon Gomes; AGARUSSI, Mariele Cristina Nascimento; RIBEIRO,
2362 Karina Guimarães. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO E PRODUÇÃO DE
2363 INOCULANTES PARA SILAGEM.. In: Anais do I Simpósio Paraibano de
2364 Conservação e Utilização de Forragens: tecnologias e inovações para a
2365 pecuária nordestina. **Anais...Areia(PB) CCA/UFPB**, 2019.

- 2366
2367 PLAYNE, MJ.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of
2368 silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.17, p.264-
2369 268, 1966.
- 2370
2371 QUEIROZ, O. C. M.; ARRIOLA, K. G.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T.
2372 Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage.
2373 **Journal of Dairy Science**, 96(9), p. 5836–5843, 2013.
- 2374
2375 QUEIROZ, O. C. M.; OGUNADE, I. M.; WEINBERG, Z.; ADESOGAN, A. T.
2376 Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage
2377 additives. **Journal of Dairy Science**, 101(5), p. 4132–4142, 2018.
- 2378
2379 RABELO, C. H. S., REZENDE, A. V., RABELO F. H. S., NOGUEIRA D. A.,
2380 SENEDESE, S. S., VIEIRA, P. F., BERNARDES C. L., CARVALHO, A.
2381 Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de
2382 maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológicas e digestibilidade
2383 *in vitro*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.2, p.368-373, fev, 2014.
- 2384
2385 RABELO, Carlos HS; MARI, Lucas J.; REIS, Ricardo A. Survey about the use
2386 of bacterial inoculants in Brazil: Effects on silage quality and animal
2387 performance. In: **Advances in silage production and utilization**. IntechOpen,
2388 2016.
- 2389
2390 RODRIGUES, R. C.; JESUS, A. P. R. **Sistemas integrados e agricultura**
2391 **familiar**. Teresina: HALLEY S/A.; p. 229. 2017.
- 2392
2393 RODRIGUES, J. A. S. Produção e utilização de silagem de sorgo In: Simpósio
2394 Mineiro sobre Nutrição de Gado de Leite, 5, 2007, Belo Horizonte. **Anais...Belo**
2395 **Horizonte**, 2007.
- 2396
2397 RODRIGUES, J. A. S. et al. Sorgo forrageiro para silagem, corte e pastejo.
2398 **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 50-62, jan./fev, 2012.
- 2399
2400 SÁ, W. C. C. S.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S.; PINHO, R. M. A.; PEREIRA,
2401 G. A.; CRUZ, G. F. L. **Ensilagem no Nordeste do Brasil**: Considerações
2402 gerais sobre ensilagem. 2 ed. São Luiz: EDUFMA. 87-168, 2019.
- 2403
2404 SANTANA, Liliane Pereira et al.. EFEITO DE INOCULANTE MICROBIANO NO
2405 PH E NA ESTABILIDADE AERÓBIA DA SILAGEM DE MILHETO
2406 [Pennisetum glaucum (L.) R. BR]. In: Anais do I Simpósio Paraibano de
2407 Conservação e Utilização de Forragens: tecnologias e inovações para a
2408 pecuária nordestina. **Anais...Areia (PB) CCA/UFPB**, 2019.
- 2409
2410 SANTOS, R. D. et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for
2411 silage production in the lower middle San Francisco Valley. **Acta Scientiarum.**
2412 **Animal Sciences**, v.35 n.1, p.13-19, 2013.

- 2413
- 2414 SANTOS, E.M.; ZANINE, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium**
2415 **Agrariae**, v.2, n.1, p.32-45, 2006.
- 2416
- 2417 SCHONELL. E.; MORAIS, G; SILVA, J; *et al.* Effects of chemical and microbial
2418 additives on the conservation of reconstituted sorghum grain silage. In: **Anais...**
2419 XVII international silage conference, Piracicaba, 2015.
- 2420
- 2421 SCHÖNELL, Evandro Paulo. **Silagem de grãos de sorgo reconstituídos para**
2422 **vacas leiteiras: efeitos da conservação da silagem e respostas de**
2423 **aditivos**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- 2424
- 2425 SEPPÄLÄ, A.; HEIKKILÄ, T.; MÄKI, M.; RINNE, M. Effects of additives on the
2426 fermentation and aerobic stability of grass silages and total mixed rations.
2427 **Grass and Forage Science**, 71(3), p. 458–471, 2016.
- 2428
- 2429 SILVA, Mábio Silvan José da et al. Production technology and quality of corn
2430 silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. **Revista Brasileira de**
Zootecnia, v. 44, n. 9, p. 303-313, 2015.
- 2431
- 2432 SNIFFEN, C. J.; OCONNOR, A. C.; VAN SOEST, P. J. et al. A net
2433 carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: Carbohydrate and
protein availability. **Journal of Animal Science**, v 70, p. 3562-3577, 1992.
- 2434
- 2435 TOLENTINO D. C.; RODRIGUES J. A. S.; PIRES D. A. A.; VERIATO F. T.,
2436 LIMA L. O. B.; MOURA M. M. A. The quality of silage of different sorghum
2437 genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 38, n. 2, p. 143-
149, 2016.
- 2438
- 2439 VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca:
Comstock Publishing. Associates, 1994. 476p.
- 2440
- 2441 VENTURINI, Tiago et al. **Caracterização da silagem do sorgo forrageiro AGRI**
2442 **002E e utilização na alimentação de bovinos**. 2019.
- 2443
- 2444 VERIATO, F. T. et al. Fermentation characteristics and nutritive values of
sorghum silages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 40,2018.
- 2445
- 2446 VITORINO, O.C.L. **Micotoxinas na alimentação e na saúde animal e**
2447 **humana**. 2012. P.77. Dissertação (Mestrado em Engenharia Zootécnica) –
Universidade dos Açores, Açores. 2012.
- 2448
- 2449 WEINBERG, Z.G.; KHANAL, P.; YILDIZ, C.; CHEN, Y.; ARIELI, A. Ensiling
2450 fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages.
2451 **Grassland Science**, 57, 46–50, 2011.
- 2452
- 2453 YITBAREK, M. B.; TAMIR, B. Silage Additives: Review. **Journal of Applied**
Sciences, Chicago, v.4, p.258-274, Apr., 2014.

- 2454 ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos
2455 em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de
2456 animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. sespecial, 2009.
2457
- 2458 SANTIN, T. P., FRIGERI, K. D. M., AGOSTINI, A., DA SILVA, H. R., FRIGERI,
2459 K. D. M., KALLES, N. Z., ... e DIAS, A. M. (2020). Características fermentativas
2460 e composição química da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) com uso de
2461 aditivos absorventes. **Brazilian Journal of Development**, 6(8), 54931-54943.
2462
- 2463 MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. 1991. The biochemistry of
2464 silage. 2.ed. Marlow: Chalcombe.
2465
- 2466 OLIVEIRA, R.P.; FRANÇA, A.F.S.; MIYAGI, E.S.; SILVA, A.G.; CARVALHO,
2467 E.R.; PERÓN, H.J.M.C. 2010. Production and composition of anatomical
2468 fractions of four sorghum hybrids under nitrogen dosages. **Revista Brasileira de**
2469 **Saúde e produção Animal** 11:570-580.
2470
- 2471 PERAZZO, A. F. et al. Agronomic Evaluation of Sorghum Hybrids for Silage
2472 Production Cultivated in Semiarid Conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8,
2473 n. June, p. 1–8, 2017.
2474
- 2475 OLIVEIRA, C. A. e MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and
2476 management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal**
2477 **Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64–75, 2014.
2478
- 2479 DANIEL, J. L. P. et al. Production and utilization of silages in tropical areas with
2480 focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 2, p. 188–200, 2019.
2481
- 2482 SANTOS, A. P. M. DOS et al. Effects of urea addition on the fermentation of
2483 sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range and Forage**
2484 **Science**, v. 35, n. 1, p. 55–62, 2018.
2485
- 2486 NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M.V.; UENO, R. K.;
2487 REINERH, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens.
2488 **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.187-195, 2010.
2489
- 2490 ÁVILA, C.L.S.; SCHWAN, R.F.; PINTO, J.C. et al. Potential use of native
2491 microorganisms strains of forage for silage production. In: INTERNATIONAL
2492 SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, São
2493 Pedro. Proceedings... Piracicaba: Fealq, 2011. p.25-44.
2494
- 2495 ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; SCHWAN, R. F.;
2496 PEREIRA, O. G.; MORAIS, A. R. D. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-
2497 mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de**
2498 **Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-787, 2009.
2499
- 2500 TABACCO, E., F. RIGHI, A. QUARANTELLI, AND G. BORREANI. 2011. Dry
2501 matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum

- 2502 silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. **J. Dairy Sci.**
2503 94:1409-1419
- 2504
- 2505 FILYA, I., E. SUCU, AND A. KARABULUT. 2004. The effect of *Propionibacterium*
2506 *acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation
2507 anaerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. **J. App. Microbiol.**
2508 97:818- 826.
- 2509
- 2510 VERIATO, F. T., et al. Fermentation characteristics and nutritive values of
2511 sorghum silages. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 40, e34458,
2512 2018.
- 2513