

DAIANA LOPES LELIS

**PRODUÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU SOB
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO, TRATADAS COM INOCULANTES
MICROBIANOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Fernanda Helena Martins Chizzotti

Coorientadores: Domingos Sávio Campos Paciullo
Odilon Gomes Pereira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L541p
2021

Lelis, Daiana Lopes, 1991-
Produção de silagens de capim-elefante BRS Capiacu sob
diferentes estratégias de manejo, tratadas com inoculantes
microbianos / Daiana Lopes Lelis. – Viçosa, MG, 2021.
1 tese eletrônica (138 f.): il.

Orientador: Fernanda Helena Martins Chizzotti.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Zootecnia, 2021.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.239>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Forragem. 2. Rebrotas. 3. Fermentação. 4. Valor nutritivo.
I. Chizzotti, Fernanda Helena Martins, 1977-. II. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.2

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

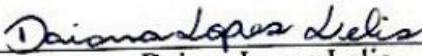
DAIANA LOPES LELIS

**PRODUÇÃO DE SILAGENS DE CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU SOB
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO, TRATADAS COM INOCULANTES
MICROBIANOS**

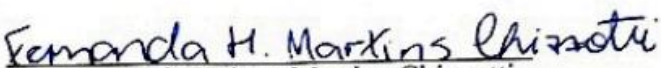
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 29 de setembro de 2021.

Assentimento:



Daiana Lopes Lelis
Autora



Fernanda Helena Martins Chizzotti
Orientadora

A Deus pela minha vida e saúde.

Ao meu pai Edézio (*in memoriam*), minha eterna saudade e gratidão.

A minha mãe Maria do Carmo pelo incondicional amor, cuidado e ser minha base.

A minha avó Tereza (*in memoriam*) pelas orações e pelos ensinamentos de força e fé.

Ao meu esposo Lucas pelo incentivo, paciência e companheirismo.

As minhas irmãs Karina e Poliana pelo carinho e cumplicidade.

Aos meus sobrinhos Isabela, Júlia e Pedro, por serem luz e alegria na minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por me dar forças para seguir sempre em frente.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pelo acolhimento desde o início da minha formação acadêmica.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)- Gado de Leite pela oportunidade e auxílio durante o experimento de campo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro e me conceder a bolsa de estudo.

À Capes, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Professora Dra. Fernanda Helena Martins Chizzotti pela orientação e ensinamentos durante todos os anos que estive sob sua orientação.

Ao pesquisador Dr. Domingos Sávio Campos Paciullo pela coorientação, oportunidades concedidas e todo empenho e comprometimento para realização deste trabalho.

Ao pesquisador Dr. Mirton José Frota Morenz pela imensa ajuda durante todo o trabalho, por toda paciência, competência e aceitar o convite como membro da banca.

Ao professor Dr. Odilon Gomes Pereira pela coorientação, contribuições e todo suporte fornecido.

Aos demais pesquisadores da Embrapa Gado de leite, Dr. Carlos Augusto de Miranda Gomide, Dr. Fernando César Ferraz Lopes e Dr. Jackson Silva e Oliveira, pelos conhecimentos e por sempre estarem presentes durante a condução do experimento.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Leite, por tornarem os dias de experimento mais felizes e contribuírem para que o trabalho fosse realizado da melhor forma possível. Em especial, ao Sr. Mariano, Diogo, Jonas, Léo, Dona Deusa, Binha, Reginaldo, Evandro, Gilberto, Vicente, Sr. Moreira, José do Carmo, Rubens, Betinho, Luizinho e Verônica.

Aos colegas Embrapianos pela ajuda e pelos momentos de descontrações, em especial a Jaciara Diavão, Natália Ávila, Patrícia Rodrigues, Conrado Trigo, Abias Severo, Vanessa Teixeira, Samuel Pardim e Eduardo Moreira.

Aos amigos da UFV pelos incentivos e experiências compartilhadas, em especial a Cássia Freitas, Marina Lima, Amana Obolari, Vanessa Paula, Aureana Lisboa, Priscila Valote, Igor Bretas, Wagner Sousa, Alberto Macêdo, Tâmara Chagas, João Roseira, Danielle Coutinho, Albert dos Anjos, Felipe Pimentel, Johnnatan Gonçalves e Rafael Lelis.

Ao meu pai Edézio (*in memoriam*) e a minha mãe Maria do Carmo pelo amor e apoio incondicional durante toda minha vida.

As minhas irmãs Karina e Poliana e meus cunhados Thiago e Alexander pela amizade e cumplicidade de sempre.

Ao meu esposo Lucas pelo companheirismo, apoio e por sempre acreditar em mim.

As minhas sobrinhas Isabela e Júlia por tornarem tudo mais leve durante essa jornada.

A minha segunda família, Silvério, Shirley, Stella e Walla, pelos incentivos e momentos felizes de descontrações.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, recebam meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Daiana Lopes Lelis, filha de Edézio José Lelis e Maria do Carmo Lopes Lelis, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, em 04 de março de 1991.

Em julho de 2015, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

Em agosto de 2015 ingressou no Mestrado em Zootecnia, no curso de Pós-Graduação em Zootecnia, pela UFRV, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, submetendo-se à defesa da dissertação em julho de 2017.

Em agosto de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Zootecnia, na área de Forragicultura e Pastagens, pela mesma instituição, submetendo-se à defesa da Tese em setembro de 2021.

RESUMO

LELIS, Daiana Lopes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2021. **Produção de silagens de capim-elefante BRS Capiagu sob diferentes estratégias de manejo, tratadas com inoculantes microbianos.** Orientadora: Fernanda Helena Martins Chizzotti. Coorientadores: Domingos Sávio Campos Paciullo e Odilon Gomes Pereira.

Para a composição da tese foram preparados três capítulos que consistiram em estudos de diferentes estratégias de manejo e inoculantes microbianos sobre as características agronômicas, de valor nutritivo e de perfil fermentativo do capim-elefante BRS Capiagu. **Capítulo 1-** objetivou-se definir a melhor combinação de manejo com base nas características agronômicas e de valor nutritivo do capim-elefante BRS Capiagu, em quatro idades de rebrota- I (75, 90, 105, 120 dias) e em duas alturas de resíduo- A (10 e 50 cm), ao longo de quatro ciclos de produção- C. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com medidas repetidas no tempo (C). Houve efeito da interação C x I para as proporções dos componentes lâmina foliar, colmo, forragem senescente e para a relação lâmina foliar:colmo. Em geral, foi observado elevação das proporções de colmo e forragem senescente e redução da proporção de lâmina foliar e da relação lâmina foliar:colmo, com o aumento das idades de rebrota. Além disso, maior proporção de lâminas foliares e maior relação lâmina foliar:colmo, foram observadas com a maior altura de resíduo. A massa verde (MV) e a massa seca (MS) de forragem colhida, apresentaram efeito da interação C x I x A, sendo que, foi observado em geral, para as duas alturas de resíduo, aumentos nas massas em função da elevação das idades de rebrota, em todos os ciclos de produção. Houve efeito da interação C x I para os teores de MS, MM, PB, FDN, lignina e DIVFDN, sendo que, com a elevação das idades de rebrota, aumentos nos teores de MS, FDN e de lignina e reduções na MM, PB e na DIVFDN foram observados. Houve também efeito da interação C x A para os teores de MS, MM e lignina, sendo que, os maiores teores de MS e MM e o menor teor de lignina foram observados com a altura de resíduo de 50 cm. Os teores de FDN e CHOs solúveis foram superiores na gramínea com a menor altura de resíduo. Os teores de NIDA e a DIVMS apresentaram efeito da interação C x I x A. Em geral, nas duas alturas de resíduo e em todos os ciclos, observamos aumento nos teores de NIDA e redução na DIVMS com a elevação das idades de rebrota. **Capítulo 2-** objetivou-se definir a melhor combinação de manejo, representada por quatro idades de rebrota (75, 90, 105, 120 dias) e duas alturas de resíduo (10 e 50 cm) do capim-elefante BRS Capiagu, com base na MV e MS de forragem colhida e em

características de valor nutritivo e de perfil fermentativo de suas silagens. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. A MV e MS de forragem colhida, apresentaram efeito quadrático em relação ao aumento das idades de rebrota, com valores mínimos estimados no intervalo das idades de 75 a 90 dias. A elevação das idades de rebrota da gramínea, impactou em aumentos lineares nos teores de MS e FDN na forragem e silagens, bem como no teor de lignina nas silagens. Reduções lineares foram observadas para a DIVMS, DIVFDN em função do aumento das idades de rebrota. Maiores teores de PB, DIVMS e DIVFDN foram observados na forragem e silagens para a altura de resíduo de 50 cm. No geral, reduções lineares nas frações solúveis e aumentos lineares das frações B2 e C da PB foram observadas com elevação das idades de rebrota, assim como, a menor altura de resíduo apresentou menor proporção das frações solúveis e maior da fração C. Em relação aos ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico, α -linolênico e ácidos graxos totais avaliados, foi observado que as menores idades de rebrota, bem como o corte na maior altura de resíduo, proporcionaram os maiores teores. Todas as silagens apresentaram bom padrão fermentativo, com poucas diferenças entre si. Houve efeito da interação I x A para o ácido propiônico, que apresentou reduções lineares em função do aumento das idades de rebrota nas duas alturas de resíduo. Redução linear também foi observado no teor de nitrogênio amoniacal com o aumento das idades de rebrota. Em contrapartida, houve aumento linear na recuperação da MS em função da elevação das idades de rebrota. O manejo da cultivar BRS Capiçu com idade de rebrota de 105 dias e com altura de resíduo de 10 cm, possibilitou maior equilíbrio entre a massa de forragem colhida e as características de valor nutritivo de suas silagens. **Capítulo 3-** objetivou-se avaliar o efeito da adição de inoculantes microbianos sobre o valor nutritivo e o perfil fermentativo de silagens de capim-elefante BRS Capiçu aos 90 e 110 dias de rebrota. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (5 inoculantes- In e 2 idades- Id), com três repetições. Os inoculantes avaliados foram: Controle; KeraSil; Sil-All®; SiloMax Centurium e Yakult®. Os inoculantes microbianos comerciais foram inoculados à forragem de acordo com as recomendações dos fabricantes. O Yakult foi diluído na dose de 8 ml L⁻¹ de água e para aplicação seguiu a relação de 10L ton⁻¹ de MN. Houve efeito de interação In x Id sobre os teores de MS, MM, FDN, DIVMS e DIVFDN. Maiores teores de MS e maiores DIVMS e DIVFDN foram observadas nas silagens tratadas com KeraSil e SiloMax para a idade de 90 dias. Maior DIVMS também foi observada na silagem tratada com Kerasil em comparação ao controle na idade de 105 dias. Houve efeito da interação In x Id sobre os valores de pH, ácido acético,

relação ácido láctico:ácido acético e CHOs solúveis residuais. As silagens tratadas com KeraSil apresentaram menor pH e ácido acético e maior relação ácido láctico:ácido acético e CHOs solúveis residuais em comparação à silagem controle em ambas as idades de rebrota. O maior e menor teor de nitrogênio amoniacal foram observados nas silagens tratadas com Yakult e KeraSil, respectivamente. As respostas dos inoculantes microbianos comerciais não foram muito consistentes, mas, proporcionaram melhorias em alguns aspectos do valor nutritivo e do perfil fermentativo das silagens de capim-elefante BRS Capiáçu, com destaque para o inoculante Kerasil.

Palavras-chave: Altura de resíduo. Forragem colhida. Idade de rebrota. Perfil fermentativo. Valor nutritivo.

ABSTRACT

LELIS, Daiana Lopes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2021. **Production of elephant grass cv Capiaçú silages under different management strategies, treated with microbial inoculants.** Adviser: Fernanda Helena Martins Chizzotti. Co-advisers: Domingos Sávio Campos Paciullo and Odilon Gomes Pereira.

For the composition of the thesis, three chapters were prepared which consisted of studies of different management strategies and microbial inoculants on agronomic characteristics, nutritive value and fermentation profile of elephant grass cv Capiaçú. **Chapter 1-** The objective was to define the best combination of management based on the agronomic characteristics and nutritional value of the elephant grass cv Capiaçú, at four regrowth ages- A (75, 90, 105, 120 days) and at two heights of residue- H (10 and 50 cm), over four production cycles- C. The experimental design was a randomized complete block, in a 4 x 2 factorial scheme, with repeated measures over time (C). There was an effect of the C x A interaction for the proportions of the components leaf blade, stem, senescent forage and for the leaf blade:stem ratio. In general, an increase in the proportions of stem and senescent forage and a reduction in the proportion of leaf blade and in the leaf blade:stem ratio were observed, with the increase in regrowth ages. Furthermore, a higher proportion of leaf blades and a higher leaf blade:stem ratio were observed with the highest residue height. The green mass (GM) and the dry mass (DM) of harvested forage showed an effect of the interaction C x A x H, and it was observed, in general, for the two residue heights, increases in the masses as a function of the increase in age regrowth, in all production cycles. There was an effect of the C x A interaction for the contents of DM, MM, CP, NDF, lignin and IVNDFD, and with the increase in regrowth ages, increases in the contents of DM, NDF and lignin and reductions in MM, CP and in IVNDFD were observed. There was also an effect of the C x H interaction for the DM, MM and lignin contents, and the highest DM and MM contents and the lowest lignin content were observed with the residue height of 50 cm. The contents of NDF and WSC were higher in the grass with the lowest residue height. The ADIN and IVDMD contents showed an effect of the C x A x H interaction. In general, in the two residue heights and in all cycles, we observed an increase in the ADIN contents and a reduction in the IVDMD with the increase in the regrowth ages. **Chapter 2-** The objective was to define the best management combination, represented by four regrowth ages (75, 90, 105, 120 days) and two residue heights (10 and 50 cm) of the elephant grass cv Capiaçú, based on the GM and DM of harvested forage and characteristics of nutritive

value and fermentation profile of their silages. The experimental design was a randomized complete block, in a 4 x 2 factorial scheme, with three replications. The GM and DM of harvested forage showed a quadratic effect in relation to the increase in regrowth ages, with minimum values estimated in the range of ages from 75 to 90 days. The increase in grass regrowth ages impacted linear increases in DM and NDF contents in forage and silages, as well as in lignin content in silages. Linear reductions were observed for IVDMD, IVNDFD as a function of increasing regrowth ages. Higher contents of CP, IVDMD and IVNDFD were observed in forage and silages to the residue height of 50 cm. In general, linear reductions in soluble fractions and linear increases in B2 and C fractions of CP were observed with increasing grass regrowth ages, as well as the lower residue height showed a lower proportion of soluble fractions and a higher proportion of fraction C. In relation to acids palmitic, stearic, oleic, linoleic, α -linolenic and total fatty acids evaluated, it was observed that the lowest regrowth ages, as well as the cut at the highest residue height, provided the highest contents. All silages showed a good fermentation pattern, with few differences between them. There was an effect of the A x H interaction for propionic acid, which presented linear reductions as a function of the increase in regrowth ages in the two residue heights. Linear reduction was observed in the ammonia nitrogen content with increasing regrowth ages. On the other hand, there was a linear increase in DM recovery as a function of the increase in regrowth ages. The management of the cultivar BRS Capiçu with regrowth age of 105 days and with a residue height of 10 cm, allowed a better balance between the harvested forage mass and the nutritive value characteristics of its silages. **Chapter 3-** The objective was to evaluate the effect of the addition of microbial inoculants on the nutritive value and fermentation profile of cv Capiçu elephant grass silages at 90 and 110 days of regrowth. The experimental design was completely randomized, in a 5 x 2 factorial scheme (5 inoculants- In and 2 ages- Id), with three replications. The evaluated inoculants were: Control; KeraSil; Sil-All®; SiloMax Centurium and Yakult®. Commercial microbial inoculants were inoculated to forage according to the manufacturers' recommendations. Yakult was diluted at a dose of 8 ml L⁻¹ of water and for application followed the ratio of 10L ton⁻¹ of GM. There was an In x Id interaction effect on the DM, MM, NDF, IVDMD and IVNDFD contents. Higher DM contents and higher IVDMD and IVNDFD were observed in the silages treated with KeraSil and SiloMax for the age of 90 days. Higher IVDMD was also observed in Kerasil-treated silage compared to control at the age of 105 days. There was an effect of the In x Id interaction on pH, acetic acid, lactic acid:acetic acid and residual WSC. Silages treated with KeraSil had lower pH and acetic acid and higher lactic acid:acetic

acid and residual WSC compared to control silages at both regrowth ages. The highest and lowest contents of ammonia nitrogen were observed in the silages treated with Yakult and KeraSil, respectively. The responses of commercial microbial inoculants were not very consistent, but they provided improvements in some aspects of the nutritive value and fermentation profile of the elephant grass cv Capiacu silages, with emphasis on the inoculant Kerasil.

Keywords: Fermentative profile. Harvested forage. Nutritional value. Regrowth age. Residue height.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO I- CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU EM DIFERENTES IDADES DE REBROTA E ALTURAS DE RESÍDUO	21
RESUMO	21
1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1. Área experimental	25
2.2. Delineamento experimental e tratamentos	26
2.3. Avaliações agronômicas	27
2.4. Valor nutritivo	28
2.5. Análise estatística	29
3. RESULTADOS	29
3.1. Avaliações agronômicas	29
3.2. Valor nutritivo	38
4. DISCUSSÃO	47
5. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57
CAPÍTULO II- MASSA DE FORRAGEM COLHIDA, VALOR NUTRITIVO E PERFIL FERMENTATIVO DO CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU ENSILADO EM DIFERENTES IDADES DE REBROTA E ALTURAS DE RESÍDUO	63
RESUMO	63
1. INTRODUÇÃO	65
2. MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1. Área experimental	68
2.2. Delineamento experimental e tratamentos	69
2.3. Corte, ensilagem do capim e abertura dos silos	69
2.4. Valor nutritivo	71
2.5. Perfil de ácidos graxos	72
2.6. Perfil fermentativo e recuperação de matéria seca	73
2.7. Quantificação das populações microbianas	74
2.8. Análise estatística	75

3. RESULTADOS.....	75
3.1. Massa de forragem colhida.....	75
3.2. Valor nutritivo.....	76
3.3. Perfil dos ácidos graxos.....	84
3.4. Perfil de fermentação e recuperação de matéria seca.....	87
3.5. Populações microbianas.....	89
4. DISCUSSÃO.....	90
5. CONCLUSÃO.....	101
REFERÊNCIAS.....	102
CAPÍTULO III- EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES INOCULANTES MICROBIANOS SOBRE O VALOR NUTRITIVO E O PERFIL FERMENTATIVO DE SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU.....	108
RESUMO.....	108
1. INTRODUÇÃO.....	110
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	112
2.1. Área experimental.....	112
2.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	114
2.3. Inoculantes comerciais.....	114
2.4. Ensilagem.....	115
2.5. Valor nutritivo.....	116
2.6. Perfil fermentativo.....	117
2.7. Análise estatística.....	118
3. RESULTADOS.....	118
3.1. Caracterização do capim antes da ensilagem.....	118
3.2. Valor nutritivo das silagens.....	119
3.3. Perfil fermentativo.....	123
4. DISCUSSÃO.....	126
5. CONCLUSÃO.....	133
REFERÊNCIAS.....	134

INTRODUÇÃO GERAL

Os sistemas intensivos de produção, utilizam a suplementação volumosa durante todo o ano, em sistemas confinados, ou no período de escassez de forragem, em sistemas de produção a pasto. A principal forma de conservação de forragem para suplementação volumosa é por meio da produção de silagem. Muck e Harrison (2003) conceituaram silagem como o produto da fermentação de forragens úmidas, pelas bactérias lácticas principalmente, que atuam em condições anaeróbias, resultando na produção de ácidos orgânicos e, conseqüente, redução do pH do meio. Nessas condições, o crescimento de microrganismos indesejáveis, como fungos, leveduras e bactérias capazes de utilizar os carboidratos da forragem é prejudicado, e assim, ocorre a preservação da biomassa ensilada.

O milho é a principal cultura para produção de silagem, devido a sua boa produtividade, alinhado ao seu teor de matéria seca (MS), bom valor nutritivo e teor de carboidratos solúveis que permitem bom perfil fermentativo da silagem (Oliveira et al., 2010). No entanto, a oscilação dos preços de insumos agrícolas, como, sementes, fertilizantes e defensivos, tem resultado no aumento do custo de produção da cultura, sendo apontado pelos produtores como um fator que pode comprometer a viabilidade econômica dos sistemas de produção. Além do aspecto econômico, o risco climático, decorrente de déficits hídricos cada vez mais frequentes e mais longos, constitui outro fator que pode concorrer para prejuízos significativos à cultura do milho.

Com o objetivo de reduzir os custos de produção e evitar perdas acentuadas decorrentes das variações climáticas, a ensilagem de capins de clima tropical, principalmente de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), aparece como importante alternativa para suplementação volumosa. Estas forrageiras se destacam por sua elevada produção de biomassa, chegando a produzir até 50 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de MS e podendo apresentar bom valor nutritivo quando bem manejadas (Pereira et al., 2017). Apresentam, ainda, o ciclo vegetativo perene, possibilitando vários cortes ao ano, facilidade de cultivo e uma boa aceitabilidade pelos

animais. Como a produção de forragem predomina no período chuvoso, surge à necessidade de conservar esse excedente de produção de biomassa para posterior uso no período seco do ano, e o processo de ensilagem é o mais promissor (Daniel et al., 2019).

No entanto, capins de clima tropical apresentam baixo teor de MS, alta capacidade tampão e baixo teor de carboidratos solúveis nos estádios de crescimento que apresentam equilíbrio entre boa produção e bom valor nutritivo, o que pode prejudicar sua capacidade fermentativa (Evangelista et al., 2004). Além disso, normalmente apresentam reduzido número de bactérias produtoras de ácido láctico (Santos et al., 2006). Essas características podem dificultar o processo de fermentação da silagem (Kung Jr et al., 2018), podendo levar a ineficiência da conservação da biomassa ensilada, com surgimento de fermentações secundárias, resultando em maiores perdas de MS. Aliado a isso, silagens de capins em geral, apresentam menor teor energético, em comparação às silagens de milho ou sorgo, com uma média de nutrientes digestíveis totais de 50% (Siqueira & Bernardes, 2013), o que pode resultar em maior necessidade de suplementação concentrada para atender as exigências dos animais de produção.

Em 2015, a Embrapa Gado de leite lançou a cultivar de capim-elefante BRS Capiaçú, com o objetivo de oferecer alternativa de baixo custo para suplementação volumosa. A BRS Capiaçú é um clone obtido do cruzamento entre os acessos Guaco IZ2 (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57) pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma – BAGCE. A cultivar se destacou principalmente pelo elevado potencial de produção de biomassa de bom valor nutritivo, podendo ser utilizada na forma de silagem ou picado verde fornecido no cocho (Pereira et al., 2017). A elevada produção de biomassa contribui significativamente para a redução nos custos de produção. A produção de MS por corte, estimada por Pereira et al. (2016), foi de 5,1 t ha⁻¹, aos 50 dias; 13,3 t ha⁻¹ aos 70 dias; 17,5 t ha⁻¹ aos 90 dias; e 22,5 t ha⁻¹ aos 110 dias. Além disso,

segundo os mesmos autores, apresenta boa resistência ao estresse hídrico e características da rebrota que podem favorecer o processo de ensilagem.

Como se trata de uma cultivar relativamente nova, ainda são escassas as informações básicas sobre o manejo estratégico da planta forrageira, nas mais diversas condições edafoclimáticas e ao longo dos ciclos de produção da cultura. São essenciais as informações sobre as características agronômicas, químicas, fermentativas e microbianas, para confirmar suas potencialidades e conhecer suas limitações, visando otimizar a eficiência de utilização para produção de silagem.

Existem na literatura poucos estudos sobre as variações nas características químicas e fermentativas da gramínea de acordo com seu estágio de maturidade (Monção et al., 2019; Lopes et al., 2021). Faltam avaliações básicas de altura de resíduo ideal para colheita das plantas, estratégia que terá relação direta com a relação lâmina foliar:colmo, o teor de MS e com a composição química da biomassa ensilada. Faltam também mais pesquisas a respeito da utilização de aditivos ou inoculantes microbianos no processo de ensilagem da cultura. Amaral et al. (2020) mostraram que a inoculação da silagem de BRS Capiáçu com diferentes bactérias lácticas, apresentou resultados promissores para melhorarias no perfil fermentativo e no aumento da recuperação de MS.

Nesse sentido, objetivamos com esse estudo avaliar diferentes estratégias na ensilagem do capim-elefante BRS Capiáçu, sendo o trabalho dividido em três experimentos sequencias, com os seguintes objetivos específicos:

- I- Avaliar a massa de forragem colhida e o valor nutritivo do capim-elefante BRS Capiáçu, submetido a diferentes idades de rebrota e alturas de resíduo, ao longo de ciclos de produção, para definir a melhor combinação idade de rebrota/altura de resíduo da gramínea;

- II- Avaliar a massa de forragem colhida, o valor nutritivo, o perfil de ácidos graxos, o perfil fermentativo e a população microbiana da cultivar BRS Capiáçu e suas silagens, submetido em diferentes idades de rebrota e alturas de resíduos, para definir a melhor combinação idade de rebrota/altura de resíduo do capim para produção de silagem;
- III- Avaliar o efeito da adição de diferentes inoculantes microbianos sobre o valor nutritivo e o perfil fermentativo de silagens de capim-elefante BRS Capiáçu.

As informações geradas contribuirão para complementar os ajustes no manejo de corte e na utilização de inoculantes para ensilagem do capim-elefante BRS Capiáçu.

Os Capítulos foram formatados de acordo com as normas da revista Grass and Forage Science.

REFERÊNCIAS

- Amaral, R. C., Carvalho, B. F., Costa, D. M., Morenz, M. J. F., Schwan, R. F. & da Silva Ávila, C. L. (2020). Novel lactic acid bacteria strains enhance the conservation of elephant grass silage cv. BRS Capiaçú. *Animal Feed Science and Technology*, 264, 114472. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114472>
- Daniel, J. L. P., Bernardes, T. F., Jobim, C. C., Schmidt, P. & Nussio, L. G. (2019). Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, 74, 188-200. <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>
- De Lima, J. A., Evangelista, A. R., & do Solo, P. (2001). *Silagem de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum)*. Lavras: Editora UFLA.
- Evangelista, A. R., Abreu, J. D., Amaral, P. D., Pereira, R. C., Salvador, F. M., & Santana, R. A. V. (2004). Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 28, 446-452. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000200027>
- Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J. & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal Dairy Science*, 101, 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Lopes, F. C. F., Morenz, M. J. F., da Silva Ledo, F. J., da Costa Carneiro, J., Paciullo, D. S. C., Andrade, P. J. M. & de Moraes, C. T. (2021). Chemical composition and fatty acid profile of BRS Capiaçú ensiled at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 42, 1981-2004. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1981>
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., de Sales, E. C. J., Leal, D. B., da Silva, M. F. P. & Júnior, V. R. R. (2020). Productivity and nutritional value of BRS Capiaçú grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region.

Tropical Animal Health and Production, 52(1), 235-241.
<https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>

Muck, R. E., & Harrison, J. (2003). *Silage science and technology*. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy.

Pereira, A. V., Ledo, F. D. S., Morenz, M. J. F., Leite, J. L. B., Brighenti, A. M., Martins, C. E., & Machado, J. C. (2016). BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. *Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico*.

Pereira, A. V., Ledo, F. J. D. S. & Machado, J. C. (2017). BRS Kurumi and BRS Capiaçú- New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 59-62. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>

Oliveira, L. B., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P., Ribeiro, L. S. O., Almeida, V. V., Peixoto, C. A. M. (2010). Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 61-67.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>

Santos, E. M., & de Moura Zanine, A. (2006). Silagem de gramíneas tropicais. In *Colloquium Agrariae*, 2, 32-45. <https://doi.org/10.5747/ca.2006.v02.n1.a21>

Siqueira, R. G. & Bernardes, T. F. (2013). *Culturas destinadas à ensilagem*. Livro: Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. 1º edição, Jaboticabal- SP.

CAPÍTULO I- CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU EM DIFERENTES IDADES DE REBROTA E ALTURAS DE RESÍDUO

RESUMO

Objetivou-se definir a melhor combinação de manejo do capim-elefante BRS Capiaçú, em quatro idades de rebrota (75, 90, 105, 120 dias) e em duas alturas de resíduo (10 e 50 cm), ao longo de quatro ciclos, sobre as características de altura da planta, a composição morfológica, a proporção de perfilhos aéreos e basais, a massa de forragem colhida e o valor nutritivo da forragem. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2 (4 idades- I e 2 alturas- A), com medidas repetidas no tempo (ciclos- C). Foi observado efeito da interação C x I para a altura da planta e para as proporções dos componentes lâmina foliar, colmo, forragem senescente, bem como para a relação lâmina foliar:colmo. Em geral, foi observado elevação da altura e das proporções de colmo e forragem senescente com o aumento das idades de rebrota da gramínea. A proporção de lâmina foliar e a relação lâmina foliar:colmo em contrapartida, foram decrescendo em função da elevação das idades de rebrota. Além disso, maior proporção de lâminas foliares e a maior relação lâmina foliar:colmo, foram observadas com a altura de resíduo de 50 cm, já a proporção de colmo, foi maior na altura de resíduo de 10 cm. A proporção de perfilhos aéreos e basais, a massa verde e a massa seca de forragem colhida, apresentaram efeito da interação C x I x A. Os valores máximos estimados para a proporção de perfilhos aéreos, foram sempre maiores na altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm e o oposto foi observado para a proporção de perfilhos basais. Para a massa verde e massa seca de forragem colhida, observamos em geral, para as duas alturas de resíduo, aumentos nas médias em função da elevação das idades de rebrota da gramínea, sendo as médias sempre superiores na menor altura de resíduo. Para as variáveis de valor nutritivo, observamos efeito da interação C x I para o teor de MS, MM, PB, FDNcp, lignina,

CHOs solúveis e DIVFDN. Em geral, com a elevação das idades de rebrota da gramínea, aumentos nos teores de MS, FDNcp e de lignina e reduções na MM, PB e na DIVFDN foram observados. Observamos também efeito da interação C x A para os teores de MS, MM e lignina, sendo que, entre os ciclos que foram observadas diferenças, o maior teor de MS e MM foi observado na altura de resíduo de 50 cm, já o teor de lignina apresentou-se mais elevado no resíduo de 10 cm. Os teores de FDNcp e CHOs solúveis da forragem apresentaram efeito isolado da altura de resíduo, com os maiores teores no menor resíduo. A lignina e a DIVFDN apresentaram também efeito da interação I x A, sendo que, nas duas alturas de resíduo e com a elevação das idades de rebrota, houve aumento no teor de lignina e redução na DIVFDN. O teor de NIDA e a DIVMS apresentaram efeito da interação C x I x A. Em geral, nas duas alturas de resíduo, observamos aumento no teor de NIDA e redução na DIVMS em função da elevação das idades de rebrota da gramínea dentre os ciclos. O manejo da cultivar BRS Capiáçu com idade de rebrota de 105 dias e com altura de resíduo de 10 cm, possibilitou relação de maior equilíbrio entre a massa de forragem colhida e as características de valor nutritivo da forragem.

Palavras-chave: Composição química. Digestibilidade. Forragem colhida. Perfilhamento. Relação lâmina foliar:colmo.

1. INTRODUÇÃO

A produção das forrageiras de clima tropical é fortemente influenciada por fatores climáticos, apresentando sazonalidade ao longo do ano agrícola, sendo que, no geral, tem-se alta oferta de forragem no período chuvoso do ano e baixa produção no período mais seco. Além da variação na disponibilidade de massa de forragem, a composição morfológica e química dessas forrageiras também sofre influência de fatores climáticos (Fernandes et al., 2007).

Em adição a isso, o manejo que a cultura é submetida tem forte relação com suas características produtivas e qualitativas. Nesse sentido, é ideal que se promova a colheita das plantas no período de alta produção de forragem, aliado ao seu bom valor nutritivo, para potencializar a eficiência de utilização do volumoso pelo animal. A utilização de capins de clima tropical para produção de silagem é uma alternativa interessante para contornar o problema de sazonalidade produtiva e evitar as perdas de valor nutritivo decorrentes das variações climáticas ao longo do ano, com possibilidade de redução dos custos de produção (Pereira et al., 2017).

A cultivar de capim-elefante BRS Capiçu (*Pennisetum purpureum* Schum.) vêm ganhando destaque dentre os demais capins, por apresentar elevada produção de massa seca (MS) de forragem, chegando a produzir até 50 toneladas de MS em três cortes ao ano, aliado a um bom valor nutritivo, boa resistência ao estresse hídrico e características de rebrota que podem favorecer o processo de ensilagem (Pereira et al., 2016).

Estudos avaliando a cultivar para a produção de silagem foram realizados, com a planta forrageira sendo submetida a diferentes idades de rebrota (Pereira et al., 2016; Monção et al., 2019; Monção et al., 2020). De forma geral, observa-se elevação na produtividade e no teor de MS da gramínea com o aumento da idade de rebrota. Mas, em contrapartida, observa-se diminuição no valor nutritivo com o avançar de sua maturidade, com redução significativa da

digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), dos teores de proteína bruta (PB) e dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e aumento dos constituintes fibrosos. No trabalho de Leal et al. (2020) foram observadas correlações positivas da produção de MS do BRS Capiacu com os teores de MS e de fibra e correlações negativas com os teores de PB, matéria mineral (MM) e DIVMS, confirmando a relação inversa entre produtividade e qualidade da planta forrageira.

A cultivar BRS Capiacu apresenta predominantemente perfilhamento basal em sua rebrotação (Pereira et al., 2016), sendo que os perfilhos basais propiciam rebrotação mais rápida e vigorosa da planta, em comparação aos perfilhos aéreos (Pereira et al., 2013). Isto pode permitir a manipulação de uma altura de resíduo da gramínea que beneficie seu valor nutritivo, ou seja, a planta pode ser colhida a uma altura de resíduo maior do solo, favorecendo uma maior relação lâmina foliar:colmo e não refletindo em aumentos da proporção de perfilhos aéreos.

No trabalho de Figueira et al. (2016), a elevação da altura de resíduo do capim-elefante cv. Pioneiro resultou em maior relação lâmina foliar:colmo, o que favoreceu a redução nas frações fibrosas e aumento nos teores de PB na forragem, trazendo melhorias acentuadas no valor nutritivo da forragem colhida. Porém, essa estratégia de manejo deve ser avaliada juntamente com o rendimento forrageiro.

Não existem ainda estudos científicos que demonstrem o efeito das diferentes idades de rebrota em combinação com diferentes alturas de resíduo sobre o desempenho do capim-elefante BRS Capiacu ao longo de ciclos de produção. Desta forma, hipotetizou-se que as idades de rebrota e as alturas de resíduo, ou suas interações, afetam as características agrônômicas e o valor nutritivo, do BRS Capiacu durante os ciclos de produção. Objetivou-se com este estudo definir a combinação idade de rebrota/altura de resíduo da gramínea, que promova a melhor relação entre a massa de forragem colhida e valor nutritivo, para a produção de silagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

O estudo foi realizado no Campo Experimental José Henrique Brusqui, pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil, durante o período de dezembro de 2018 a março de 2020. A altitude média da área experimental é de 410 m (21°33'22"S, 43°06'15"O). Os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizada a 300 m da área experimental (Figura 1). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico), com estação seca (outono–inverno) e estação chuvosa (primavera–verão), bem definidas.

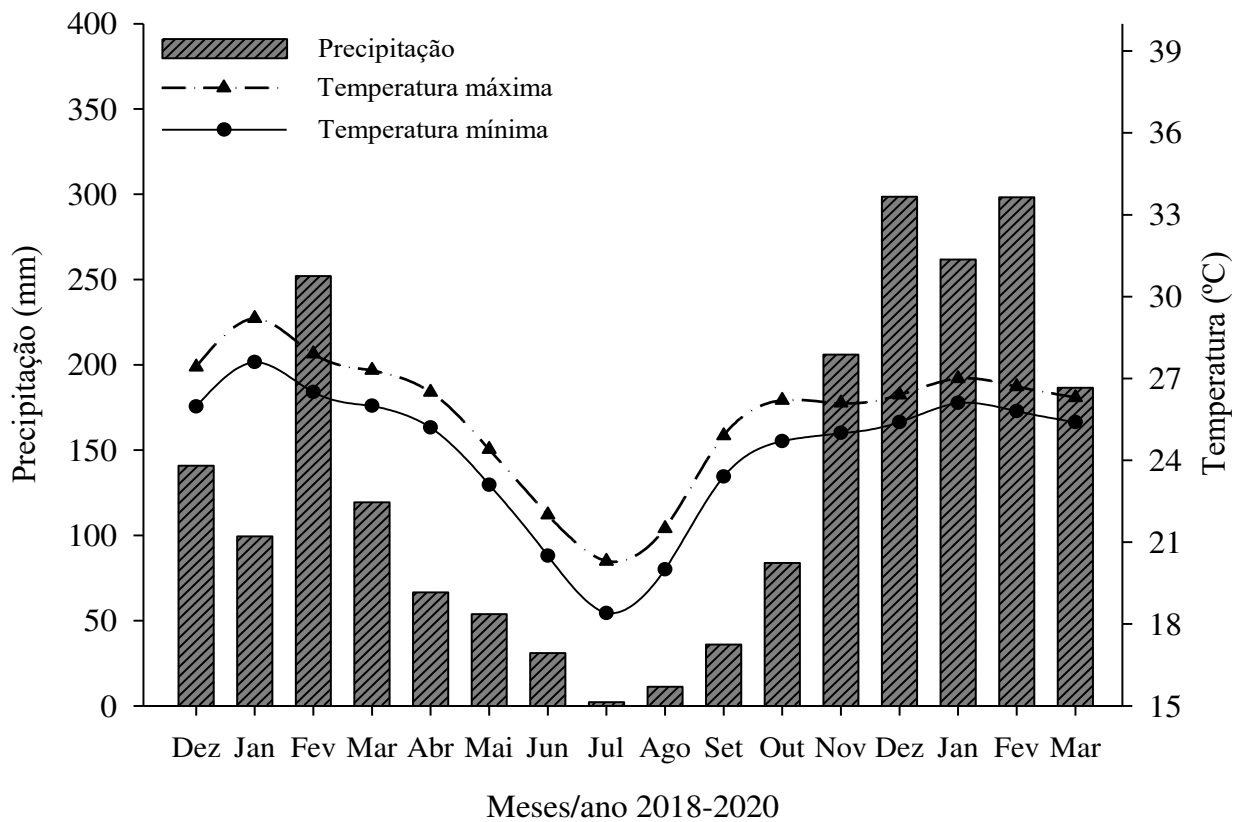


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) durante o período experimental.

O solo da área é do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico com textura argilosa (Embrapa, 2013). Para caracterização química do solo foi feita a amostragem na camada de 0-20 cm de profundidade. Os valores médios das análises químicas do solo para os blocos 1, 2 e 3 foram, respectivamente: pH (água) 4,5; 4,8 e 4,5; fósforo (Mehlich-1) 38,2; 16,8 e 31,8 mg dm⁻³; potássio 42; 25 e 32 mg dm⁻³; cálcio 1,20; 1,77 e 1,23 cmol_c dm⁻³; magnésio 0,55; 0,89 e 0,52 cmol_c dm⁻³; alumínio 0,2; 0,2 e 0,2 cmol_c dm⁻³; H + Al 5,94; 4,95 e 6,60 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V) 23,8; 35,5 e 21,7 %; e matéria orgânica 2,42; 2,15 e 2,28 dag kg⁻¹.

O plantio da cultivar BRS Capiaçú foi realizado em uma área de aproximadamente 500 m², em novembro de 2017, em sulcos de 20-30 cm de profundidade, com espaçamento de 1,00 m entre si. A adubação de estabelecimento foi baseada nos resultados de análise do solo, sendo utilizados corretivos e fertilizantes, quando necessário. Foi realizada adubação fosfatada, distribuída no fundo dos sulcos, na base de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Quando as plantas atingiram a altura média de 50 cm, foram aplicados, a lanço, 1200 kg ha⁻¹ano⁻¹ da fórmula NPK 20-05-20.

Em dezembro de 2018, foi realizado o corte de uniformização das plantas nas parcelas experimentais de acordo com os tratamentos e iniciou-se o período de avaliação. Para as adubações de manutenção da capineira, foram aplicados, durante o período experimental, 300 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 20-05-20, divididos e distribuídos após cada corte das parcelas.

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, atribuídos em função das diferenças na fertilidade de solo e declividade da área, em esquema fatorial 4 x 2, com medidas repetidas no tempo (ciclo). Os tratamentos foram constituídos por quatro idades de rebrota do capim-elefante BRS Capiaçú (75, 90, 105, 120 dias) e por duas alturas de resíduo (10 e 50 cm), distribuídos em 24 parcelas, de 20 m², e área útil a ser colhida em cada parcela de 9 m², ao longo de quatro ciclos.

2.3. Avaliações agronômicas

As alturas das plantas foram monitoradas a cada corte, usando uma régua graduada de 5 m de altura, em dois pontos representativos das parcelas. Os cortes foram realizados, conforme as idades preconizadas, manualmente com auxílio de um facão de lâmina de aço, nas devidas alturas de resíduo, onde, cada corte representou um ciclo de produção. Para todas as avaliações, foram considerados os quatro primeiros ciclos de cada idade de rebrota.

Os quatro ciclos ocorreram nos meses de fevereiro, maio, julho e outubro do ano de 2019, para a gramínea com idade de rebrota de 75 dias; março, junho, setembro e dezembro para a idade de rebrota de 90 dias; março, julho, outubro de 2019 e fevereiro de 2020 para a idade de 105 dias e em abril, agosto, dezembro de 2019 e março de 2020 para a idade de rebrota de 120 dias.

Em cada ciclo foi colhida uma amostra de três perfilhos, representativos de cada parcela, a qual foi encaminhada ao laboratório para a separação dos componentes morfológicos: lâmina foliar, colmo + bainha foliar e forragem senescente. Essas porções depois de separadas e picadas com tesouras de poda, foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas, sendo, em seguida, novamente pesadas para estimativa de suas proporções na planta.

A estimativa da proporção de perfilhamento aéreo e basal da capineira foi realizada pela contagem dos perfilhos, em duas touceiras de cada parcela. Essas touceiras foram selecionadas visualmente por representarem a condição média do dossel. Adotou-se o critério de realizar as contagens na semana de realização do corte das parcelas, para que todos os novos perfilhos apresentassem tamanhos suficientes para sua identificação e contagem.

Após cada corte, todo o material dentro da área útil de 9 m² foi pesado, para obtenção da massa verde de forragem colhida. Logo após, o capim foi picado em máquina forrageira estacionária em partículas de aproximadamente 8 mm. Amostras do capim verde picado de cada

parcela foram encaminhadas ao laboratório, onde foram primeiramente pesadas e depois levadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas, para estimação da matéria seca ao ar (ASA). Com base nesses dados, foi estimada a massa de forragem colhida por hectare, na base da massa verde (MV ha⁻¹) e na massa seca (MS ha⁻¹), a cada ciclo de produção.

2.4. Valor nutritivo

Amostras pré-secas, foram moídas em moinho de facas, com peneira de 1 mm de porosidade. As amostras moídas foram utilizadas para a determinação dos teores de MS (método INCT-CA G-003/1), MM (método INCT-CA M-001/1), PB (método INCT-CA N-001/1), fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}; método INCT-CA F-002/1), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA; método INCT-CA N-005/1) e lignina (método INCT-CA F-005/1), de acordo com Detmann et al. (2012).

O ensaio da DIVMS foi realizado conforme a metodologia proposta pela ANKOM Daisy Incubator (Ankom® Technology Corporation, Fairport, NY) e descrita por Holden (1999), com exceção da solução tampão, que foi utilizada de acordo com o proposto por McDougall (1948). O material foi incubado (0,5 g de amostra) utilizando-se filter bags de tecido não tecido (TNT - 100 g m⁻² de 4 × 4,5 cm). O inóculo ruminal foi obtido de três touros, fistulados no rúmen. A dieta dos animais foi composta por cana-de-açúcar e concentrado comercial, com a relação volumoso:concentrado de 80:20 com base na MS. Os animais foram adaptados à dieta padrão por 15 dias previamente ao início das coletas. Após 48 horas, os bags foram retirados, lavados e submetidos à análise de FDN (Detmann et al., 2012), para estimação da DIVMS verdadeira e da digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN).

Amostras de capim fresco picado foram retiradas e armazenadas em sacos plásticos limpos e identificados e imediatamente congeladas a -20°C, para posterior análise de carboidratos solúveis em água (CHOs solúveis). No momento da análise, as amostras foram

descongeladas em temperatura ambiente. Um extrato aquoso foi obtido a partir de 25 g da amostra de capim em 225 mL de água destilada por 1 minuto em liquidificador industrial. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro Whatman 54 (Whatman, Florham, NJ) e acidificado com solução de ácido sulfúrico 1:1. As determinações das concentrações de CHOs solúveis foram feitas de acordo com metodologia descrita por Nelson et al. (1944).

2.5. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise para verificação da distribuição da normalidade dos resíduos (Shapiro Wilk, $p < 0,10$). Posteriormente, os dados originais ou transformados (quando necessário) foram analisados utilizando o procedimento para modelos mistos do PROC MIXED SAS (v.9.0), considerando-se como efeitos fixos idade de corte, altura de resíduo e ciclo, bem como suas interações, e como efeitos aleatórios, bloco e erro experimental. A escolha da matriz de covariância foi realizada com base no Critério de Informação de Akaike-AIC (Wolfinger, 1993). As médias foram comparadas pela diferença mínima significativa de Fischer, usando a opção PDIFF do comando LSMEANS, para a variável altura de resíduo, análise de regressão para a idade corte e o teste de Tukey, para a variável ciclo. Para todas as análises, a significância foi declarada adotando-se $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. Avaliações agronômicas

Para a variável altura das plantas, foi observado apenas efeito da interação ciclo x idade de rebrota (C x I; $P < 0,0001$; Figura 2a). Aumentos lineares foram observados para a altura das plantas, em resposta à elevação da idade de rebrota de 75 para 120 dias, nos ciclos 1, 2 e 4 ($P < 0,0001$), com aumentos de 58% (2,47 vs. 3,92 m), 54% (2,30 vs. 3,53 m) e 272% (1,01 vs. 3,75 m), respectivamente. Já para o ciclo 3, houve efeito quadrático da altura em relação as idades de rebrota ($P < 0,0001$), com altura mínima estimada de 0,98 m, na idade de 93 dias. Não foi

observado efeito das alturas de resíduo ($P = 0,3816$). A altura média das plantas no momento do corte foi de 2,70 m.

Em relação aos componentes morfológicos, foi observado para a proporção de lâminas foliares, efeito da interação C x I ($P < 0,0001$; Figura 2b). Reduções lineares na proporção de lâminas foliares foram observados nos ciclos 1 e 2 ($P < 0,0001$), em função do aumento das idades de rebrota. As reduções na proporção de lâminas foram da ordem de, 43% no ciclo 1 (40,8 vs. 23,1%) e 39% no ciclo 2 (45,0 vs. 27,2%). Já para os ciclos 3 e 4, observou-se efeito quadrático para a variável ($P < 0,0001$) em relação as idades de rebrota. No ciclo 3, a máxima proporção de lâminas foliares foi de 64% aos 97 dias de rebrota, e no ciclo 4, a mínima proporção estimada foi de 30%, aos 110 dias. Houve também efeito da interação ciclo x altura de resíduo (C x A; $P = 0,0135$). Maiores proporções foliares foram observadas na altura de resíduo de 50 cm, em comparação a de 10 cm, para o ciclo 1 ($P < 0,0001$; 36,1 vs. 27,9 %), ciclo 2 ($P = 0,0040$; 37,1 vs. 32,6%) e ciclo 4 ($P = 0,0184$; 47,1 vs. 42,4%). Para o ciclo 3, não foi observado efeito das alturas de resíduo ($P = 0,3654$), sendo observada proporção de lâmina foliar média de 47,5%.

A proporção de colmos apresentou efeito da interação C x I ($P < 0,0001$; Figura 2c), com aumento linear à medida que se elevou as idades de rebrota, no ciclo 1 ($P < 0,0001$), 20% de aumento (57,3 vs. 68,5%). Já para os ciclos 2, 3 e 4, houve efeito quadrático para a proporção de colmos em relação as idades de rebrota ($P < 0,0001$). Os valores máximos estimados foram de 66% aos 113 dias de rebrota, no ciclo 2, e de 61%, aos 110 dias de rebrota, no ciclo 4. Para o ciclo 3, a proporção mínima estimada de colmo foi de 33% aos 98 dias de rebrota. Houve efeito isolado das alturas de resíduo para a proporção de colmos ($P < 0,0001$). Maior proporção foi observada com resíduo de 10 cm (57,5%), em comparação a 50 cm (52,2%).

A relação lâmina foliar:colmo apresentou efeito da interação C x I ($P < 0,0001$; Figura 2d), além do efeito isolado das alturas de resíduo ($P = 0,0016$). Foi observada redução linear

com o aumento das idades de rebrota, no ciclo 1 ($P < 0,0001$), redução de 53% (0,73 vs. 0,34). Para os ciclos 2, 3 e 4, observou-se efeito quadrático em função das idades de rebrota ($P = 0,0011$; $P < 0,0001$; $P < 0,0001$, respectivamente). Os valores mínimos estimados nos ciclos 2 e 4 foram de 0,16 e 0,20, nas idades de 120 e 108 dias, respectivamente. No ciclo 3, foi estimada relação lâmina foliar:colmo máxima de 2,09, aos 97 dias. Além disso, maior relação lâmina foliar:colmo foi observada na altura de resíduo de 50 cm, em comparação a altura de 10 cm (1,02 vs. 0,79).

A proporção de forragem senescente apresentou efeito apenas da interação C x I ($P < 0,0001$; Figura 2e). Efeitos quadráticos da proporção em relação as idades de rebrota foram observadas no ciclo 1 ($P = 0,0417$), ciclo 2 ($P < 0,0001$), ciclo 3 ($P = 0,0037$) e ciclo 4 ($P < 0,0001$). As proporções máximas estimadas foram de 8,69%, aos de 120 dias, no ciclo 1 e de 9,99%, aos 109 dias, no ciclo 4. As proporções mínimas foram de 3,18%, aos 96 dias de rebrota, no ciclo 2, e de 2,05%, aos 83 dias, no ciclo 3. Não apresentou efeito isolado das alturas de resíduo ($P = 0,1837$), sendo observada proporção de forragem senescente média de 5,36%.

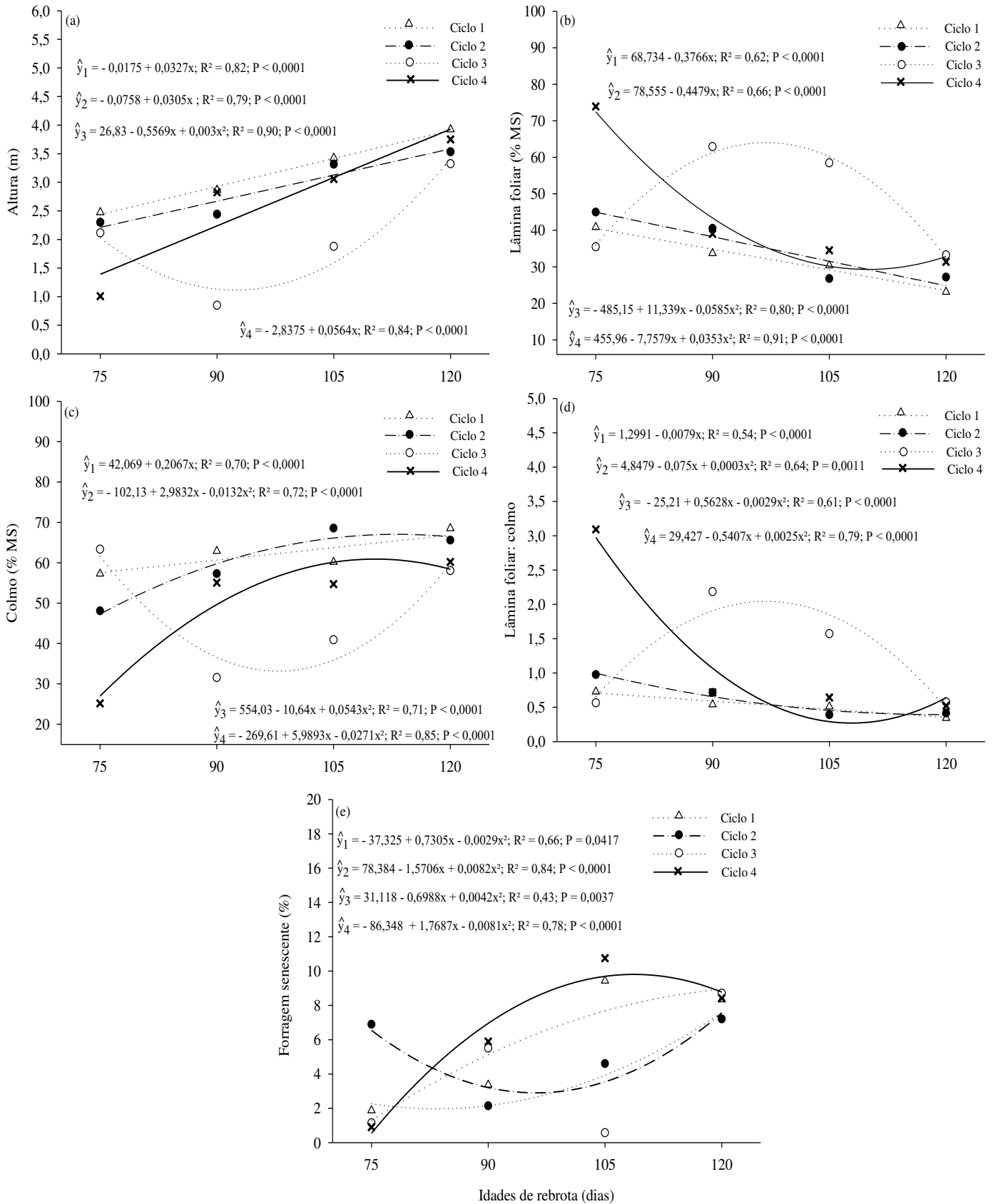


Figura 2. (a) altura (m); (b) lâmina foliar; (c) colmo; (d) relação lâmina foliar:colmo; (e) forragem senescente (% na MS) do capim-elefante BRS Capiáçu, submetido a diferentes idades de rebrota (dias), ao longo de quatro ciclos de produção.

A proporção de perfilhos aéreos apresentou efeito da interação ciclo x idade de rebrota x altura de resíduo (C x I x A; $P < 0,0001$; Figura 3). No ciclo 1 observou-se efeito quadrático da proporção dos perfilhos em função das idades de rebrota, na altura de resíduo de 10 cm ($P = 0,0498$) e de 50 cm ($P = 0,0169$). As proporções mínimas estimadas foram de 65%, aos 102 dias, para o resíduo de 50 cm e de 36%, aos 103 dias, para o resíduo de 10 cm. Para o ciclo 2 foi observado efeito quadrático da proporção em função das idades de rebrota na altura de 10 cm ($P < 0,0001$), com valor máximo estimado de 42%, aos 95 dias de rebrota. Não foi observado efeito da idade sobre a proporção de perfilhos aéreos, com resíduo de 50 cm ($P > 0,05$), apresentando média de 29%. No ciclo 3, foi observado efeito quadrático para a proporção de perfilhos aéreos em resposta à idade de rebrota nas duas alturas de resíduo ($P < 0,0001$). As proporções máximas estimadas foram de 84%, aos 87 dias, para o resíduo de 50 cm, e de 57%, aos 92 dias, para o resíduo de 10 cm. Para o ciclo 4, o efeito quadrático também foi observado em função das idades de rebrota, em ambas alturas de resíduo ($P < 0,0001$ e $P = 0,0011$, para altura de 10 e 50 cm, respectivamente). Os valores mínimos estimados foram de 45% aos 102 dias, para o resíduo de 50 cm, e de 10%, aos 99 dias de rebrota, no resíduo de 10 cm.

A proporção de perfilhos basais também apresentou efeito da interação C x I x A ($P < 0,0001$; Figura 4). No ciclo 1, efeitos quadráticos foram observados em função das idades de rebrota, independentemente da altura de resíduo ($P = 0,0498$ e $P = 0,0169$, para as alturas de 10 e 50 cm, respectivamente). As proporções máximas estimadas foram de 65%, aos 103 dias, no resíduo de 10 cm, e de 35%, aos 102 dias de rebrota, no resíduo de 50 cm. No ciclo 2, não foi observado efeito da idade sobre a proporção de perfilhos aéreos, com resíduo de 50 cm ($P > 0,05$), com média de 30%. Já para o resíduo de 10 cm, foi observado efeito quadrático em função das idades de rebrota ($P < 0,0001$), com valor mínimo estimado de 57%, aos 95 dias de rebrota. No ciclo 3, efeito quadrático foi observado entre as idades de rebrota nas duas alturas de resíduo ($P < 0,0001$), com valores mínimos estimados de 43%, aos 92 dias, no resíduo de 10

cm, e de 16%, aos 87 dias de rebrota, no resíduo de 50 cm. Para o ciclo 4, o efeito quadrático foi observado em função das idades de rebrota no resíduo de 10 cm ($P < 0,0001$) e de 50 cm ($P = 0,0011$). Proporções máximas estimadas de 90%, aos 99 dias de rebrota, para o resíduo de 10 cm e de 55%, aos 102 dias, no resíduo de 50 cm.

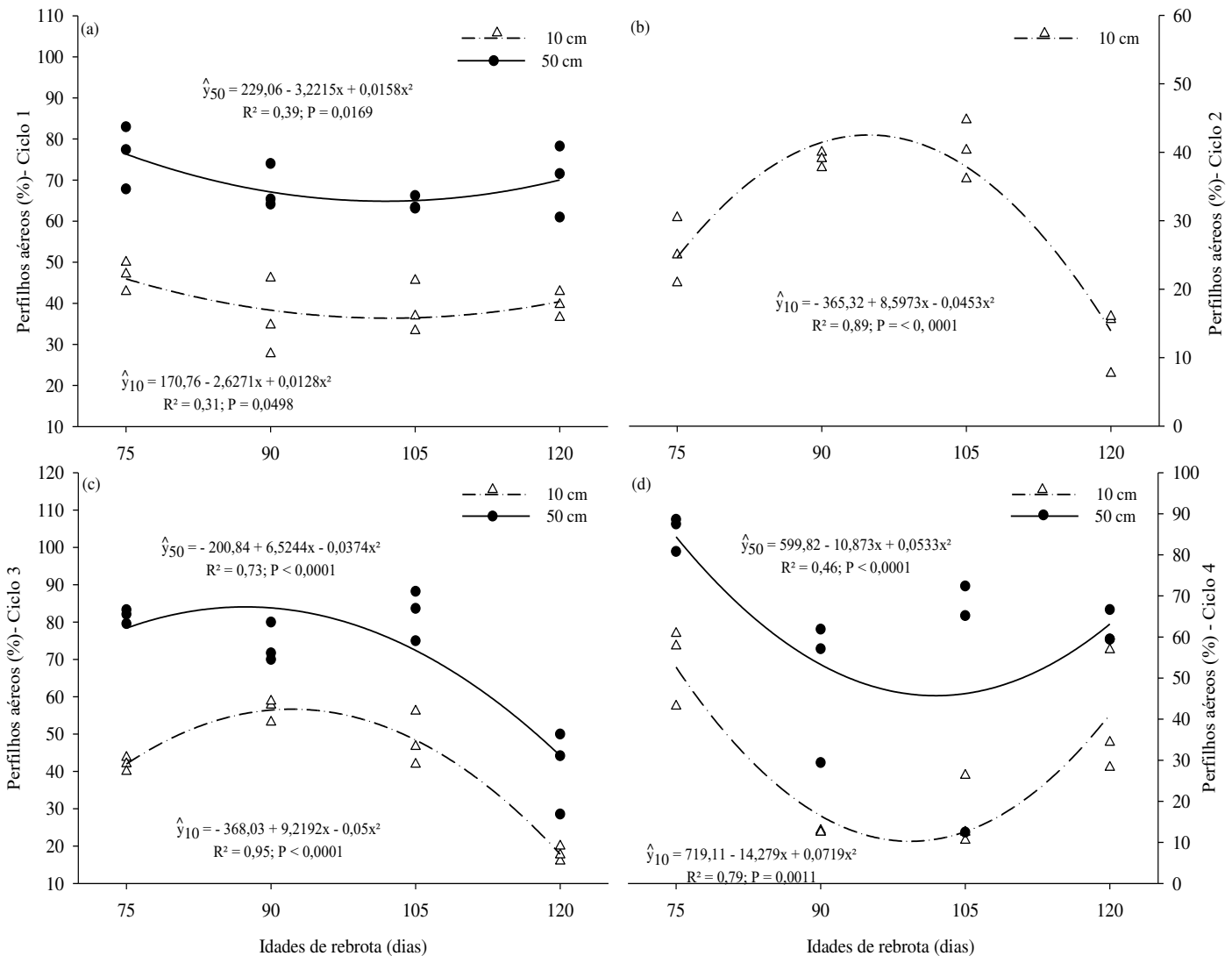


Figura 3. Proporção de perfilhos aéreos (%) do capim-elefante BRS Capiçau, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm), ao longo de quatro ciclos de produção: (a) ciclo 1; (b) ciclo 2; (c) ciclo 3; (d) ciclo 4.

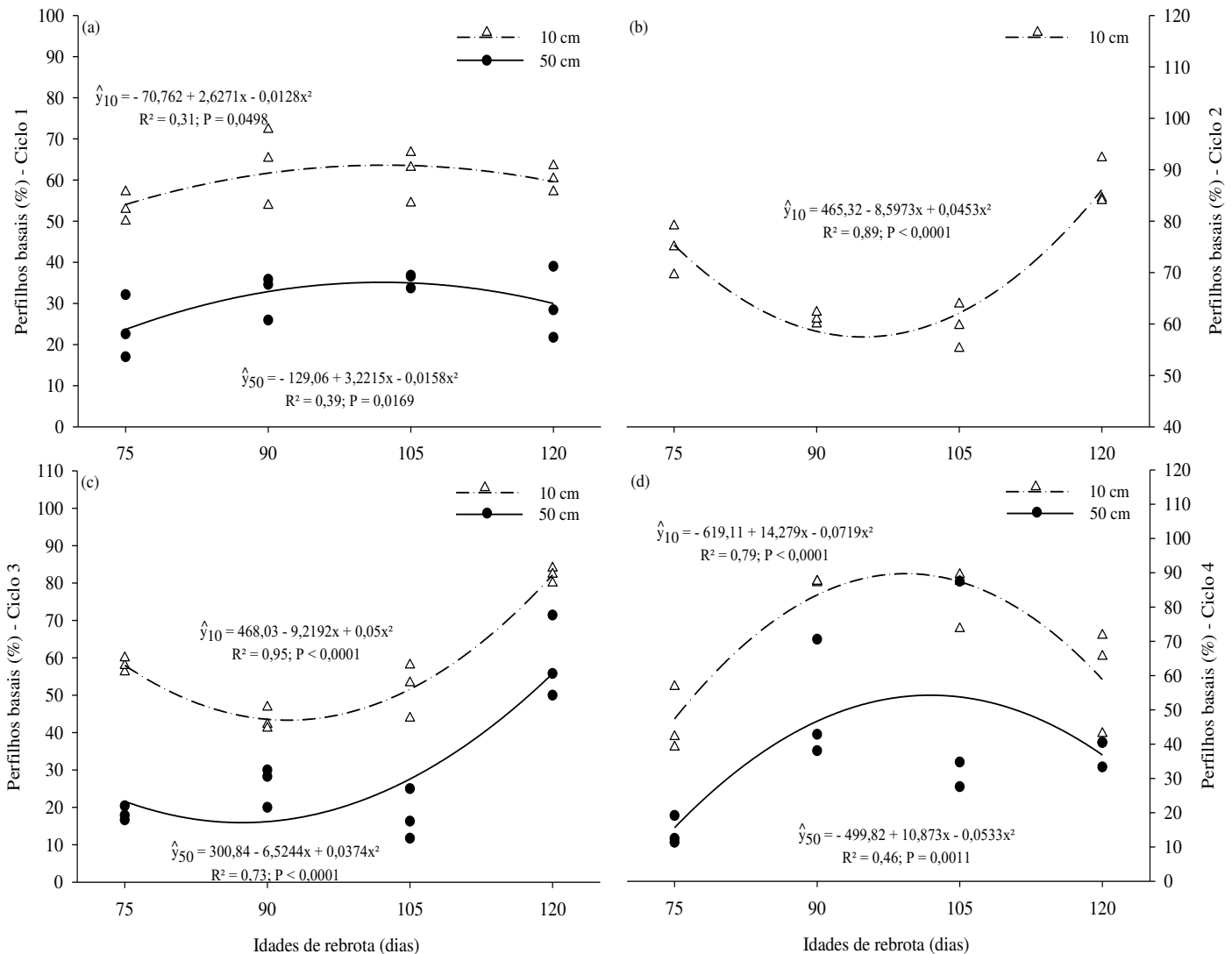


Figura 4. Proporção de perfilhos basais (%) do capim-elefante BRS Capiaçú, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm), ao longo de quatro ciclos de produção: (a) ciclo 1; (b) ciclo 2; (c) ciclo 3; (d) ciclo 4.

A MV de forragem colhida apresentou efeito da interação tripla C x I x A ($P = 0,0069$; Figura 5). Para o ciclo 1, efeito linear crescente foi observado com a elevação das idades de rebrota no resíduo de 10 cm ($P < 0,0001$) e de 50 cm ($P = 0,0035$). Um aumento de 61%, na altura de resíduo de 10 cm (58,8 vs. 94,4 ton ha⁻¹) e de 54%, no resíduo de 50 cm (45,3 vs. 69,8 ton ha⁻¹). Para o ciclo 2, também foi observado efeito linear crescente com a elevação das idades de rebrota no resíduo de 10 cm ($P = 0,0006$) e de 50 cm ($P < 0,0001$), o que resultou em um aumento de 40% para a altura de resíduo de 10 cm (41,0 vs. 57,3 ton ha⁻¹) e de 135% para o

resíduo de 50 cm (20,9 vs. 49,0 ton ha⁻¹). No ciclo 3, observamos efeitos quadráticos em função das idades de rebrota em ambas alturas de resíduo ($P < 0,0001$). Com valor mínimo estimado de 17 ton ha⁻¹, aos 87 dias de rebrota, na altura de resíduo de 10 cm e de 11 ton ha⁻¹, aos 87 dias, para a altura de 50 cm de resíduo. Para o ciclo 4, efeitos quadráticos também foram observados em função das idades de rebrota na altura de 10 cm ($P = 0,0002$) e de 50 cm ($P = 0,0442$). Com valores máximos estimados de 86 ton ha⁻¹, aos 112 dias, na altura de resíduo de 10 cm, e de 68 ton ha⁻¹, aos 124 dias de rebrota, para a altura de 50 cm.

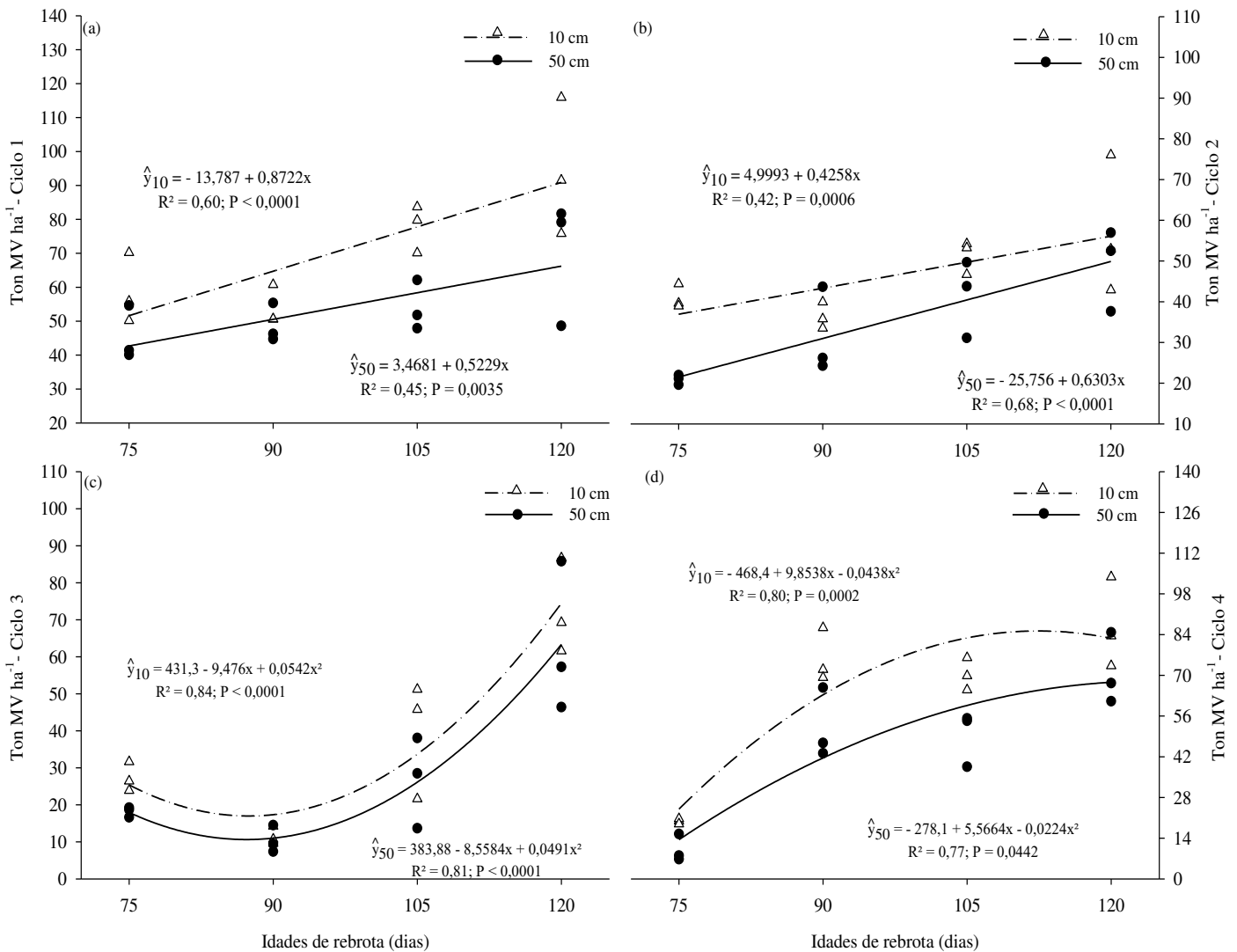


Figura 5. Massa verde de forragem colhida (ton MV ha⁻¹) do capim-elefante BRS Capiáçu, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm), ao longo de quatro ciclos de produção: (a) ciclo 1; (b) ciclo 2; (c) ciclo 3; (d) ciclo 4.

A massa de forragem colhida na base da MS, também apresentou efeito da interação tripla C x I x A ($P = 0,0427$; Figura 6). Para o ciclo 1 e ciclo 2, efeito linear crescente foi observado em função da elevação das idades de rebrota em ambas alturas de resíduo ($P < 0,0001$), apresentando aumento de 131% na massa colhida para o resíduo de 10 cm (9,6 vs. 22,2 ton ha⁻¹) e de 112% para o resíduo de 50 cm (7,6 vs. 16,0 ton ha⁻¹), no ciclo 1. As maiores elevações ocorreram no intervalo das idades de 90 a 105 dias. Já no ciclo 2, foi apresentado aumento de 111%, com a elevação das idades, para o resíduo de 10 cm (7,1 vs. 15,1 ton ha⁻¹) e de 253%, para o resíduo de 50 cm (3,7 vs. 13,2 ton ha⁻¹), sendo que, as maiores elevações foram no intervalo das idades de rebrota de 90 a 105 dias. No ciclo 3, foi observado efeito quadrático para a massa de forragem colhida em relação a elevação das idades de rebrota, para as duas alturas de resíduo ($P < 0,0001$), com valores mínimos estimados de 2,1 ton ha⁻¹, aos 88 dias de rebrota, no resíduo de 10 cm e de 1,6 ton ha⁻¹, aos 88 dias, para o resíduo de 50 cm. Para o ciclo 4, efeito quadrático foi observado com a elevação das idades de rebrota para a altura de resíduo de 10 cm ($P = 0,0085$), com valor máximo estimado de 17,5 ton ha⁻¹, aos 120 dias. Para a altura de resíduo de 50 cm, efeito linear crescente foi observado com a elevação das idades de rebrota ($P < 0,0001$), apresentando aumentos diários de 0,262 ton ha⁻¹ para cada dia de rebrota da gramínea.

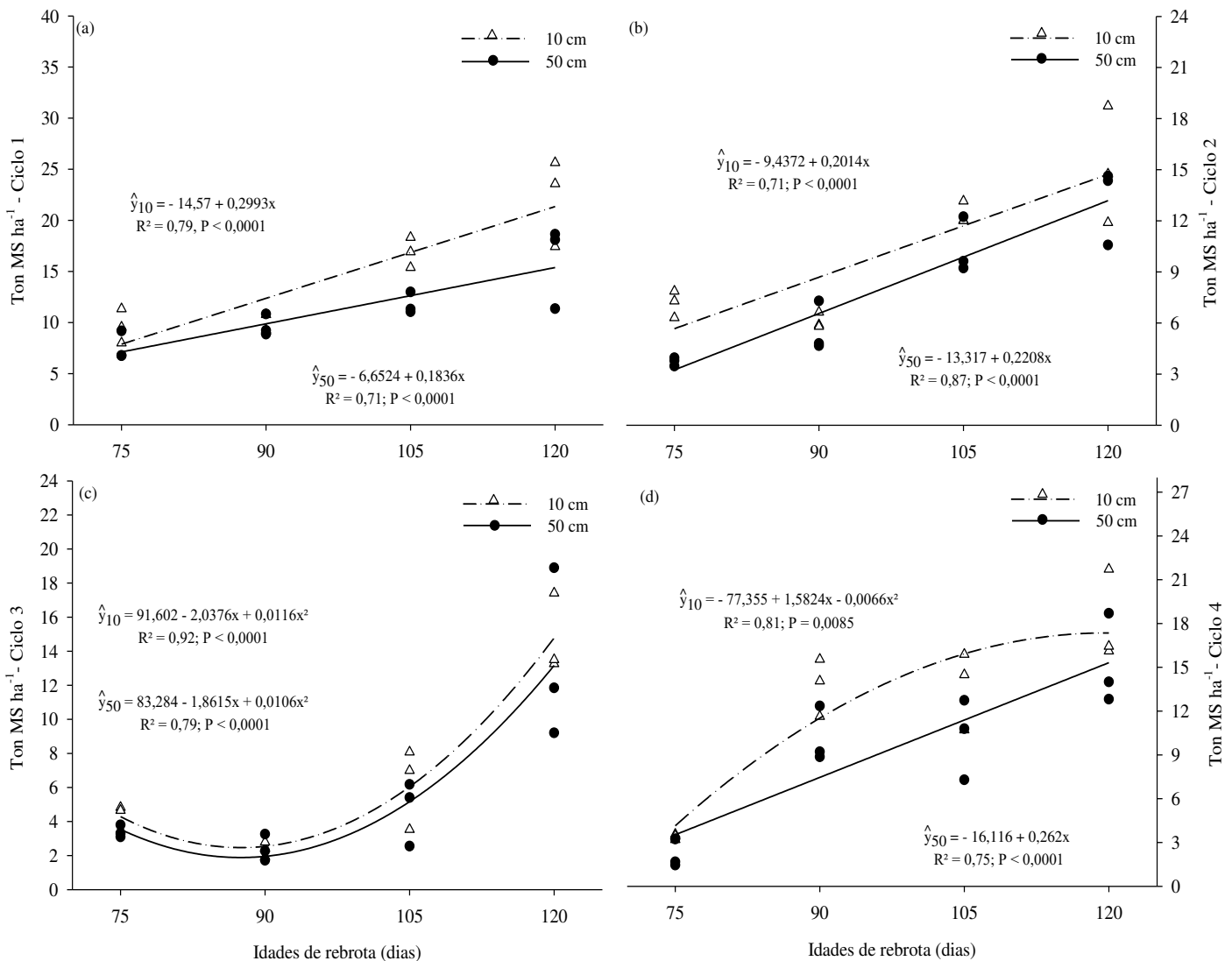


Figura 6. Massa seca de forragem colhida (ton MS ha⁻¹) do capim-elefante BRS Capiçau, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm), ao longo de quatro ciclos de produção: (a) ciclo 1; (b) ciclo 2; (c) ciclo 3; (d) ciclo 4.

3.2. Valor nutritivo

O teor de MS apresentou efeito das interações C x A ($P = 0,0281$) e C x I ($P < 0,0001$). Não houve efeito das alturas de resíduo nos ciclos 1 ($P = 0,7852$) e 2 ($P = 0,6964$). As médias nos resíduos de 10 e 50 cm foram de, 185,8 g kg⁻¹ e de 198,1 g kg⁻¹, para o ciclo 1 e 2, respectivamente. Os maiores teores de MS foram obtidos com altura de resíduo de 50 cm, em comparação a 10 cm, nos ciclos 3 ($P = 0,0009$; 183,7 vs. 165,3 g kg⁻¹, respectivamente) e 4 ($P = 0,0226$; 189,7 vs. 173,0 g kg⁻¹, respectivamente). Os desdobramentos da interação C x I

(Figura 7a) mostraram efeitos lineares crescentes para o teor de MS com a elevação das idades de rebrota, nos ciclos 1 e 2 ($P < 0,0001$), ciclo 3 ($P = 0,0089$) e no ciclo 4 ($P = 0,0020$). Os aumentos diários para o teor de MS foram de 1,43; 2,21; 0,33 e 0,47 g kg⁻¹, para os ciclos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As maiores elevações do teor de MS ocorreram no intervalo entre as idades de rebrota de 90 a 105 dias.

O teor de MM apresentou efeito da interação C x A ($P = 0,0037$). Com o desdobramento da interação, observou-se efeito das alturas de resíduo apenas no ciclo 1 ($P = 0,0101$), com maiores teores com resíduo de 50 cm, em comparação a 10 cm de altura (107,3 vs. 99,7 g kg⁻¹ MS). Não houve diferenças no teor de MM entre as alturas de resíduo no ciclo 2 ($P = 0,9708$), ciclo 3 ($P = 1,0000$) e ciclo 4 ($P = 0,4820$). As médias das alturas de resíduo de 10 e 50 cm foram de, 107,6 g kg⁻¹ MS no ciclo 2; 123,9 g kg⁻¹ MS no ciclo 3 e de 106,0 g kg⁻¹ MS no ciclo 4. Foi observado também para o teor de MM efeito da interação C x I ($P < 0,0001$). Porém, com o desdobramento da interação, observou-se baixos coeficientes de determinação (R^2) para os modelos. Efeitos quadráticos foram observados em função da elevação das idades de rebrota do capim no ciclo 1 ($\hat{y}_1 = 237,39 - 2,5967x + 0,0122x^2$; $R^2 = 0,08$; $P = 0,0094$), ciclo 3 ($\hat{y}_3 = -271,24 + 8,6836x - 0,0461x^2$; $R^2 = 0,23$; $P < 0,0001$) e ciclo 4 ($\hat{y}_4 = 436,99 - 6,432x + 0,0303x^2$; $R^2 = 0,31$; $P = 0,0085$). Teores mínimos de 99,2 e 95,6 g kg⁻¹ MS, foram estimados para os ciclos 1 e 4, respectivamente, ambos aos 106 dias de rebrota. Já para o ciclo 3, teor máximo de 137,7 g kg⁻¹ MS foi estimado na idade de rebrota de 94 dias. No ciclo 2, houve efeito linear decrescente com a elevação das idades de rebrota ($\hat{y}_2 = 160,14 - 0,5388x$; $R^2 = 0,24$; $P = 0,0009$).

Para o teor de PB houve efeito da interação C x A ($P = 0,0214$), mas, com os desdobramentos da interação, não houve diferenças para o teor de PB no capim entre as duas alturas de resíduo, no ciclo 1 ($P = 0,5937$), ciclo 2 ($P = 0,0792$), ciclo 3 ($P = 1,0000$) e ciclo 4 ($P = 1,0000$). As médias das alturas de resíduo de 10 e 50 cm foram de, 53,1 g kg⁻¹ MS no ciclo 1; 68,9 g kg⁻¹ MS no ciclo 2; 71,9 g kg⁻¹ MS no ciclo 3 e de 67,6 g kg⁻¹ MS no ciclo 4. Também

foi observado efeito da interação C x I para o teor de PB ($P < 0,0001$; Figura 7b). Efeito linear decrescente foi observado com a elevação das idades de rebrota no ciclo 2 ($P < 0,0001$), com redução de 41% no teor de PB com a elevação da idade de rebrota de 75 para 120 dias (70,9 vs. 41,9 g kg⁻¹ MS). No intervalo entre as idades de 90 a 105, foi observado a maior redução, cerca de 31% (78,7 vs. 54,032 g kg⁻¹ MS). Efeitos quadráticos foram observados em relação as idades de rebrota para os ciclos 1 ($P = 0,0329$), 3 ($P = 0,0150$) e 4 ($P = 0,0012$), apresentando teores mínimos de 41,9 g kg⁻¹ MS, aos 120 dias de rebrota, no ciclo 1 e de 54,1 g kg⁻¹ MS, aos 115 dias, no ciclo 4. Para o ciclo 3, o teor máximo de PB observado foi de 90,1 g kg⁻¹ MS, aos 75 dias de rebrota.

O teor de FDNcp apresentou efeito apenas da interação C x I ($P < 0,0001$; Figura 7c). Houve efeito linear crescente com a elevação das idades de rebrota para os ciclos 1 e 2 ($P < 0,0001$). Para cada dia de aumento nas idades de rebrota, houve aumento de 0,780 e 1,093 g kg⁻¹ MS no teor de FDNcp da gramínea, para os ciclos 1 e 2, respectivamente, sendo que, no intervalo entre as idades de 90 a 105 dias foram observadas as maiores elevações. Para os ciclos 3 e 4, foi observado efeito quadrático em função das idades de rebrota ($P < 0,0001$). O teor mínimo foi de 613,5 g kg⁻¹ MS aos 81 dias de rebrota para o ciclo 3 e teor máximo de 711,5 g kg⁻¹ MS aos 108 dias de rebrota. Houve efeito isolado das alturas de resíduo da gramínea para a variável ($P = 0,0036$), sendo que, o resíduo de 10 cm apresentou o maior teor de FDNcp em comparação o resíduo de 50 cm (681,9 vs. 670,5 g kg⁻¹ MS).

O teor de lignina apresentou efeito da interação C x I ($P < 0,0001$; Figura 7d). Com os desdobramentos, foram observados efeitos lineares crescentes com a elevação das idades de rebrota da gramínea, nos ciclos 1 e 2 ($P < 0,0001$). Para cada dia de aumento na idade de rebrota, aumentos diários de 0,522 e 0,984 g kg⁻¹ MS foram observados para o teor de lignina nos ciclos 1 e 2, respectivamente. No intervalo das idades de 90 a 105 dias foram observadas as maiores elevações. Efeitos quadráticos foram observados em função das idades de rebrota, nos ciclos 3

($P = 0,0014$) e 4 ($P < 0,0001$). Teor mínimo estimado de $57,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, aos 82 dias de rebrota, no ciclo 3 e teor máximo de $83,4 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, aos 117 dias, no ciclo 4. Também foi observado efeito da interação C x A ($P = 0,0052$), em que a altura de resíduo de 10 cm apresentou os maiores teores de lignina em comparação o resíduo de 50 cm, no ciclo 1 ($P = 0,0018$; $73,8$ vs. $65,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$), no ciclo 2 ($P < 0,0001$; $74,1$ vs. $58,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) e no ciclo 4 ($P < 0,0001$; $74,2$ vs. $62,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$). No ciclo 3, as duas alturas de resíduo não se difeririam ($P = 0,2197$), apresentando média de $64,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. O teor de lignina apresentou também efeito da interação idade de rebrota x altura de resíduo (I x A; $P = 0,0404$; Figura 8a). Com os desdobramentos, observamos que com a elevação das idades de rebrota, houve efeito linear crescente para o teor de lignina nas duas alturas de resíduo ($P < 0,0001$). Para cada dia de aumento na idade de rebrota da gramínea, aumentos diários de $0,703 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ e de $0,730 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ foram estimados nas alturas de resíduo de 10 e 50 cm, respectivamente.

O teor de CHOs solúveis apresentou efeito da interação C x I ($P < 0,0001$). Com os desdobramentos da interação, foi observado efeito quadrático em função da elevação das idades de rebrota para os ciclos 1 ($P = 0,0402$) e 4 ($P = 0,0035$), porém, o R^2 em ambos os ciclos foram baixos. No ciclo 1 ($\hat{y}_1 = -190,97 + 5,417x - 0,0268x^2$; $R^2 = 0,15$), o teor máximo estimado de $86,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, foi aos 101 dias de rebrota. No ciclo 4, ($\hat{y}_4 = -187,29 + 5,0929x - 0,025x^2$; $R^2 = 0,30$) o teor máximo estimado também foi na idade de 101 dias de rebrota, com valor máximo estimado de $72,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. No ciclo 2, não foi observado efeito linear ($P = 0,3360$), quadrático ($P = 0,1111$) ou cúbico ($P = 0,5198$) e a média do teor de CHOs solúveis entre as idades de rebrota foi de, $67,05 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$. Para o ciclo 3, foi observado efeito linear decrescente em função da elevação das idades de rebrota ($\hat{y}_3 = 101,01 - 0,3191x$; $R^2 = 0,19$; $P = 0,0116$). Houve efeito isolado das alturas de resíduo ($P = 0,0165$), sendo que, os maiores teores de CHOs solúveis foram observados na altura de resíduo de 10 cm em comparação ao resíduo de 50 cm ($72,1$ vs. $65,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$).

A DIVFDN apresentou efeito das interações C x I ($P < 0,0001$) e I x A ($P = 0,0320$). No desdobramento da interação C x I (Figura 7e), foi observado efeito linear decrescente com a elevação das idades de rebrota, no ciclo 1 e 2 ($P < 0,0001$). Reduções de 4,544 e 4,097 g kg⁻¹ MS no ciclo 1 e 2, respectivamente, foram estimadas para a DIVFDN, para cada dia de aumento na idade de rebrota. As maiores reduções foram observadas no intervalo de 105 a 120 dias. Os ciclos 3 e 4 apresentaram efeitos quadráticos em relação as idades de rebrota ($P < 0,0001$). Os valores máximos estimados foram de 474,7 g kg⁻¹ MS, aos 94 dias de rebrota, no ciclo 3, e de 496,3 g kg⁻¹ MS, aos 77 dias, no ciclo 4. No desdobramento da interação I x A (Figura 8b), observaram-se efeitos lineares decrescentes em relação à elevação das idades de rebrota para as duas alturas de resíduo ($P < 0,0001$). Reduções diárias de 3,258 e 3,787 g kg⁻¹ MS foram observadas nos valores da DIVFDN com a elevação da idade de rebrota da gramínea, nas alturas de resíduo de 10 e 50 cm, respectivamente.

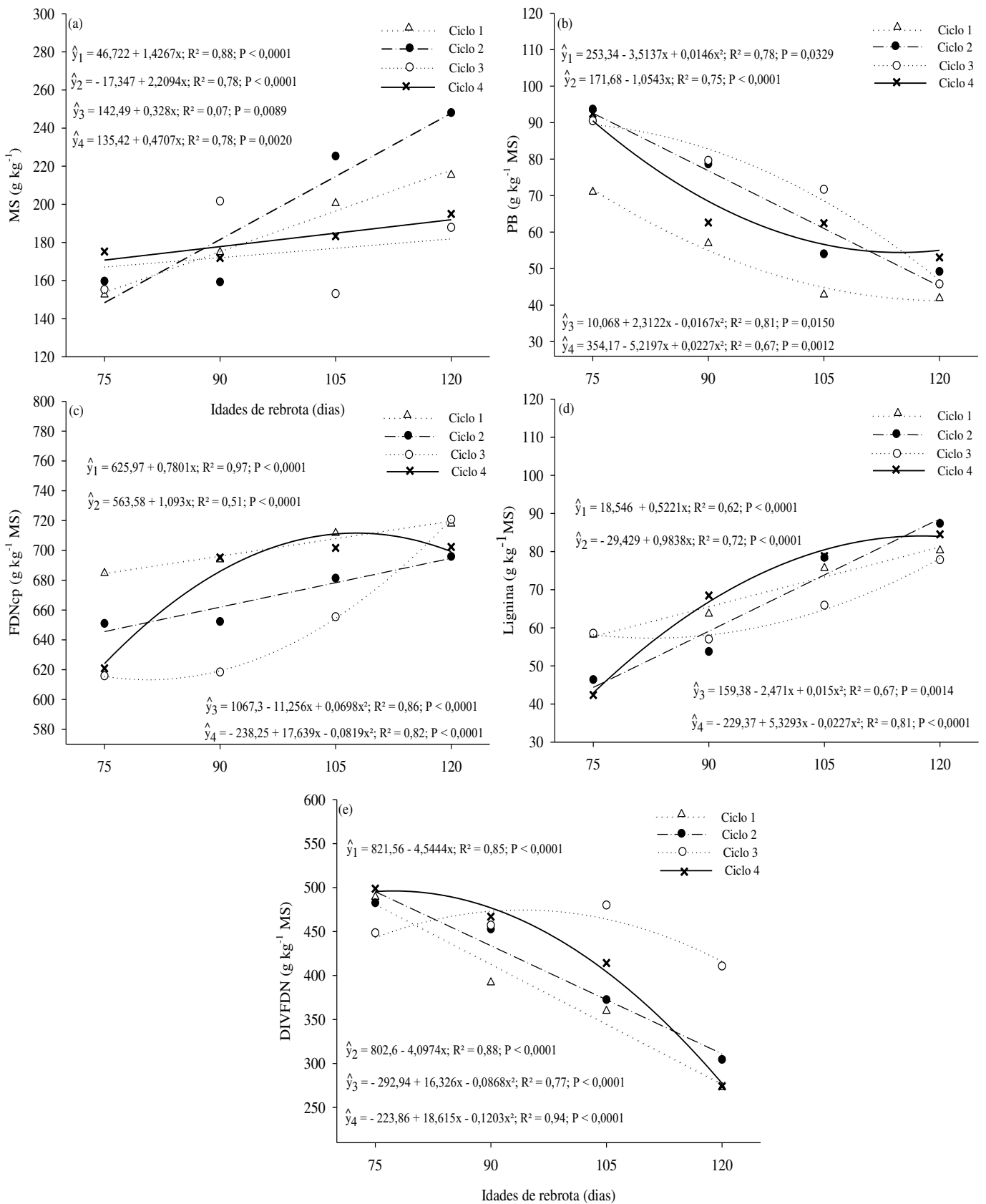


Figura 7. (a) matéria seca; (b) proteína bruta; (c) fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; (d) lignina; (e) digestibilidade *in vitro* da FDN (g kg^{-1} MS) do capim-elefante BRS Capiçau, submetido a diferentes idades de rebrota (dias), ao longo de quatro ciclos de produção.

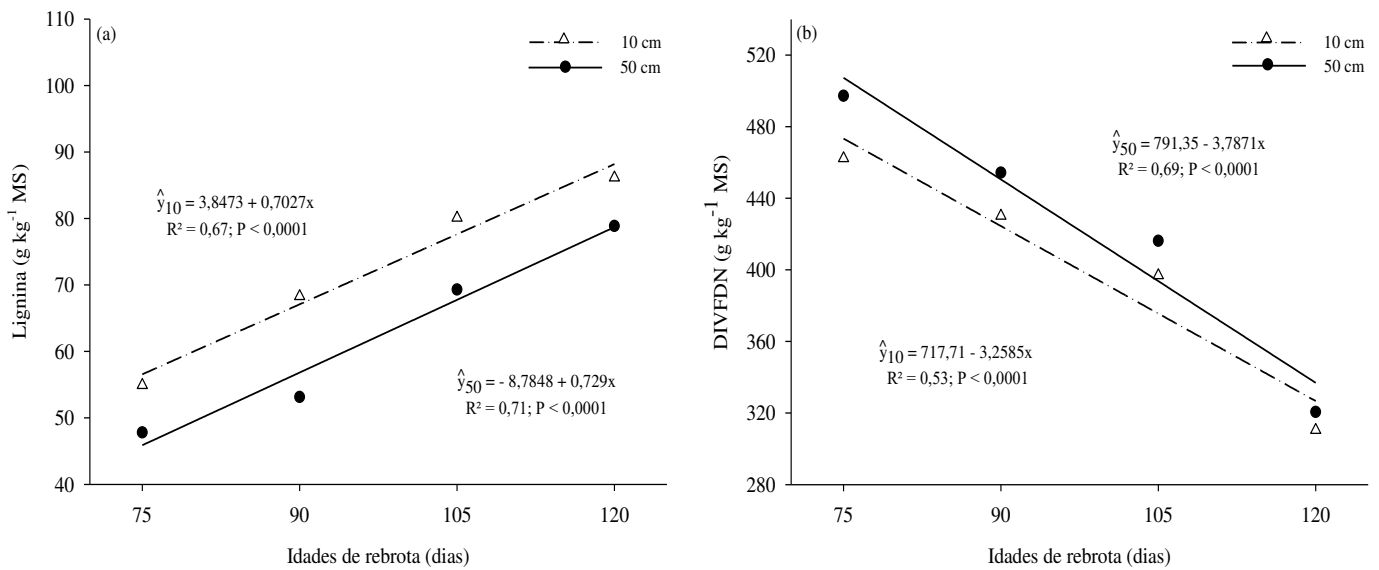


Figura 8. (a) lignina e (b) digestibilidade *in vitro* da FDN (g kg⁻¹ MS) do capim-elefante BRS Capiaçú, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm).

O teor de NIDA apresentou efeito da interação tripla C x I x A ($P = 0,0045$; Figura 9).

Para o ciclo 1, foi observado aumento linear crescente no teor de NIDA com a elevação das idades de rebrota em ambas alturas de resíduo ($P < 0,0001$). Os maiores acréscimos foram observados no intervalo das idades de 90 a 105 dias, para a altura de 10 cm de resíduo, (63,5 vs. 78,6 g kg⁻¹ N total) e no intervalo de 75 a 90 dias, para a altura de resíduo de 50 cm, (47,9 vs. 57,3 g kg⁻¹ N total). No ciclo 2, aumento linear também foi observado com a elevação das idades de rebrota para a altura de resíduo de 10 cm ($P < 0,0001$). O intervalo das idades de 105 a 120 dias apresentou a maior elevação, (57,6 vs. 74,5 g kg⁻¹ N total). Já para o resíduo de 50 cm, efeito quadrático foi observado em relação as idades de rebrota ($P = 0,0076$), com valor mínimo estimado de 43,0 g kg⁻¹ N total, aos 88 dias. No ciclo 3, foi observado efeito quadrático em relação as idades de rebrota, para as alturas de 10 e 50 cm ($P < 0,0001$ e 0,0007, respectivamente). Os teores mínimos de NIDA estimados foram de 46,0 g kg⁻¹ N total, aos 86 dias de rebrota, para a altura de resíduo de 10 cm e de 48,7 g kg⁻¹ N, aos 85 dias de rebrota, para o resíduo de 50 cm de resíduo. No ciclo 4, também observamos efeitos quadráticos em relação as idades de rebrota nas alturas de resíduo de 10 cm e 50 cm ($P = 0,0004$; $P = 0,0202$,

respectivamente), com teores máximos estimados de 82,9 g kg⁻¹ N, aos 102 dias de rebrota, para o resíduo de 10 cm e de 74,8 g kg⁻¹ N, aos 105 dias, para o resíduo de 50 cm.

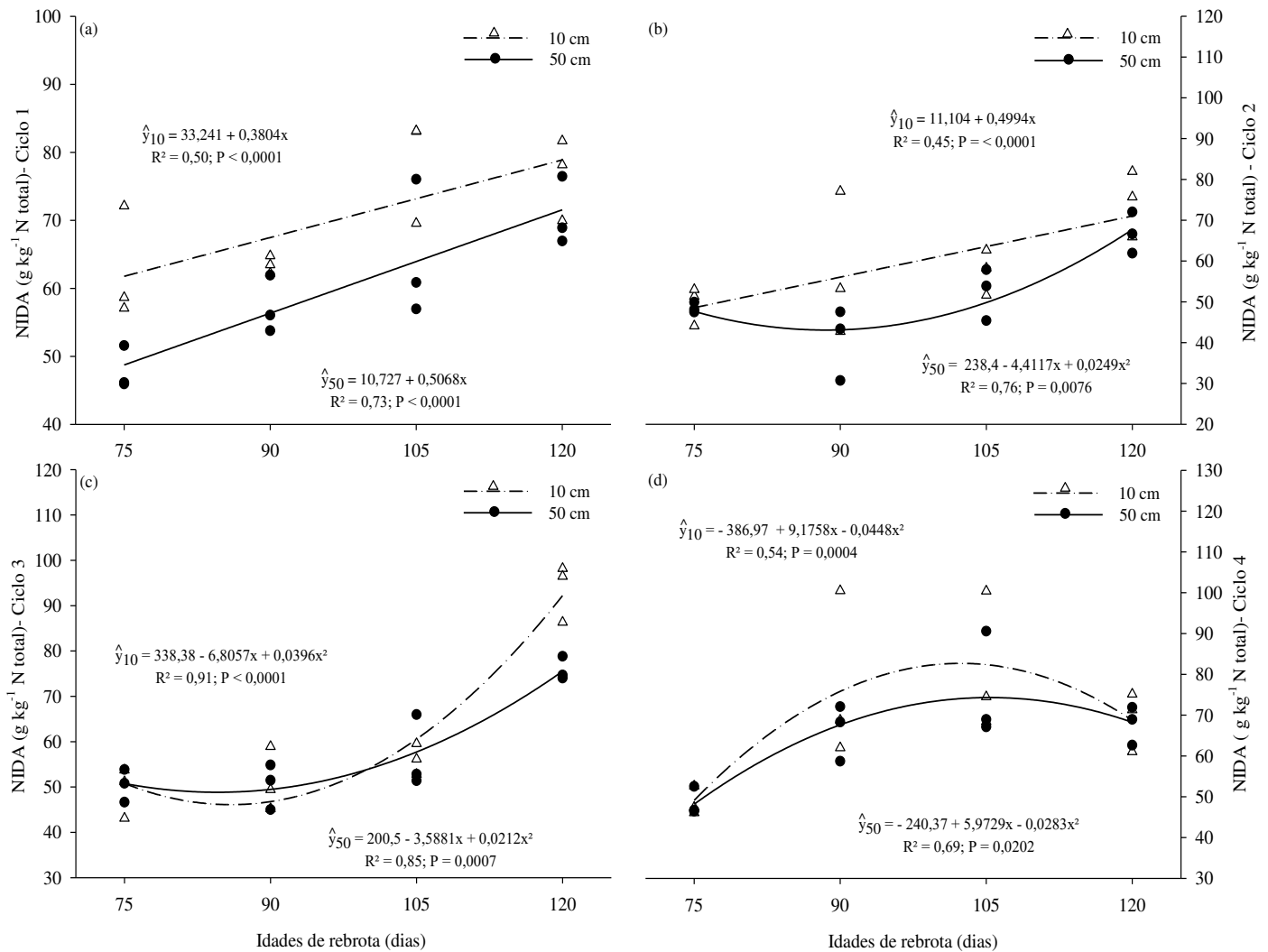


Figura 9. Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (g kg⁻¹ N total) do capim-elefante BRS Capiáçu, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm), ao longo de quatro ciclos de produção: (a) ciclo 1; (b) ciclo 2; (c) ciclo 3; (d) ciclo 4.

A variável DIVMS também apresentou efeito da interação tripla C x I x A ($P = 0,0168$; Figura 10). Reduções lineares nos valores da DIVMS foram observadas com a elevação das idades de rebrota da gramínea para ambas alturas de resíduo, nos ciclos 1, 2 e 4 ($P < 0,0001$). Para cada dia de aumento na idade de rebrota, decréscimos de 3,598 e 3,750 g kg⁻¹ MS no ciclo 1; 3,125 e 3,684 g kg⁻¹ MS no ciclo 2; 4,341 e 4,152 g kg⁻¹ MS no ciclo 4, foram observados

para as alturas de resíduo de 10 e 50 cm, respectivamente. Em geral, a maior redução foi no intervalo das idades de 105 a 120 dias. Para o ciclo 3, foi observado efeito quadrático em relação as idades de rebrota para ambas alturas de resíduo ($P < 0,0001$). Com valores máximos de 682,1 g kg⁻¹ MS, aos 87 dias de rebrota, na altura de 10 cm de resíduo e de 668,7 g kg⁻¹ MS, aos 90 dias de rebrota, para o resíduo de 50 cm.

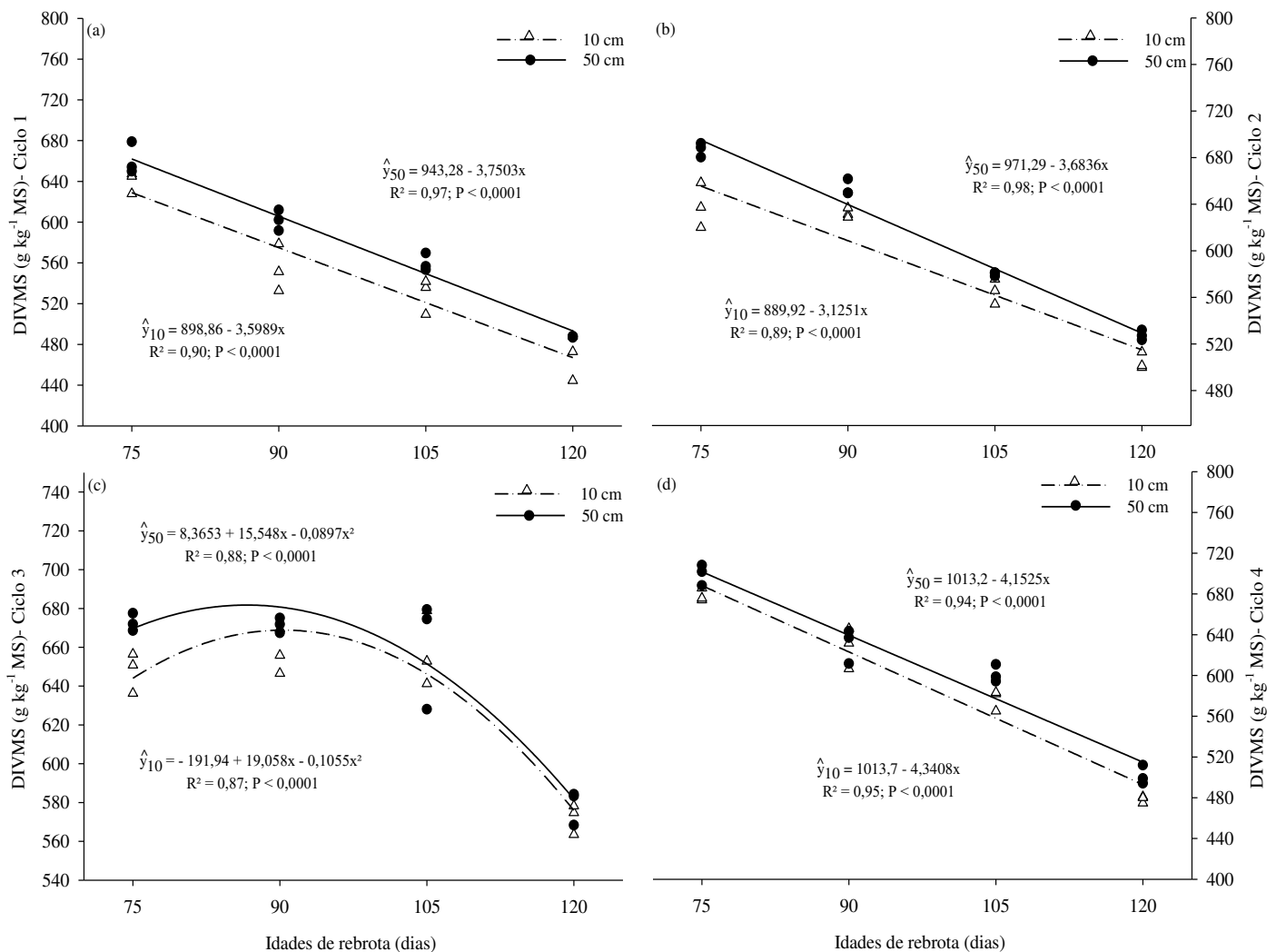


Figura 10. Digestibilidade *in vitro* da MS (g kg⁻¹ MS) do capim-elefante BRS Capiaçú, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm), ao longo de quatro ciclos de produção: (a) ciclo 1; (b) ciclo 2; (c) ciclo 3; (d) ciclo 4.

4. DISCUSSÃO

O capim-elefante BRS Capiacu respondeu às diferentes estratégias de manejo adotadas. A altura das plantas aumentou em função do avanço das idades de rebrota em todos os ciclos de produção. A única exceção foi no ciclo 3, em que a altura apresentou efeito quadrático em relação as idades de rebrota. Esse ciclo coincidiu com a época de menores temperaturas e precipitações climáticas (Figura 1), o que pode ter impactado no menor crescimento das plantas forrageiras, principalmente nas idades de 75, 90 e 105 dias, as quais, apresentaram a parte inicial da rebrotação durante esse período. Fato que possivelmente foi preponderante para o predomínio de menores alturas, aliado a menores valores de MV e MS de forragem colhida. Figueira et al. (2016) relataram que o rendimento do capim-elefante está associado a uma faixa de temperatura ideal de 20 a 40 °C, aliado a boas precipitações, condições estas não apresentadas no referido período, e que podem ter impactado negativamente a fotossíntese e o crescimento da forragem.

Além dos fatores climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas, no ciclo 3, houve intenso ataque por cigarrinhas das pastagens, principalmente pelas espécies *Mahanarva fimbriolata* e *M. spectabilis*, que possivelmente tiveram também forte impacto sobre as características de desenvolvimento da forrageira, impactando em plantas de menores portes. As plantas manejadas para a idade de rebrota de 90 dias sofreram intensas infestações e tiveram a rebrota basicamente toda comprometida pelos insetos, onde, no seu estágio inicial de rebrotação, foi o período de maior ataque. Refletindo possivelmente no resultando observado, sendo que, o ponto mínimo estimado das alturas das plantas foi aos 93 dias.

Monção et al. (2019) também observaram elevação na altura das plantas de BRS Capiacu em função do avanço das idades de rebrota de 30 para 150 dias, com um aumento de 79%. Para os autores, esse aumento da altura está relacionado a fatores genéticos inerentes à

própria espécie e associado também a elevação do colmo como estratégia para expor mais a lâmina foliar a luz, buscando aumentar a eficiência fotossintética da planta forrageira.

A composição morfológica da forrageira respondeu às idades de rebrota, e sofreu impacto também das alturas de resíduo. A proporção de lâminas foliares apresentou, em geral, decréscimo em função do aumento das idades de rebrota, como também observado no trabalho de Lounglawan et al. (2014). O oposto foi observado para a proporção de colmos e forragem senescente. A redução da proporção de lâminas foliares e o aumento da proporção de colmos, em função do avanço na maturidade das plantas, foram preponderantes para a redução da relação lâmina foliar:colmo em função do aumento das idades, apresentando as menores relações nas duas últimas idades de rebrota da gramínea.

Avaliando a cultivar BRS Capiacu, sob crescentes idades de rebrota, Lopes et al. (2021) observaram aumentos nos valores de alongamento de colmos, senescência foliar, espessamento da parede celular e lignificação e redução da relação lâmina foliar:colmo, à medida que se elevou a idade de rebrota de 50 para 110 dias. Os autores atribuíram essas modificações morfológicas a maior necessidade das plantas por componentes de sustentação em função do aumento de seu desenvolvimento e de sua maturidade. Além disso, segundo Sânces et al. (2019), o aumento do intervalo de corte do capim resulta em maior desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, no alongamento dos colmos, que tendem a dificultar a entrada de luz na parte basal da planta, o que limita o desenvolvimento de novos perfilhos e possivelmente contribui para elevação da proporção de forragem senescente. Ainda segundo esses autores, as alterações na composição morfológica do capim de acordo com a frequência de cortes, estão interligados com a redução da velocidade de crescimento do capim com o avanço da idade, devido à intensificação do sombreamento, desencadeando a senescência foliar, reduzindo a eficiência fotossintética das folhas e aumentando as perdas respiratórias.

Já em relação as alturas de resíduo, em geral, maiores proporções de lâminas foliares e menores proporções de colmos, foram observados com a adoção da maior altura de resíduo. Conseqüentemente, o uso de maior altura de resíduo proporcionou maior relação lâmina foliar:colmo. Santos et al. (2001) também observaram que os cortes mais altos do capim-elefante cv. Roxo, com alturas de resíduo de 30 e 45 cm, apresentaram maior proporção de folhas e menor proporção de colmos, em comparação ao corte realizado rente ao solo ou com altura de 15 cm. Para Figueira et al. (2016), o aumento da altura de resíduo do capim-elefante cv. Pioneiro de 30 para 60 cm, aumentou significativamente a produção de folhas por unidade de área. Segundo esses autores, esse aumento é benéfico, pois, é o componente com a maior fração digestível e de melhor eficiência de uso pelo animal, devido a menor proporção de tecidos lignificados.

Para a avaliação de perfilhamento, houve uma dominância de perfilhos aéreos para a altura de resíduo de 50 cm e dominância de perfilhos basais para a altura de 10 cm. Esses dados evidenciam que as alturas de resíduo da cultivar BRS Capiacu têm impacto direto sobre seu perfilhamento. Santos et al. (2001) verificaram que o corte do capim-elefante cv. Roxo, variando da altura de resíduo de 0, 15, 30 e 45 cm, influenciaram as características de perfilhamento da cultura. Eles observaram que o número de perfilhos aéreos foi superior em todos os cortes acima do nível do solo. Os autores explicam essa superioridade na proporção dos perfilhos aéreos, resultantes de cortes mais elevados, devido ao maior número de gemas axilares restantes nos caules residuais da capineira cortada mais alta. Para esses autores, as brotações dos perfilhos aéreos a partir de gemas axilares correspondem a grande maioria, porém, os perfilhos basais são os responsáveis por aproximadamente 80% da produção de MS da forragem. Os autores citando Mozzer (1993), ainda relataram que a melhor altura do corte é rente ao solo, pois, propicia o crescimento mais vigoroso das plantas, afirmando que os cortes

mais altos deixam muito resíduo que dificultam os cortes posteriores, já que, as gemas axilares do resíduo apresentam intensas brotações, porém muito fracas.

Segundo Silva et al. (2021), o maior número de perfilhos basais comparado aos aéreos permite maior massa e acúmulo de forragem, já que os primeiros geralmente são mais pesados e proporciona um crescimento mais vertical da planta. No presente trabalho, a forragem cortada com altura de resíduo de 10 cm apresentou maiores médias de massa de forragem colhida em todas as idades de rebrota e ciclos, comparado a altura de resíduo de 50 cm, corroborando com a hipótese de Silva et al. (2021).

Carvalho et al. (2006) verificaram que os perfilhos basais apresentaram maior massa de MS em comparação aos perfilhos aéreos em capim-elefante sob duas alturas de pós-pastejo e esses resultados refletiram em suas taxas de crescimento e no maior acúmulo de forragem. Paciullo et al. (2003) por sua vez, avaliando a morfogênese e o acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante, destacaram que os perfilhos aéreos apresentam menor elevação do meristema apical, que contribui para maior produção de biomassa de lâminas foliares e maior densidade de forragem por cm de altura da planta, em comparação aos perfilhos basais. Nesse sentido, a maior densidade de perfilhos aéreos no capim com a maior altura de resíduo, no presente trabalho, pode ter contribuído para a observação da maior proporção de lâminas foliares, contribuindo com melhorias sobre características de valor nutritivo da forragem, mas, também com as menores médias de massa de forragem colhida, com essa estratégia de manejo.

A massa de forragem colhida aumentou com as idades de rebrota para as duas alturas de resíduo avaliadas. A exceção apresentada pelo ciclo 3, que apresentaram valores mínimos de MV e MS de forragem colhida próximos a idade de rebrota de 90 dias da forragem em ambas alturas de resíduo. Isso se deve muito provavelmente às condições ambientais que essa rebrota foi submetida e devido ao intenso ataque pelas cigarrinhas, como já mencionado anteriormente, que comprometeram o crescimento e desenvolvimento do capim, resultando em menores

massas de forragem. As plantas forrageiras manejadas com as demais idades de rebrota também sofreram com os ataques das cigarrinhas das pastagens, porém, o momento de alta infestação pelos insetos, coincidiu com a rebrotação inicial das plantas cortadas com 90 dias de rebrota, o que possivelmente comprometeu ainda mais o desenvolvimento, acarretando em maiores prejuízos produtivos. Além disso, as maiores médias de MV e MS de forragem colhida foram sempre observadas para a menor altura de resíduo da gramínea, em todos os ciclos e idades de rebrota. No caso do corte com a maior altura de resíduo, boa parte do colmo da planta forrageira permanece no campo, não sendo contabilizado como biomassa colhida, juntamente com o predomínio de perfilhamento aéreo nessa condição, fatores que podem ter comprometido o rendimento forrageiro com essa estratégia de manejo.

Elizondo-Salazar (2017) também observou redução na produção de MS colhida com a elevação da altura de resíduo do capim-elefante cv. Taiwan de 15 para 45 cm. Em um compilado de dados da literatura sobre diferentes alturas de resíduo para cultivares de capim-elefante, Figueira et al. (2015), observaram ampla variação da MS de forragem colhida em função das alturas de resíduo da gramínea, mas, que de uma forma geral, a maior massa colhida foi observada com a altura de resíduo de 15 cm e a menor com adoção do resíduo de 50 cm.

Aumentos na produção de MV e MS do capim BRS Capiáçu sob crescentes idades de rebrota foram observados no trabalho de Pereira et al. (2016); Monção et al. (2019) e Monção et al. (2020). Monção et al. (2020) observaram aumentos diários de 1.081 kg ha⁻¹ e 237 kg ha⁻¹, nas produções de MV e MS, respectivamente com a elevação da idade do capim de 30 a 120 dias. Os autores observaram que a forragem colhida com cortes menos frequentes, ou seja, com maior idade de rebrota, apresentam maior acúmulo de forragem, graças ao maior tempo para o desenvolvimento da gramínea, conseqüentemente maiores produtividades, devido principalmente ao espessamento da parede celular. Que pode ser comprovado pelo aumento no teor de FDNcp e lignina no capim com a elevação de sua idade de rebrota no presente trabalho.

O valor nutritivo do BRS Capiaçú em geral, diminuiu em função da idade de rebrota, em todos os ciclos, e foi menor no resíduo de 10 cm. Mas, é importante ressaltar que, essas variações foram em menores magnitudes quando comparados a superioridade da massa de forragem colhida nessas estratégias de manejo. Aumentos nos teores de MS, FDN_{cp}, lignina e reduções nos teores de MM, PB e DIVFDN foram observados com a elevação das idades de rebrota da forragem entre os ciclos de produção. Além disso, houve aumento do teor de NIDA e redução da DIVMS, em função do avanço da idade de rebrota nas duas alturas de resíduo avaliadas.

No trabalho de Leal et al. (2020) correlações positivas entre a altura da planta do BRS Capiaçú com a produção de MS foram observadas. E a produção por sua vez, apresentou correlações positivas com os teores de MS e FDN e negativas com os teores de PB, MM e a DIVMS. Isso demonstra a relação direta que existe entre o avanço do estágio de desenvolvimento da gramínea com sua produtividade e a relação inversa com o valor nutritivo.

A redução do valor nutritivo do BRS Capiaçú de acordo com a elevação das idades de rebrota também foram relatados nos trabalhos de Pereira et al. (2016); Monção et al. (2019); Alves et al. (2019); Lopes et al. (2021). As alterações nas características morfológicas da forrageira de acordo com seu estágio de desenvolvimento, com redução na proporção de lâminas foliares e aumentos na proporção de colmos e forragem senescente em função do avanço da idade das plantas, possivelmente tiveram forte influência sobre o valor nutritivo, como observado por Lopes et al. (2021). Para Leal et al. (2020) à medida que aumenta a maturidade fisiológica da planta forrageira, ocorrem redução do conteúdo celular e incrementos na proporção da parede celular, que são essenciais para adaptação, resistência da planta ao tombamento e exposição da lâmina foliar à luz solar para fotossíntese, com consequente redução da DIVMS.

O aumento no teor de MS da forrageira em função do avanço de suas idades se deve provavelmente pelo maior teor de umidade em plantas mais jovens, que diminui à medida que o estágio de crescimento avança (Figueira et al., 2016). Ainda segundo esses autores, esse aumento no teor MS ao longo do tempo também se deve ao acúmulo de fotoassimilados nas lâminas foliares com o crescimento da gramínea. Para Sanchês et al. (2018) o teor de MM vai de encontro ao teor de MS do capim com o processo de maturação das plantas de capim-elefante. A redução nos teores de MM é decorrente do efeito de diluição na MS produzida, o que está diretamente relacionado às alterações na proporção dos tecidos vegetais, como observado no presente trabalho, redução da relação lâmina foliar:colmo, aumento da senescência foliar, bem como na diversidade no padrão de absorção dos elementos ao longo do ciclo das plantas e redistribuição entre os diversos órgãos das plantas.

Lounglawan et al. (2014) destacaram que a colheita de plantas com maior proporção de lâminas foliares, reflete no maior teor de PB e menores teores de compostos fibrosos, quando em comparação a idades de rebrota mais avançadas, caracterizadas por plantas maduras, que investem grande parte do conteúdo celular em constituintes de parede celular. Paciullo et al. (2001) observaram que com o avanço no desenvolvimento do colmo em três espécies de gramíneas, houve aumento nos teores de FDN e FDA e redução nos valores de PB. Os autores atribuíram esse comportamento devido à intensa deposição de lignina na parede celular.

Leal et al. (2020) complementam, relatando que a dinâmica do teor de PB pode estar relacionada ao efeito de diluição em relação ao aumento da produção de massa da planta forrageira, assim como efeito de complexação aos componentes lignificados. A teoria da diluição da PB, bem como da redução do conteúdo celular também foi proposta por Monção et al. (2019) como justificativa do decréscimo no teor da PB em função da elevação das idades de rebrota do capim BRS Capiáçu. Vale ressaltar que no presente trabalho, as forrageiras com idade de rebrota de 75 e 90 dias apresentaram em geral, teor acima ou muito próximo ao mínimo

de PB recomendado por Van Soest (1994), que é de 70 g kg⁻¹ MS, que garante adequada atividade microbiana ruminal. Já as idades de 105 e 120 dias apresentaram quase que em sua totalidade teores inferiores a essa recomendação mínima.

Diante das alterações na composição química da forrageira em função da elevação das idades de rebrota, observamos de uma forma geral, reduções nos valores de DIVMS e DIVFDN, nos diferentes ciclos de produção com esse aumento da maturidade da gramínea. Para Monção et al. (2019), a lignina é a grande responsável por esse comportamento, uma vez que, se apresenta ligada fortemente com à hemicelulose pela ligação do tipo éster, na parede celular das plantas, com o aumento da maturidade. E essa ligação reduz fortemente a digestibilidade dos componentes fibrosos. Os autores citam que esse efeito negativo da lignina se deve basicamente ao efeito tóxico na população de microrganismos ruminais causado pela presença de ácido cumárico que é liberado durante a digestão da parede celular; ao impedimento físico das enzimas fibrolíticas aos polissacarídeos de parede, devido a ligação; e pela ação hidrofóbica resultante dos polímeros de lignina, limitando a ação das enzimas hidrofílicas.

As alturas de resíduo também influenciaram as características de valor nutritivo da forrageira. Nos ciclos de produção em geral, observamos maiores teores de MS e MM e menores teores de FDN_{cp} e CHOs solúveis na gramínea com altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm. Além disso, em geral, menores médias nos teores de lignina e NIDA na gramínea com altura de resíduo de 50 cm, entre as idades de rebrota avaliadas. Ou seja, o corte com a maior altura de resíduo, promoveu melhorias no valor nutritivo da forragem colhida, com exceção do menor teor de CHOs solúveis observado, influenciado positivamente os valores de DIVMS e DIVFDN com adoção dessa altura de resíduo.

Elizondo-Salazar, (2017) também observou melhorias no valor nutritivo do capim-elfante cv. Taiwan, com a elevação da altura de resíduo do capim de 15 para 45 cm. Figueira et al. (2016) observaram que com a elevação da altura de resíduo do capim-elfante cv. Pioneiro

de 30 para 60 cm, houve redução nos teores de FDN e FDA e aumento no teor de PB. Os autores recomendaram que a altura de resíduo que obteve o melhor equilíbrio entre produção de MS e composição química da forragem foi de 40 a 50 cm. Esses resultados podem ser explicados pela maior participação das lâminas foliares, menor participação de colmos e consequente maior relação lâmina foliar:colmo, na biomassa cortada com a maior altura de resíduo do solo, que representa menor proporção de tecidos fibrosos e lignificados (Figueira et al., 2016).

O teor de CHOs solúveis em dois ciclos de produção, foi superior na forrageira com idade de rebrota próxima aos 105 dias. O teor inicial de CHOs solúveis apresentados pela cultura é de extrema importância, pensando principalmente no processo da ensilagem, pois, afeta a produção de ácidos orgânicos no silo, uma vez que, são utilizados como substrato pelas bactérias lácticas (McDonald et al., 1991). Portanto, vão influenciar diretamente na qualidade fermentativa e de valor nutritivo da silagem. Além disso, o corte com a altura de resíduo de 10 cm promoveu aumento no seu teor. Mas, é importante destacar que, no geral, os teores permaneceram dentro do intervalo de 60 a 80 g kg⁻¹ MS, considerado como teores mínimos para que o processo fermentativo se desenvolva de maneira eficiente (Woolford, 1972).

Bordignon & Pereira, (2019) observaram que o teor de CHOs solúveis foi maior na parte inferior do colmo em relação ao meio do colmo em diferentes germoplasmas de capim-elefante. Os autores inferiram que existe um gradiente de concentração de açúcares no colmo que diminui no sentido da base para topo do colmo. Esse fato, provavelmente explica os maiores teores observados com a menor altura de resíduo para o BRS Capiáçu. Esses autores ainda observaram que a idade das plantas não interfere efetivamente sobre seu teor de CHOs solúveis em geral, mas, em alguns genótipos, foi observado redução com a elevação das idades de rebrota das gramíneas. Esse efeito foi relacionado com a transformação de CHOs solúveis em carboidratos

insolúveis ou parcialmente solúveis, causado pelo aumento de parede celular em função da maturidade da forrageira.

O teor de NIDA segundo Lima et al. (2008), também conhecida como a fração C da PB, é a porção indigestível, não apresentando degradação no rúmen, ou seja, é a fração que mais impacta negativamente a qualidade da proteína. No presente trabalho, observamos que houve aumento no teor de NIDA em consequência da elevação das idades de rebrota da gramínea em todos os ciclos de produção para as duas alturas de resíduo, em geral. As médias foram geralmente superiores na menor altura de resíduo em comparação ao maior resíduo, em todas as idades de rebrota e ciclos. Porém, é pertinente relatar que, os teores de NIDA apresentados entre as diferentes idades de rebrota e alturas de resíduo nos ciclos de produção, permaneceram muito abaixo do nível crítico proposto por Van Soest & Mason (1991), de $200 \text{ g kg}^{-1} \text{ N total}$, sendo que valores acima a esse, estão associados com ineficiência de utilização do alimento pelos animais.

Para Licitra et al. (1996), o NIDA corresponde ao nitrogênio ligado a lignina, complexos tanino-proteicos e produtos da reação de Maillard. O seu aumento em relação a elevação das idades de rebrota, bem como sua maior participação na menor altura de resíduo, muito provavelmente está associado ao aumento nos teores de lignina nessas condições. Monção et al. (2019) relatam redução da fração solúvel da PB e aumentos das frações menos solúveis, em função da maturidade da planta. Isso foi associado com o espessamento dos tecidos de sustentação, como a parede celular, associada ao processo de lignificação, local que se encontra a fração C, com diminuição proporcional do conteúdo celular, onde se localiza a fração solúvel.

5. CONCLUSÃO

O capim-elefante BRS Capiaçú manejado no intervalo das idades de rebrota de 75 a 90 dias, aliado à altura de resíduo de 50 cm, garantiu a melhor composição morfológica e o melhor

valor nutritivo da forragem, porém, essas estratégias de manejo promoveram redução acentuada na massa de forragem colhida. Além disso, o manejo com a maior altura de resíduo promoveu aumento na proporção de perfilhos aéreos, impactando negativamente na rebrotação da gramínea. Em contrapartida, o intervalo das idades de rebrota de 105 a 120 dias, juntamente com a altura de resíduo de 10 cm, promoveram superioridade na massa de forragem colhida, porém, na idade de 120 dias, a planta forrageira perdeu acentuado valor nutritivo, com redução importante na digestibilidade da forragem. Assim, pensando em sistemas intensivos de produção, em que, é interessante o equilíbrio em produção de massa de forragem colhida, aliado ao bom valor nutritivo, o manejo da cultivar BRS Capiaçú com a idade de rebrota de 105 dias e com a altura de resíduo de 10 cm apresentou-se mais adequado.

REFERÊNCIAS

- Alves, J., Retore, M., & Orrico Júnior, M. A. (2019). Chemical composition of BRS Capiaçú as a function of cutting age and nitrogen fertilization, in the southern region of MS. In Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em anais de congresso. In: Congresso Internacional Ciências Agrárias. Concepcion, PY. Anais.
- Bordignon, T., & Pereira, A. (2019). Variação do teor de carboidratos solúveis em germoplasma de capim-elefante. In Embrapa Gado de Leite-Artigo em anais de congresso. In: Workshop de iniciação científica da Embrapa Gado de Leite, 24. Juiz de Fora. Anais.
- Carvalho, C. A. B. D., Paciullo, D. S. C., Rossiello, R. O. P., & Deresz, F. (2006). Tiller dynamics on elephant grass under postgrazing stubble heights influence. *Brazilian Agricultural Research*, 41, 145-152. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000100020>

- Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S., Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M., & Azevedo, J.A.G. (2012). Methods for food analysis. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p.
- Elizondo-Salazar, J. A. (2017). Biomass yield and nutritional quality of three forages harvested at two cutting height. *Agronomía Mesoamericana*, 28, 329-340. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23418>
- Embrapa. (2013). The Brazilian soil classification system, 3 ed. Rio de Janeiro, Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. National Soil Research Center.
- Fernandes, S. A. A., Mattos, W. R. S., Matarazzo, S. V., Gama, M. A. S., Lanna, D. P. D., & Rosseto, C. V. (2007). Fatty acid profile in tropical climate foods used in ruminant diets. *Animal Industry Bulletin*, 64, 19-27. <http://iz.sp.gov.br/bia/index.php/bia/article/view/1250>
- Figueira, D. N., Neumann, M., Ueno, R. K., Lopes Muller, M. M., & Faria, M. V. (2015). Produção e composição química do capim elefante cv. pioneiro em diferentes alturas de resíduo—revisão de literatura. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science/Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 8(3). <https://doi.org/10.5935/PAeT.V8.N3.12>
- Figueira, D. N., Neumann, M., Ueno, R. K., Galbeiro, S., & Bueno, A. V. I. (2016). Forage yield and quality in elephant grass cv. Pioneiro harvested at different cutting height and times. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 1017-1027. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p1017>
- Holden, L.A. (1999). Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. *Journal of Dairy Science*, 82, 1791-1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)

- Leal, D. B., Monção, F. P., Junior, V. R. R., Carvalho, C. D. C. S., Alencar, A. M. S., de Almeida Moura, M. M., ... & Rigueira, J. P. S. (2020). Correlations between productive and nutritional characteristics of BRS Capiaçú grass managed in the semiarid region. *Brazilian Journal of Development*, 6, 18951-18960. [ps://doi.org/10.34117/bjdv6n4-168](https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-168)
- Leal, V. N., Machado, R. L., de Araujo, L. C., de Godoy, M. M., de Souza Linhares, A. J., Ferreira, J. C. Q., ... & Miyagi, E. S. (2020). Forage production and nutritive value of elephant grass cultivars in different regrowth periods. *Research, Society and Development*, 9. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10025>
- Licitra, G., Hernandez, T. M., & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal feed science and technology*, 57, 347-358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)
- Lima, E. D. S., Silva, J. F. C. D., Vásquez, H. M., Araújo, S. A. D. C., Rocha, T. C., & Costa, D. P. B. D. (2008). Fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds of elephant grass genotypes at 56 days of regrowth. *Brazilian Journal of Animal Science*, 37, 1928-1933. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001100004>
- Lopes, F. C. F., Morenz, M. J. F., da Silva Lédo, F. J., da Costa Carneiro, J., Paciullo, D. S. C., Andrade, P. J. M., & de Moraes, C. T. (2021). Chemical composition and fatty acid profile of BRS Capiaçú ensiled at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 42, 1981-2004. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1981>
- Lounglawan, P., Lounglawan, W., & Suksombat, W. (2014). Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*). *APCBEE procedia*, 8, 27-31. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.01.075>
- McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. (1991). *Biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication. p. 340.

- McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical journal*, 43, 99-109. <https://doi.org/10.1042/bj0430099>
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., Moura, M. M. A., Júnior, V. R. R., Gomes, V. M., ... & Chamone, J. M. A. (2019). Yield and nutritional value of BRS Capiagu grass at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 40, 2045-2056. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045>
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., de Sales, E. C. J., Leal, D. B., da Silva, M. F. P., ... & Júnior, V. R. R. (2020). Productivity and nutritional value of BRS Capiagu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 235-241. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>
- Mozzer, O. L. (1993). *Capim-elefante: curso de pecuária leiteira*, 43. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite.
- Nelson, N. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, 153, 375-380.
- Paciullo, D. S. C., Gomide, J. A., Queiroz, D. S., & Silva, E. A. M. D. (2001). Chemical composition and in vitro digestibility of leaf blades and stems of forages grasses, according to level of insertion on grass tiller, age and season of growth. *Brazilian Journal of Animal Science*, 30, 964-974.
- Paciullo, D. S. C., Deresz, F., Aroeira, L. J. M., Morenz, M. J. F., & Verneque, R. D. S. (2003). Morphogenesis and leaf biomass accumulation in elephant grass sward evaluated at different period of the year. *Brazilian Agricultural Research*, 38, 881-887.
- Pereira, G. O., Ribeiro, K. G. & de Oliveira, S. A. (2013). *Capineira*, cap. 37. Reis, R. A., Bernardes, T. F., & Siqueira, G. R. *Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. 1º edição. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME.

- Pereira, A. V., Ledo, F. D. S., Morenz, M. J. F., Leite, J. L. B., Brighenti, A. M., Martins, C. E., & Machado, J. C. (2016). BRS Capiaçú: high yielding elephant grass cultivar for silage production. *Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- Pereira, A. V., Ledo, F. J. D. S., & Machado, J. C. (2017). BRS Kurumi and BRS Capiaçú- New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 59-62. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>
- Sanchês, S. S. C., Araújo, R. A. D., Rodrigues, R. C., Costa, C. D. S., Santos, F. N. D. S., Silva, I. R. D., ... & Lima, N. M. D. (2018). Quantitative anatomy and in situ ruminal degradation parameters of elephant grass under different defoliation frequencies. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19, 166-177. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402018000200003>
- Sanchês, S. S. C., Rodrigues, R. C., de Araújo, R. A., Santos, F. N. D. S., da Silva, I. R., Figueredo, E. S., ... & Santos Costa, C. D. (2019). Anatomical characterization of elephant grass under different defoliation frequencies and levels of insertion on the tiller. *Biological Rhythm Research*, 52, 22-31. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1583500>
- Santos, E. A. D., Silva, D. S. D., & Queiroz Filho, J. L. D. (2001). Tillering and some morphologic characteristics of elephant grass var. Roxo, Cut at Four Heights in Two Periods of the Year. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 24-30.
- Silva, P. H. F. D., Sales, T. B., Lemos, M. F., Silva, M. D. C., Ribeiro, R. E. P., Santos, M. V. F. D., ... & Cunha, M. V. D. (2021). Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects cut-and-carry, and grazing management. *Ciência Rural*, 51. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200848>

- Van Soest, P.J., & Mason, V.C. (1991). The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 32, 45-53.
[https://doi.org/10.1016/0377-8401\(91\)90008-G](https://doi.org/10.1016/0377-8401(91)90008-G)
- Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Cornell University Press. p. 476.
- Wolfinger, R. (1993). Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in statistics-Simulation and computation*, 22, 1079-1106.
<https://doi.org/10.1080/03610919308813143>
- Woolford, M. K. (1972). Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. *In Herbage Abstracts*, 42, 105-111.

CAPÍTULO II- MASSA DE FORRAGEM COLHIDA, VALOR NUTRITIVO E PERFIL FERMENTATIVO DO CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU ENSILADO EM DIFERENTES IDADES DE REBROTA E ALTURAS DE RESÍDUO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a massa verde (MV) e massa seca (MS) de forragem colhida, o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as populações microbianas da forragem e silagens do capim-elefante BRS Capiaçú em quatro idades de rebrota (75, 90, 105, 120 dias) e duas alturas de resíduo (10 e 50 cm), para definir a melhor combinação de manejo para produção de silagem. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2 (4 idades- I e 2 alturas- A), com três repetições. A MV e MS de forragem colhida apresentaram efeito quadrático em função da elevação das idades de rebrota, com pontos mínimos estimados no intervalo das idades de 75 a 90 dias. Além disso, os maiores valores foram observados com o corte na menor altura de resíduo. Na forragem, houve efeito da interação $I \times A$ sobre os teores de MM, lignina e fração A da PB. Redução linear no teor de MM foi observada com a elevação das idades de rebrota para a altura de resíduo de 10 cm, já para o resíduo de 50 cm, foi observado efeito quadrático. Aumento linear no teor de lignina para as duas alturas de resíduo e redução linear da fração A da PB para a altura de resíduo de 10 cm, foram observados, em função da elevação das idades de rebrota. Aumentos lineares foram observados nos teores de MS e FDN com a elevação das idades de rebrota na forragem e silagens, e para o teor de lignina nas silagens. O teor de PB teve efeito quadrático na forragem e silagens e reduções lineares foram observadas para a DIVMS e DIVFDN, em função da elevação das idades de rebrota. Maiores teores de PB, DIVMS e DIVFDN foram observados na forragem e silagens com a altura de resíduo de 50 cm. No geral, reduções lineares nas frações solúveis e aumentos lineares das frações B2 e C da PB foram observadas com elevação das idades de rebrota da gramínea, assim como, a menor altura de resíduo apresentou menor proporção das frações solúveis e maior da

fração C. Efeitos quadráticos foram observados para o teor do ácido graxo (AG) palmítico na forragem, para o ácido esteárico, o α -linolênico e AG totais na forragem e silagens, em função da elevação das idades de rebrota. Já o ácido palmítico nas silagens e os ácidos oleico e linoleico, apresentaram reduções lineares em função do aumento das idades. Os maiores teores dos AG na forragem e silagens foram observados com a maior altura de resíduo. O ácido propiônico apresentou efeito da interação I x A, com reduções lineares em função do aumento das idades de rebrota nas duas alturas de resíduo. O teor de nitrogênio amoniacal apresentou redução linear com o aumento das idades de 75 dias para 120 dias (101,2 vs. 86,5 g kg⁻¹ N total). Aumento linear na recuperação da MS em função da elevação das idades de rebrota foi observado, 832,3 vs. 941,9 g kg⁻¹ MS, para 75 e 120 dias, respectivamente. O manejo aos 105 dias de rebrota e na altura de resíduo de 10 cm da cultivar BRS Capiaçú, proporcionou relação de maior equilíbrio entre a massa de forragem colhida e entre as características de valor nutritivo, apresentando bom padrão fermentativo e bom controle da população microbiana.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos. Acúmulo de forragem. Composição química. Digestibilidade. Nitrogênio amoniacal.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de capins de clima tropical para produção de silagem é uma alternativa interessante de suplementação volumosa para os animais, com possibilidade de redução dos custos de produção (Pereira et al., 2017). O desenvolvimento de capins com características de ensilabilidade que beneficiem o processo, assim como, o aprimoramento no manejo da cultura forrageira com a finalidade de otimizar a ensilagem é de extrema importância. Com esse propósito, a Embrapa Gado de Leite lançou a cultivar de capim-elefante BRS Capiaçú (*Pennisetum purpureum* Schum.). Essa cultivar se destacou devido, principalmente, a sua elevada produção de massa seca (MS) em comparação aos demais capins tropicais, chegando a produzir 50 toneladas de MS em três cortes ao ano (Pereira et al., 2016). Além disso, apresenta um bom valor nutritivo, boa resistência ao estresse hídrico e característica de rebrota que pode favorecer o processo de ensilagem (Pereira et al., 2016).

Alguns estudos foram realizados com objetivo de avaliar características produtivas e o valor nutritivo do capim-elefante BRS Capiaçú, colhido em diferentes idades de rebrota (Pereira et al., 2016; Monção et al., 2019; Monção et al., 2020). De forma geral, observa-se elevação na produtividade e no teor de MS com o aumento da idade de rebrota, em contrapartida, observa-se diminuição no valor nutritivo, com redução significativa da digestibilidade, dos teores de proteína bruta (PB) e dos nutrientes digestíveis totais (NDT) e aumento dos constituintes fibrosos e de lignina com aumento de seu estágio de desenvolvimento.

Monção et al. (2020) observaram que além de alterações no teor da PB das silagens, em função das diferentes idades de rebrota, ocorrem também alterações na proporção de suas frações. Eles observaram que a fração solúvel da PB apresentou comportamento inverso ao aumento das idades de rebrota do BRS Capiaçú, ou seja, a fração solúvel da PB foi reduzindo com a maturidade da planta forrageira.

No trabalho de Lopes et al. (2021) foi observado também, alterações nos teores de alguns ácidos graxos (AG) de cadeias longas, em função do avanço da idade de rebrota do BRS Capiáçu. Esses autores relataram que, a forragem em geral, apresentam notável teores de AG poliinsaturados em sua composição, o que pode impactar diretamente na ingestão desses pelos animais, que poderão por consequência, produzir, por exemplo, leite com perfil nutricional de AG benéfico para saúde humana.

Essas alterações nas características agronômicas e no valor nutritivo da forrageira, em função do manejo adotado, certamente irão repercutir em variações na qualidade e no perfil fermentativo da silagem, podendo se estender até ao produto final, como na questão da qualidade nutricional do leite. Lopes et al. (2021) também observaram redução linear do pH da silagem de BRS Capiáçu com a elevação das idades de rebrota. Os autores observaram que a ensilagem com a idade de 90 a 110 dias, proporcionou maiores teores de MS e menores valores de pH. Entender as variações que ocorrem na planta forrageira durante seu desenvolvimento é importante para estabelecimento de um manejo mais eficiente, sendo necessário avançar no conhecimento a respeito do efeito de idades de rebrota.

No trabalho de Pereira et al. (2016), ênfase foi dada a característica de rebrota da cultivar BRS Capiáçu, com predominância de perfilhamento basal da planta forrageira. Os perfilhos basais, segundo Pereira et al. (2013), propiciam rebrotação mais rápida e vigorosa da planta por meio de gemas basilares, quando em comparação aos perfilhos aéreos. Essa característica de rebrota pode favorecer o processo de ensilagem, haja visto que, a forrageira pode ser cortada a uma altura de resíduo maior do solo, e isso não refletir em aumentos da proporção de perfilhos aéreos, podendo não haver comprometimento na rebrotação da capineira. A estratégia de elevar a altura de resíduo da planta forrageira no momento do corte é interessante no sentido de agregar valor nutritivo à silagem, pois, parte da base do colmo das plantas permanecem na lavoura, permitindo a ensilagem de uma biomassa com maior participação de lâminas foliares. No

trabalho de Figueira et al. (2016) foi observado que a elevação da altura de resíduo do capim-elefante cv. Pioneiro, promoveu redução nas frações fibrosas e aumento nos teores de PB na forragem.

Embora a manipulação da altura de resíduo do capim possa ser uma interessante estratégia para agregar valor na qualidade final da silagem produzida, em contrapartida, poderá impactar negativamente a quantidade de biomassa ensilada, já que parte da planta permanece no campo. Ter o conhecimento de como essa estratégia de manejo vai afetar na qualidade e quantidade da silagem produzida é essencial, pois, na produção de silagem, tanto as características de produção de massa, quanto as características de valor nutritivo da forragem devem ser priorizadas.

Não existem ainda estudos científicos que demonstrem o efeito das diferentes idades de rebrota em combinação com diferentes alturas de resíduo do capim-elefante BRS Capiacu para produção de silagem. Desta forma, nós hipotetizamos que as idades de rebrota e as alturas de resíduo, ou suas interações, afetam as características produtivas, de valor nutritivo, fermentativas e as populações microbianas do BRS Capiacu e de suas silagens. Objetivou-se com este estudo definir a melhor combinação idade de rebrota/altura de resíduo do capim-elefante BRS Capiacu, que promova a melhor relação entre a produção de massa de forragem colhida, valor nutritivo e bom padrão fermentativo da silagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

O estudo foi realizado no Campo Experimental José Henrique Brusqui, pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil, durante o período de dezembro de 2018 a março de 2020. A altitude média da área experimental é de 410 m (21°33'22"S, 43°06'15"O).

Os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizada a 300 m da área experimental (Figura 1). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico), com estação seca (outono–inverno) e estação chuvosa (primavera–verão), bem definidas.

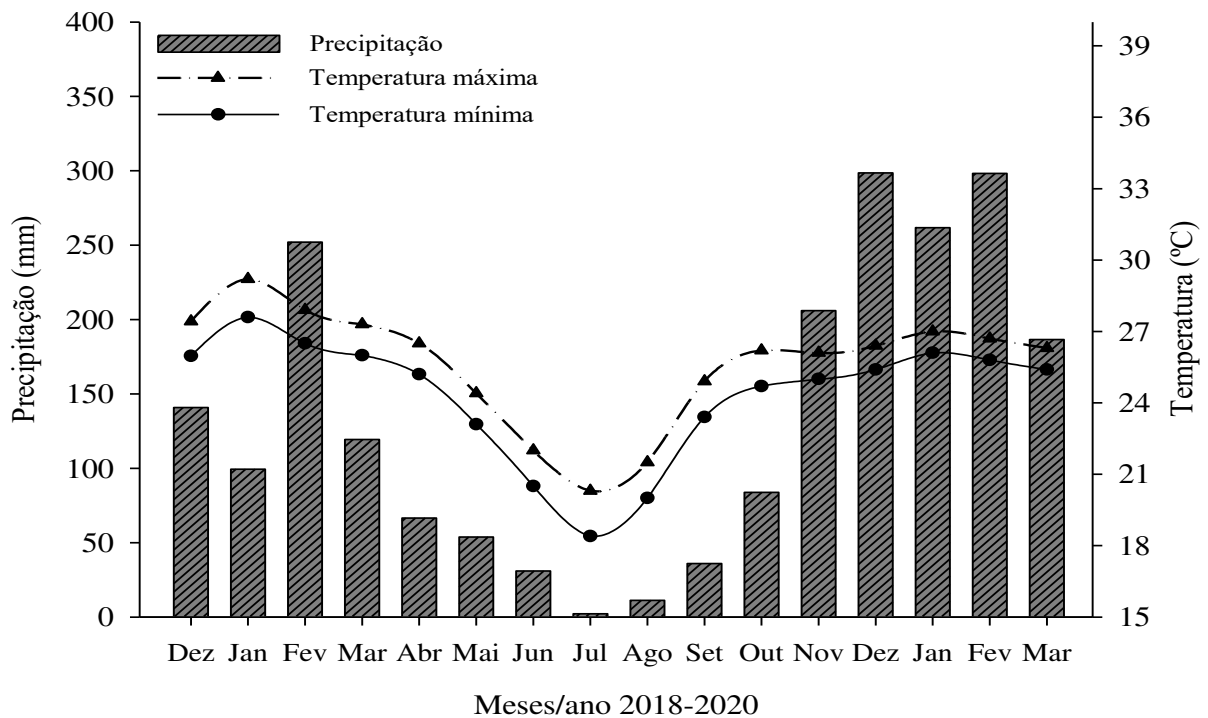


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) durante o período experimental.

O solo da área é do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico com textura argilosa (Embrapa, 2013). Para caracterização química do solo foi feita a amostragem na camada de 0-

20 cm de profundidade. Os valores médios das análises químicas do solo para os blocos 1, 2 e 3 foram, respectivamente: pH (água) 4,5; 4,8 e 4,5; fósforo (Mehlich-1) 38,2; 16,8 e 31,8 mg dm⁻³; potássio 42; 25 e 32 mg dm⁻³; cálcio 1,20; 1,77 e 1,23 cmol_c dm⁻³; magnésio 0,55; 0,89 e 0,52 cmol_c dm⁻³; alumínio 0,2; 0,2 e 0,2 cmol_c dm⁻³; H + Al 5,94; 4,95 e 6,60 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V) 23,8; 35,5 e 21,7 %; e matéria orgânica 2,42; 2,15 e 2,28 dag kg⁻¹.

O plantio da cultivar BRS Capiáçu foi realizado em uma área de aproximadamente 500 m², em novembro de 2017, em sulcos de 20-30 cm de profundidade, com espaçamento de 1,00 m entre si. A adubação de estabelecimento foi baseada nos resultados de análise do solo, sendo utilizados corretivos e fertilizantes, quando necessário. Foi realizada adubação fosfatada, distribuída no fundo dos sulcos, na base de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Quando as plantas atingiram a altura média de 50 cm, foram aplicados, a lanço, 1200 kg ha⁻¹ano⁻¹ da fórmula NPK 20-05-20.

Em dezembro de 2018, foi realizado o corte de uniformização das plantas nas parcelas experimentais de acordo com os tratamentos e iniciou-se o período de avaliação. Para as adubações de manutenção da capineira, foram aplicados, durante o período experimental, 300 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 20-05-20, divididos e distribuídos após cada corte das parcelas.

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, atribuídos em função das diferenças na fertilidade de solo e declividade da área, em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro idades de rebrota do capim-elefante BRS Capiáçu (75, 90, 105, 120 dias) e por duas alturas de resíduo do capim (10 e 50 cm), distribuídos em 24 parcelas, de 20 m², e área útil a ser colhida em cada parcela de 9 m².

2.3. Corte, ensilagem do capim e abertura dos silos

Os cortes foram realizados manualmente com auxílio de um facão de lâmina de aço, nas devidas alturas de resíduo, dentro da área útil de 9m² das parcelas. Ao longo de todo período experimental, foram realizados seis cortes referentes a idade de 75 dias, nos meses de fevereiro,

maio, julho, outubro, novembro de 2019 e fevereiro de 2020; cinco cortes aos 90 dias, nos meses de março, junho, setembro, dezembro de 2019 e fevereiro de 2020; quatro cortes para a idade de 105 dias, nos meses de março, julho, outubro de 2019 e fevereiro de 2020; e quatro cortes na idade de 120 dias, referente aos meses de abril, agosto, dezembro de 2019 e março de 2020. Após cada corte, a biomassa colhida foi pesada, para obtenção da massa verde (MV) de forragem colhida. Posteriormente, o capim foi picado em máquina forrageira estacionária em partículas de 8 mm. Uma alíquota de cada parcela foi retirada e encaminhada ao laboratório, sendo pesadas, secas em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C por 72 horas e novamente pesadas. Esses dados foram utilizados para estimativa da MS de forragem colhida. As idades de rebrota apresentaram tempo de avaliação diferentes, assim, os dados de massa de forragem colhida foram transformados para o período de um ano, sendo expressos em $\text{ton ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

As ensilagens foram realizadas apenas no primeiro corte de cada idade de rebrota e ocorreu no intervalo de fevereiro a abril do ano de 2019. Após o corte e picagem do capim, duas subamostras de aproximadamente 400 g de cada parcela foram armazenadas em sacos plásticos limpos e identificados e imediatamente congeladas a -20 °C, para posterior análises de carboidratos solúveis em água (CHOs solúveis), avaliação do perfil de AG e contagem microbiana. Além disso, amostras do capim verde picado foram encaminhadas ao laboratório, onde, foram primariamente pesadas e depois levadas a secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C por 72 horas para posterior realização das análises de valor nutritivo da forrageira antes da ensilagem.

Uma amostra de 4,5 kg do material verde picado de cada parcela foi armazenada em silos experimentais de 150 cm de comprimento, feito com eletroduto de PVC de 4 polegadas e duas tampas de borracha vulcanizada. Na parte interna da tampa inferior foi colocado um anel de eletroduto de PVC com 3 polegadas de diâmetro e 2 cm de altura e, sobre ele, um ralo redondo de PVC com 100 mm de diâmetro seguido por duas telas redondas de sombrite (malha

de 1 mm) com o mesmo diâmetro, o que permitiu separação e armazenamento do efluente da silagem até o momento de abertura do silo. As amostras de capim foram compactadas manualmente com o auxílio de um soquete de concreto, até atingirem uma densidade média de massa de forragem de 600 kg cm^{-3} . Após a compactação, um tubo de PVC 100 mm preenchido com concreto e pesando 11,6 kg foi colocado sobre a parte superior da silagem. Esse peso garantiu uma pressão constante de 146 g cm^{-2} que, segundo Francen & Strubi (1998), é representativo da pressão existente na metade inferior de um silo tipo trincheira. A tampa da parte superior do silo foi adaptada com uma válvula de Bunchen para escape dos gases produzidos. Após o fechamento, os silos permaneceram em local sombreado e na posição vertical até abertura.

Após o período de 60 dias, os silos foram abertos e as silagens foram pesadas. Duas subamostras de 400 g de silagem de cada silo foram imediatamente congeladas a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ para posterior análises de CHOs solúveis, avaliação do perfil de AG e contagem microbiana. Aproximadamente 500 g de amostras de cada silo foi primariamente pesadas e depois levadas a secagem em estufa de ventilação forçada de ar a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 horas, para estimação da ASA e posterior realização das análises químicas. Uma última amostra foi separada de cada silo, a qual foi submetida à prensagem hidráulica para obtenção do suco da silagem, para mensuração do pH, quantificação dos ácidos orgânicos e do nitrogênio amoniacal (N-NH_3).

2.4. Valor nutritivo

As amostras pré-secadas de capim e de silagem foram moídas em moinho de facas, com peneira de 1 mm de porosidade. As amostras moídas foram utilizadas para a determinação dos teores de MS (método INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM; método INCT-CA M-001/1), PB (método INCT-CA N-001/1), fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}; método INCT-CA F-002/1), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDIN, método INCT- CA N-004/1); nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA;

método INCT- CA N-005/1) e lignina (método INCT-CA F-005/1), de acordo com Detmann et al. (2012).

O ensaio de digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi realizado conforme a metodologia proposta pela ANKOM Daisy Incubator (Ankom® Technology Corporation, Fairport, NY) e descrita por Holden (1999), com exceção da solução tampão, que foi utilizada de acordo com o proposto por McDougall (1948). O material foi incubado (0,5 g de amostra) utilizando-se filter bags de tecido não tecido (TNT - 100 g m⁻² de 4 × 4,5 cm). O inóculo ruminal foi obtido de três touros, fistulados no rúmen. A dieta dos animais foi composta por cana-de-açúcar e concentrado comercial, com a relação volumoso:concentrado de 80:20 com base na MS. Os animais foram adaptados à dieta padrão por 15 dias previamente ao início das coletas. Após 48 h, os bags foram retirados, lavados e submetidos à análise de FDN (Detmann et al., 2012), para estimação da DIVMS verdadeira e da digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN).

Para avaliação do fracionamento da proteína: Fração A, frações B1, B2 e B3, e a fração C, foi utilizado a metodologia proposta por Licitra et al. (1996). Sendo a fração A, determinada pelo ácido tricloroacético (TCA) e o nitrogênio solúvel total (NS total) obtido pelo tampão borato-fosfato (TBF). Pela diferença dos teores de NS total e a fração A, obtivemos a fração B1. A fração B3 foi obtida pela diferença NIDN – NIDA. A fração C é equivalente ao NIDA e a fração B2 foi obtida da diferença do nitrogênio total com as demais frações.

2.5. Perfil de ácidos graxos

Os AG avaliados foram o ácido palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1 cis-9), linoleico (C18:2 cis-9, cis-12) α - linolênico (C18:3 cis-9, cis-12, cis-15) e os AG totais. As amostras foram previamente liofilizadas (modelo L120, Liotop, Liobras, São Carlos, SP, Brasil), moída a 1 mm e analisada segundo metodologia proposta por Sukhija e Palmquist (1988), com adaptações (Palmquist & Jenkins, 2003). Foi realizado extração de lipídeos e transesterificação em amostras contendo de 10 e 50 mg de AG total, utilizando para isso,

catálise ácida com solução metanólica de HCl (10% v/v) sob aquecimento em banho-maria por 2 horas a 70 °C. Em seguida, um cromatógrafo de gás (Agilent 6890, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, EUA; com detector de ionização de chama a 250 °C, composição de N₂ e uma proporção de 10:1) foi utilizado para separar e quantificar os ésteres metílicos de AG (FAMES). Um volume de 1,0 µL de FAMES foram injetados (divisão 1:50, temperatura de 250 °C) por meio de um amostrador automático, em uma coluna capilar de alta polaridade (HP-FFAP, 25 m x 0,2 mm x 0,33 µm), com uma fase estacionária de ácido nitroterafitálico de polietilenoglicol modificado, usando H₂ como gás de arraste a 1,0 mL min⁻¹. Utilizou-se para a corrida, temperatura inicial do forno de 100 °C, com aquecimento de 15 °C min⁻¹ até chegar aos 230 °C, sendo mantida até a completa eluição dos AG. O teor total de AG nas amostras foi calculado em g kg⁻¹ MS com base na extrapolação da área do padrão interno (C19:0; ácido nonadecanóico; Sigma Aldrich CAS 646-30-0), adicionado às amostras antes da extração e a identificação feita por comparação de seus tempos de retenção com os padrões FAME de referência (Sigma-Aldrich).

2.6. Perfil fermentativo e recuperação de matéria seca

O suco retirado após a prensa hidráulica no dia da abertura dos silos, teve seu pH determinado com potenciômetro digital (Tecnal, SP, Brasil). Desse suco, duas alíquotas de 10 mL foram retiradas e colocadas em dois frascos, um contendo 2 mL de H₂SO₄ 50% v/v (subamostra 1) e o outro contendo 2 mL de ácido metafosfórico 25% (subamostra 2). A subamostra 1 foi analisada quanto ao teor de N-NH₃ (AOAC, 1990). Enquanto a subamostra 2 foi centrifugada e analisada para determinação dos ácidos orgânicos, por meio de cromatografia líquida (Equipamento Waters alliance com Detector PAD 2998- *photodiode array detector*), com sistema de separação constituído de coluna de fase reversa C18 ODS 80A (150 x 4,6 mm x 5 µm). Onde as condições de análise foram, fase móvel isocrática constituída de 100% de solução aquosa de ácido fosfórico, pH 2,35-2,55, temperatura do forno de 40 +/- 5 °C, volume

de injeção de amostra de 10 µL, tempo de corrida de 20 minutos e detector com comprimento de excitação de onda em 210 nm. Sendo a quantificação obtida por curva de calibração, com uso de padrões externos.

Um extrato aquoso para análise de CHOs solúveis foi obtido a partir de 25 g das amostras de capins ou silagens, homogeneizados em 225 mL de solução estéril (Ring Solution®, Oxoid, England, Hampshire) por 1 minuto em liquidificador industrial. Em seguida, o pH das amostras de capim foram mensurados com o uso de um potenciômetro digital (Tecnal, SP, Brasil), logo após, o extrato foi filtrado em papel filtro Whatman 54 (Whatman, Florham, NJ) e acidificado com solução de ácido sulfúrico 1:1 para determinação dos teores de CHOs solúveis de acordo com Nelson et al. (1944).

Para a estimativa da recuperação de MS, os silos de eletrodutos de PVC foram pesados após o fechamento no dia da ensilagem e no momento da abertura conforme Jobim et al. (2007) usando a equação:

$$\text{RMS} = \text{MSab}/\text{MSfe} \times 100, \text{ onde:}$$

RMS = Recuperação de MS (%); MSab = MS da silagem na abertura (quantidade de silagem em kg × % MS); MSfe = MS do capim no fechamento (quantidade de capim em kg × % MS).

2.7. Quantificação das populações microbianas

Para quantificação das populações microbianas foi utilizado o extrato aquoso detalhado acima, da amostra e da solução salina estéril, antes da acidificação. Uma porção de 10 mL do extrato aquoso foi submetida às diluições seriadas. As diluições foram plaqueadas pela técnica *Pour plate* em placas de Petri estéreis, contendo MRS ágar (Difco™ Lactobacilli MRS Agar®), VRB ágar (Violet Red Bile Ágar®) e PDA (Potato Dextrose Ágar), acrescido com 1,5% de ácido tartárico 10%, para as quantificações de bactérias do ácido láctico (BAL), enterobactérias e fungos e leveduras, respectivamente. Para o crescimento de BAL e enterobactérias, as placas foram incubadas a 37 °C por 48 horas e para fungos e leveduras a 25

°C por 5 dias. Ao final desse tempo, a contagem foi realizada com auxílio de um contador de colônia manual (Phoenix® Modelo CP 608). Foram passíveis de contagem as placas que apresentaram entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). Para avaliação e interpretação dos dados, os resultados obtidos foram convertidos para base logarítmica (Log_{10} UFC).

2.8. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise para verificação da distribuição da normalidade dos resíduos (Shapiro Wilk, $P < 0,10$). Posteriormente, os dados originais ou transformados (quando necessário) foram analisados utilizando o procedimento para modelos mistos do PROC MIXED SAS (v.9.0), considerando-se como efeitos fixos as idades de corte, alturas de resíduo e suas interações, e como efeitos aleatórios, bloco e erro experimental. As médias foram comparadas pela diferença mínima significativa de Fischer, usando a opção PDIFF do comando LSMEANS, para a variável altura de resíduo, e por meio de regressão para a idade corte. Para todas as análises, a significância foi declarada adotando-se $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. Massa de forragem colhida

Houve efeito das idades de rebrota na MV ($P = 0,0007$) e na MS ($P = 0,0001$) de forragem colhida. Ambas apresentaram comportamento quadrático em função do aumento das idades de rebrota de 75 a 120 dias ($P = 0,0293$ e $P = 0,0132$, respectivamente; Figura 2). O mínimo estimado para a MV de forragem colhida foi de $213 \text{ ton ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, na idade de 84 dias. Para a MS de forragem colhida, o mínimo estimado foi de $36 \text{ ton ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, na idade de 75 dias. Houve também efeito das alturas de resíduo ($P < 0,0001$ e $P = 0,0001$, para MV e MS, respectivamente). Maiores valores de MV e MS de forragem colhida foram observados na altura

de resíduo de 10 cm, em comparação ao resíduo de 50 cm (274,0 vs. 206,5 ton ha⁻¹ano⁻¹ para MV e 53,6 vs. 42,3 ton ha⁻¹ano⁻¹ para MS).

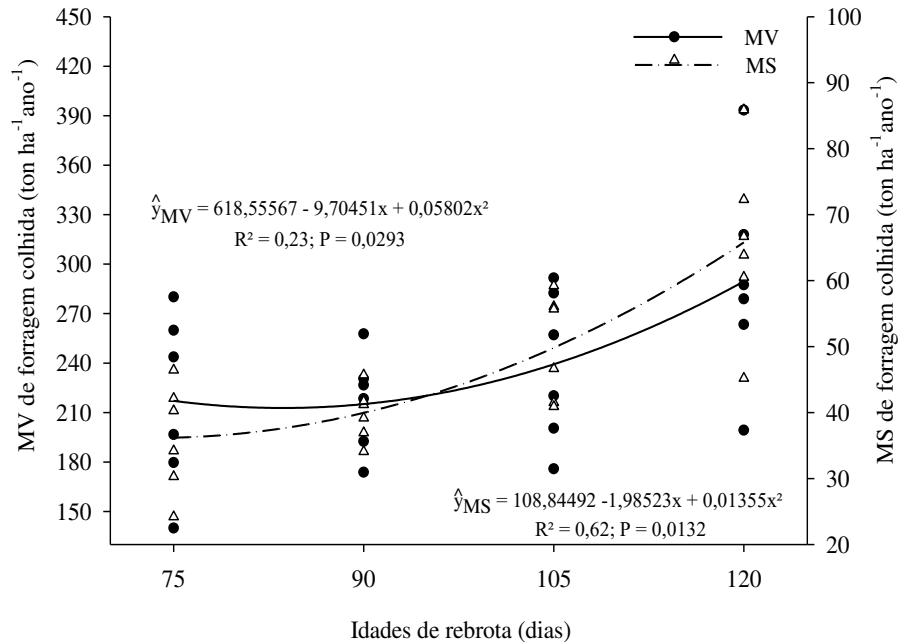


Figura 2. Massa verde e massa seca de forragem colhida (ton ha⁻¹ano⁻¹) do capim-elefante BRS Capiaçú, submetido a diferentes idades de rebrota (dias).

3.2. Valor nutritivo

O teor de MS da forragem e das silagens foram influenciados pelas idades de rebrota ($P < 0,0001$). Aumentos lineares foram observados tanto na forragem fresca ($P < 0,0001$), quanto nas silagens ($P < 0,0001$), em função da elevação das idades de rebrota (Figura 3a). Para cada dia de aumento na idade de rebrota, aumentos no teor de MS de 1,427 e 1,412 g kg⁻¹ foram observados na forragem e silagens, respectivamente. Pode-se observar que o maior aumento foi no intervalo de 90 a 105 dias, que teve uma elevação de 16% no teor de MS. Não houve diferenças no teor de MS entre as alturas de resíduos de 10 e 50 cm, na forragem ($P = 0,1376$) e nem para as silagens ($P = 0,1704$). As médias para as duas alturas foram de, 185,8 e 184,3 g kg⁻¹, na forragem e silagens, respectivamente.

Para o teor de MM na forragem colhida, foi observado efeito de interação entre as idades de rebrota e as alturas de resíduos (I x A; $P = 0,0344$). Apesar do baixo coeficiente de determinação (R^2), foi observado efeito linear decrescente no teor de MM com a elevação das idades de rebrota nas alturas de resíduo de 10 cm ($\hat{y} = 130,09 - 0,3114x$; $R^2 = 0,15$; $P = 0,0012$) e efeito quadrático entre as idades e o resíduo de 50 cm ($\hat{y} = 337,81 - 4,7367x + 0,0236x^2$; $R^2 = 0,11$; $P = 0,0010$). As médias para as idades de rebrota em relação à altura de 10 cm foram de 106,0; 104,6; 94,5 e 93,8 g kg⁻¹ MS, para as idades de 75, 90, 105 e 120 dias, respectivamente. Já para à altura de 50 cm as médias foram respectivamente de, 115,2; 103,9; 100,1 e 110,1 g kg⁻¹ MS, com valor mínimo estimado de 100,3 g kg⁻¹ MS, aos 100 dias. Para as silagens, foi observado efeito das idades de rebrota ($P = 0,0496$), mas não foram observados efeito linear ($P = 0,1948$) e nem quadrático ($P = 0,3929$). As médias observadas para os teores de MM nas idades de 75, 90, 105 e 120 dias de rebrota foram de, 107,0; 109,0; 100,0 e 105,7 g kg⁻¹ MS, respectivamente. Houve efeito das alturas de resíduo ($P = 0,0002$), sendo que o maior teor de MM foi observado na altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm (110,8 vs. 100,1 g kg⁻¹ MS) nas silagens.

Foi observado efeito das idades de rebrota para o teor de PB na forragem e silagens ($P < 0,0001$). Efeito quadrático tanto para a forragem ($P = 0,0044$), quanto para as silagens ($P = 0,0023$), foi observado em função da elevação das idades de rebrota (Figura 3b). Os teores mínimos foram de 41,2 e 41,1 g kg⁻¹ MS, aos 120 e aos 117 dias de rebrota, respectivamente, para a forragem e silagens. Foi observado também efeito das alturas de resíduo na forragem ($P = 0,0130$) e nas silagens ($P = 0,0041$). Os maiores teores de PB foram observados na altura de resíduo de 50 cm, em comparação ao resíduo de 10 cm. Os valores foram de, 55,9 vs. 50,4 g kg⁻¹ MS, para a forragem fresca e de 54,6 vs. 48,2 g kg⁻¹ MS, para as silagens, respectivamente.

Houve efeito das idades de rebrota para o teor de FDNcp na forragem fresca ($P = 0,0010$) e nas silagens ($P = 0,0027$). Aumentos lineares foram observados na forragem ($P = 0,0001$) e

nas silagens ($P = 0,0004$) em função da elevação das idades de rebrota (Figura 3c). Para cada dia de aumento na idade de rebrota, aumentos de 0,780 e 0,657 g kg⁻¹ MS de FDNcp foram observados na forragem e nas silagens, respectivamente. Maior teor de FDNcp foi observado na forragem e nas silagens com altura de resíduo de 10 cm em comparação ao resíduo de 50 cm ($P = 0,0203$ e $P = 0,0253$, respectivamente). Os valores foram de, 708,5 vs. 695,6 g kg⁻¹ MS, para a forragem fresca e de 704,6 vs. 692,8 g kg⁻¹ MS, para as silagens, respectivamente.

Foi observado efeito das idades de rebrota para a DIVMS e DIVFDN na forragem e nas silagens ($P < 0,0001$). Reduções lineares foram observadas na DIVMS (Figura 3d) e DIVFDN (Figura 3e), na forragem e nas silagens ($P < 0,0001$), em relação ao aumento nas idades de rebrota. Houve redução de 26% na DIVMS na forragem (650,5 vs. 478,0 g kg⁻¹ MS) e de 23% nas silagens (686,7 vs. 527,5 g kg⁻¹ MS), com a elevação da idade de rebrota de 75 para 120 dias. Em relação a DIVFDN, houve redução de 44% na forragem (489,3 vs. 272,9 g kg⁻¹ MS) e de 38% (541,7 vs. 335,8 g kg⁻¹ MS) nas silagens, com a elevação da idade rebrota de 75 até 120 dias. Foi observado maiores DIVMS na forragem e nas silagens na altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm ($P < 0,0001$ e $P = 0,0002$, respectivamente). Os valores foram de, 577,6 vs. 548,0 g kg⁻¹ MS, para a forragem fresca e de 622,6 vs. 594,7 g kg⁻¹ MS, para as silagens, respectivamente. Foi observado também maiores DIVFDN na forragem e nas silagens, na altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm ($P = 0,0033$ e $P = 0,0016$, respectivamente). Os valores foram de, 394,1 vs. 362,8 g kg⁻¹ MS, na forragem e de 455,9 vs. 426,1 g kg⁻¹ MS, nas silagens, respectivamente.

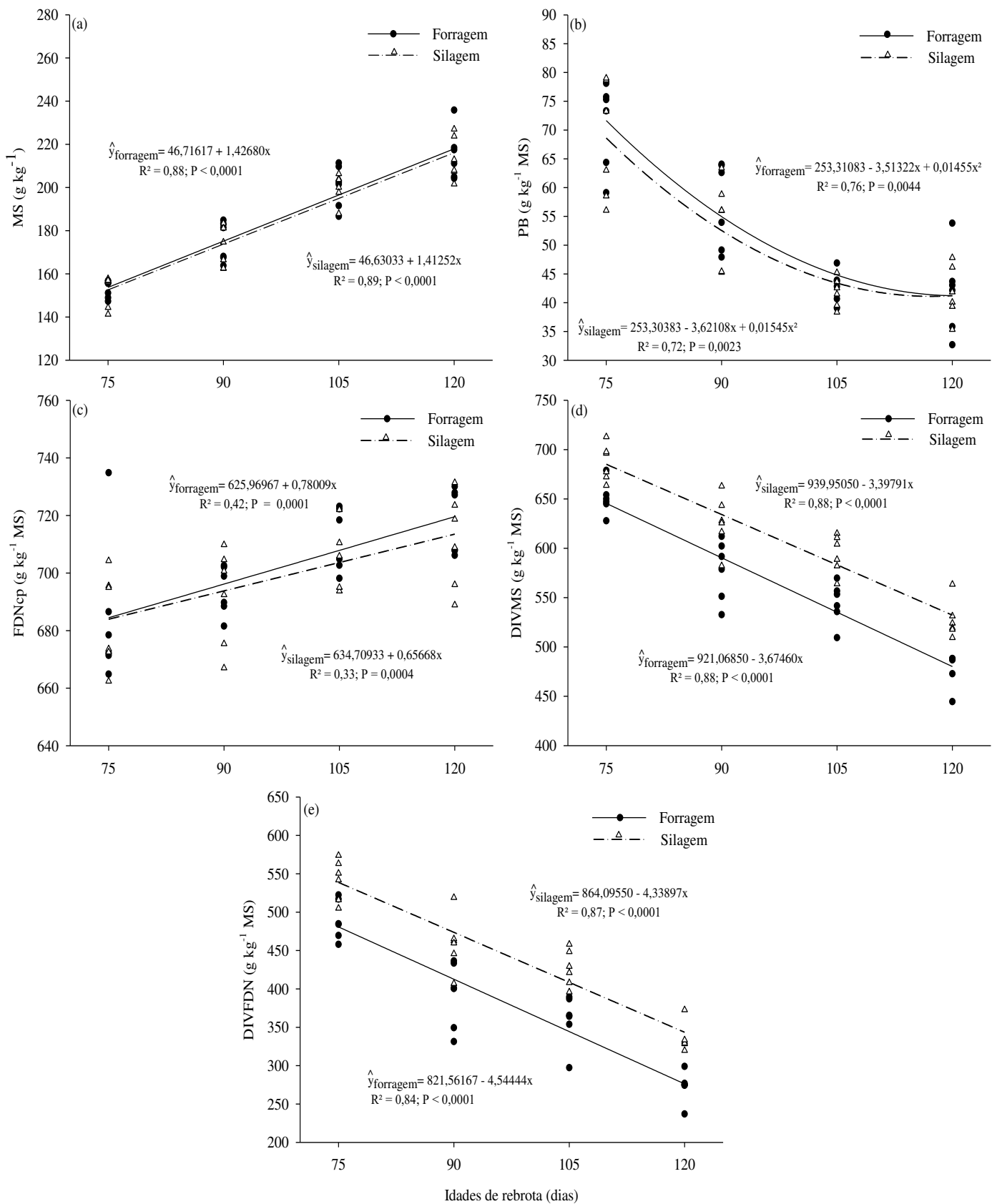


Figura 3. Matéria seca (a); proteína bruta (b); fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (c); digestibilidade *in vitro* da MS (d); digestibilidade *in vitro* da FDN (e) (expressos em g kg^{-1} MS), da forragem e silagens de capim-elefante BRS Capiaçú, submetido a diferentes idades de rebrota (dias).

O teor de lignina na forragem apresentou efeito de interação entre I x A ($P = 0,0301$). Aumentos lineares foram observados em ambas alturas de resíduo ($P < 0,0001$) com o avanço das idades de rebrota (Figura 4). Aumentos de 39 e 36% foram observados na forragem, com a elevação da idade de rebrota de 75 para 120 dias, no resíduo de 10 cm ($59,5$ vs. $82,9$ g kg⁻¹ MS) e de 50 cm ($56,9$ vs. $77,7$ g kg⁻¹ MS). Em relação a silagem (Figura 4), foi observado efeito linear para as idades de rebrota ($P < 0,0001$) e efeito das alturas de resíduo ($P = 0,0271$). Foi observado aumento de 36% no teor de lignina com a elevação da idade de rebrota de 75 para 120 dias ($56,1$ vs. $76,3$ g kg⁻¹ MS). As maiores elevações foram no intervalo das idades de 90 a 105 dias. O maior teor de lignina nas silagens foi observado na altura de resíduo de 10 cm em comparação ao resíduo de 50 cm ($68,4$ vs. $64,6$ g kg⁻¹ MS).

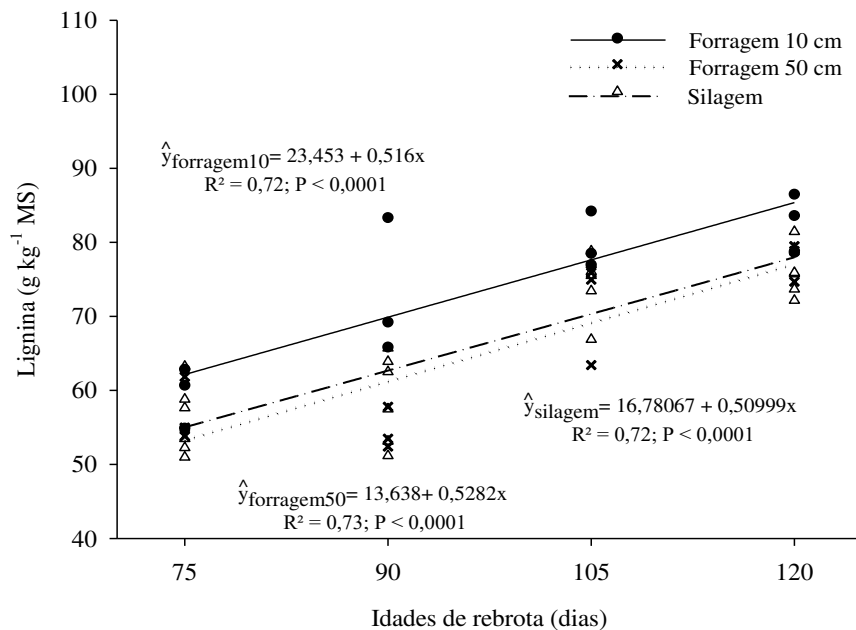


Figura 4. Teor de lignina (g kg⁻¹ MS) da forragem e silagens de capim-elefante BRS Capiaçú, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm).

Em relação ao fracionamento da proteína na forragem, foi observado efeito das idades de rebrota para o NS total ($P = 0,0177$) e para a fração C ($P < 0,0001$). Foi observado efeito linear decrescente para o teor de NS total ($\hat{y} = 380,72867 - 1,02326x$; $R^2 = 0,16$; $P = 0,0023$)

e efeito linear crescente para a fração C ($\hat{y} = 21,97900 + 0,44366x$; $R^2 = 0,45$; $P < 0,0001$), em função da elevação das idades de rebrota. As médias observadas entre as idades de 75 a 120 dias para o NS total foram de, 307,1; 284,8, 271,6 e 260,3 g kg⁻¹ N total. Para a fração C foram de, 55,2; 60,4; 71,6 e 73,7 g kg⁻¹ N total. Uma redução de 15% no teor de NS total e um aumento de 33% no teor da fração C, com o aumento da idade de rebrota de 75 dias para 120 dias. Além disso, foi observado maior teor de NS total na forragem com altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm ($P = 0,0004$; 302,5 e 259,4 g kg⁻¹ N total, respectivamente). Já para a fração C, foi observado maior valor na forragem com altura de resíduo de 10 cm em comparação ao resíduo de 50 cm ($P = 0,0003$; 70,3 e 60,1 g kg⁻¹ N total, respectivamente).

Para as silagens, também observamos efeitos das idades de rebrota para o NS total ($P < 0,0001$) e para a fração C ($P < 0,0001$). Houve redução linear no teor de NS total ($P < 0,0001$, Figura 5) e aumento linear da fração C ($P < 0,0001$, Figura 5), em função do aumento das idades de rebrota de 75 para 120 dias. Redução de 17% no teor de NS total (612,1 vs. 508,6 g kg⁻¹ N total) e aumento de 55% na fração C (57,2 vs. 88,2 g kg⁻¹ N total). Além disso, maior teor de NS total foi observado na altura de resíduo de 50 cm em comparação a de 10 cm ($P = 0,0143$ 573,7 vs. 551,2 g kg⁻¹ N total). Para a fração C, não foi observado diferenças nos teores entre as alturas de resíduo ($P = 0,0547$), apresentando média de 73,3 g kg⁻¹ N total.

A fração A na forragem teve efeito da interação I x A ($P = 0,0455$). Na altura de resíduo de 10 cm, foi observado efeito linear decrescente com a elevação das idades de rebrota de 75 para 120 dias ($\hat{y} = 345,63 - 1,3904x$; $R^2 = 0,56$; $P = 0,0015$). As médias apresentadas para as idades de 75, 90, 105 e 120 dias foram respectivamente de, 244,7; 220,1; 190,3 e 185,1 g kg⁻¹ N total. Uma redução de 24% no teor da fração A, da idade de 75 para 120 dias. Para o resíduo de 50 cm, não foi observado efeito linear ($P = 0,8245$) ou quadrático ($P = 0,3929$), em função das idades de rebrota, apresentando média de 248,6 g kg⁻¹ N total.

Nas silagens, foi observado efeito das idades de rebrota para a fração A ($P < 0,0001$). Houve efeito linear decrescente em função da elevação das idades de rebrota ($\hat{y} = 640,27533 - 1,50459x$; $R^2 = 0,50$; $P < 0,0001$). As médias da fração A para as idades de 75, 90, 105 e 120 dias foram de, 523,8; 505,3; 492,3 e 452,9 g kg⁻¹ N total. Redução de 13% com a elevação das idades de rebrota de 75 dias para 120 dias. No intervalo das idades de rebrota de 105 a 120 dias, foi observada a maior redução. Em relação as alturas de resíduo, maiores teores foram observados com altura de resíduo de 50 cm em comparação a de 10 cm ($P = 0,0480$; 500,9 vs. 486,2 g kg⁻¹ N total).

Não foram observadas diferenças entre as idades de rebrota para as frações da proteína verdadeira, B1 ($P = 0,1405$), B2 ($P = 0,6435$) e B3 ($P = 0,8076$) da forragem fresca. As médias observadas foram, respectivamente de, 51,6; 377,0 e 275,1 g kg⁻¹ N total. Foi observada diferença entre as alturas de resíduo apenas para a fração B2 ($P = 0,0242$), onde, o maior teor foi para a altura de resíduo de 10 cm em comparação ao resíduo de 50 cm (392,6 vs. 361,4 g kg⁻¹ N total). Para a fração B1 ($P = 0,4289$) e B3 ($P = 0,9135$) as médias das alturas de resíduo foram de, 51,6 e 275,1 g kg⁻¹ N total, respectivamente.

Nas silagens, foram observados efeitos das idades de rebrota para as frações B1 ($P < 0,0001$) e B2 ($P = 0,0003$). Redução linear foi observada na fração B1 em função da elevação das idades de rebrota ($\hat{y} = 144,99583 - 0,78050x$; $R^2 = 0,54$; $P < 0,0001$). As médias para as idades de 75, 90, 105 e 120 dias foram de, 88,3; 75,5; 56,1 e 55,7 g kg⁻¹ N total. Uma redução de 37% com a elevação das idades de rebrota de 75 dias para 120 dias. O intervalo entre as idades de 90 a 105 dias foi o que apresentou a maior redução. Maior teor da fração B1 foi observado na altura de resíduo de 50 cm em comparação a de 10 cm ($P = 0,0461$; 72,8 vs. 65,0 g kg⁻¹ N total). Para a fração B2, aumento linear foi observado nas silagens em função da elevação nas idades de rebrota de 75 para 120 dias ($\hat{y} = 74,33750 + 1,70761x$; $R^2 = 0,52$; $P < 0,0001$), com aumento de 39% (204,3 vs. 284,0 g kg⁻¹ N total). Não houve diferença entre as

duas alturas de resíduo ($P = 0,2739$), e a média observada para a fração B2 foi de $240,8 \text{ g kg}^{-1}$ N total.

Já para a fração B3 nas silagens, não foram observadas diferenças entre as idades de rebrota ($P = 0,7176$) e nem entre as alturas de resíduo ($P = 0,5145$). O valor médio observado foi de $123,3 \text{ g kg}^{-1}$ N total.

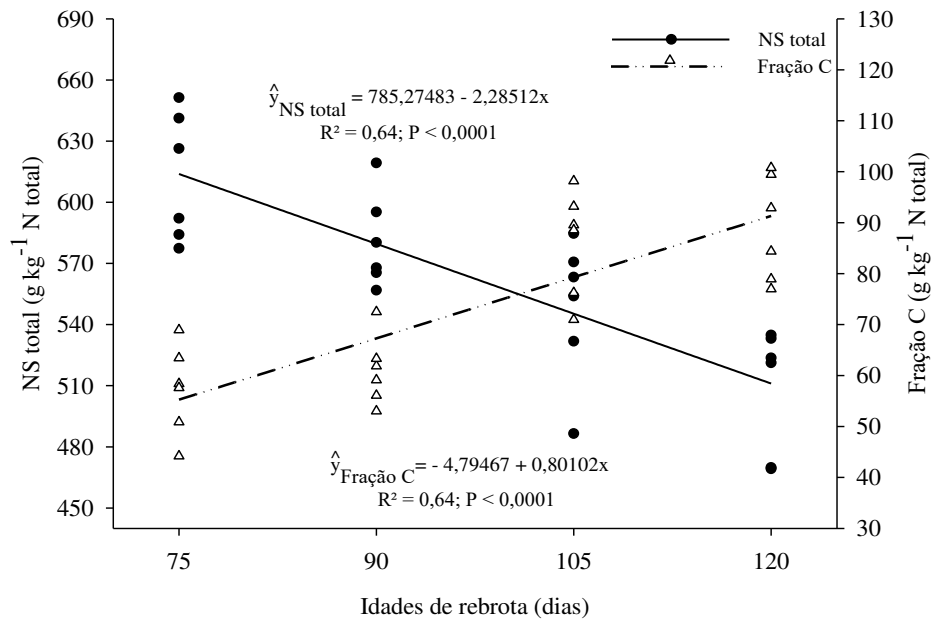


Figura 5. Nitrogênio solúvel total e fração C (expressos em g kg^{-1} N total) nas silagens do BRS Capiapu, submetido a diferentes idades de rebrota (dias).

Em relação aos teores de CHOs solúveis da forragem antes da ensilagem, não foram observadas diferenças entre as idades de rebrota ($P = 0,1601$) e nem entre as alturas de resíduo ($P = 0,1391$). O valor médio observado foi de $74,5 \text{ g kg}^{-1}$ MS.

Para os valores de pH mensurados na forragem fresca, foi observado efeito de interação $I \times A$ ($P = 0,0365$). Foi observado efeito quadrático do pH na forragem em relação as idades de rebrota na altura de resíduo de 10 cm ($\hat{y} = 1,1433 + 0,0946x - 0,0005x^2$; $R^2 = 0,67$; $P = 0,0012$) e de 50 cm ($\hat{y} = 3,734 + 0,0477x - 0,0002x^2$; $R^2 = 0,24$; $P = 0,0458$). As médias observadas no valor de pH na altura de 10 cm, para as idades de rebrota de 75 a 120 dias foram de,

respectivamente, 5,68; 6,03; 6,05 e 6,00. Para a altura de resíduo de 50 cm foram de, 5,93; 6,06; 6,04 e 5,94. Nas idades de 95 e 119 dias foi observado o maior valor estimado de pH na altura de resíduo de 10 cm e de 50 cm, respectivamente.

3.3. Perfil dos ácidos graxos

Foi observado efeito das idades de rebrota para todos os AG avaliados ($P < 0,05$). Para o ácido palmítico, efeito quadrático foi observado na forragem, em relação as idades de rebrota ($P < 0,0001$; Figura 6a). Nas silagens, foi observado um efeito linear decrescente do ácido em função do aumento das idades de rebrota de 75 para 120 dias ($P < 0,0001$; Figura 6a), com uma redução de 41% (2,147 vs. 1,267 g kg⁻¹ MS). Além disso, maior teor do ácido palmítico foi observado na altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm, na forragem ($P < 0,0001$; 1,733 vs. 1,492 g kg⁻¹ MS) e silagens ($P = 0,0048$; 1,746 vs. 1,562 g kg⁻¹ MS).

Foi observado comportamento quadrático do ácido esteárico na forragem ($P < 0,0001$; Figura 6b) e nas silagens ($P = 0,0003$; Figura 6b) em função das idades de rebrota. O teor mínimo estimado foi de 0,105 e 0,113 g kg⁻¹ MS aos 117 e aos 109 dias de rebrota, na forragem e silagens, respectivamente. Maior teor do ácido esteárico foi observado com a altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm, para a forragem ($P = 0,0014$; 0,137 vs. 0,124 g kg⁻¹ MS) e silagens ($P = 0,0020$; 0,141 vs. 0,129 g kg⁻¹ MS).

Reduções lineares foram observadas tanto na forragem, quanto nas silagens para os ácidos oleico ($P < 0,0001$; Figura 6c) e linoleico ($P < 0,0001$; Figura 6d) com a elevação nas idades de rebrota. Em função da elevação das idades de rebrota de 75 para 120 dias, houve redução de 46% no teor de ácido oleico na forragem (0,353 vs. 0,189 g kg⁻¹ MS) e de 52% nas silagens (0,337 vs. 0,162 g kg⁻¹ MS). E reduções de 23 e 38% nos teores de ácido linoleico, na forragem (1,892 vs. 1,453 g kg⁻¹ MS) e silagens (1,783 vs. 1,105 g kg⁻¹ MS). As maiores reduções de ambos os ácidos nas silagens foram no intervalo das idades de rebrota de 90 a 105 dias. Na forragem, maiores teores para a altura de resíduo de 50 cm em comparação ao resíduo

de 10 cm foram observados para o ácido oleico ($P < 0,0001$; 0,276 vs. 0,234 g kg⁻¹ MS) e para o ácido linoleico ($P < 0,0001$; 1,774 vs. 1,562 g kg⁻¹ MS). Nas silagens, maior teor de ácido oleico seguiu superior para a altura de resíduo de 50 cm ($P = 0,0022$; 0,260 vs. 0,227 g kg⁻¹ MS). Já para o ácido linoleico, não foi observada diferença entre as alturas de resíduo ($P = 0,0602$), apresentando média de 1,408 g kg⁻¹ MS.

Efeitos quadráticos foram observados para o ácido α -linolênico (Figura 6e) e para os AG totais (Figura 6f), na forragem ($P = 0,0010$ e $P = 0,0002$, respectivamente) e silagens ($P < 0,0001$ e $P = 0,0076$, respectivamente) em relação ao aumento nas idades de rebrota. Os teores mínimos estimados para o α -linolênico na forragem (1,677 g kg⁻¹ MS) e nas silagens (1,247 g kg⁻¹ MS) foram nas idades de rebrota de 110 e 114 dias, respectivamente. Em relação aos AG totais, os valores mínimos estimados na forragem (5,026 g kg⁻¹ MS) e nas silagens (4,116 g kg⁻¹ MS), foram nas idades de rebrota de 116 e 120 dias, respectivamente. Para as alturas de resíduo, observamos superioridade na altura de 50 cm em comparação ao resíduo de 10 cm, para o ácido α -linolênico, na forragem ($P < 0,0001$; 2,255 vs. 1,770 g kg⁻¹ MS) e silagens ($P = 0,0002$; 1,896 vs. 1,595 g kg⁻¹ MS), assim como, para quanto para os AG totais, na forragem ($P < 0,0001$; 6,438 vs. 5,432 g kg⁻¹ MS) e silagens ($P = 0,0006$; 5,789 vs. 5,134 g kg⁻¹ MS).

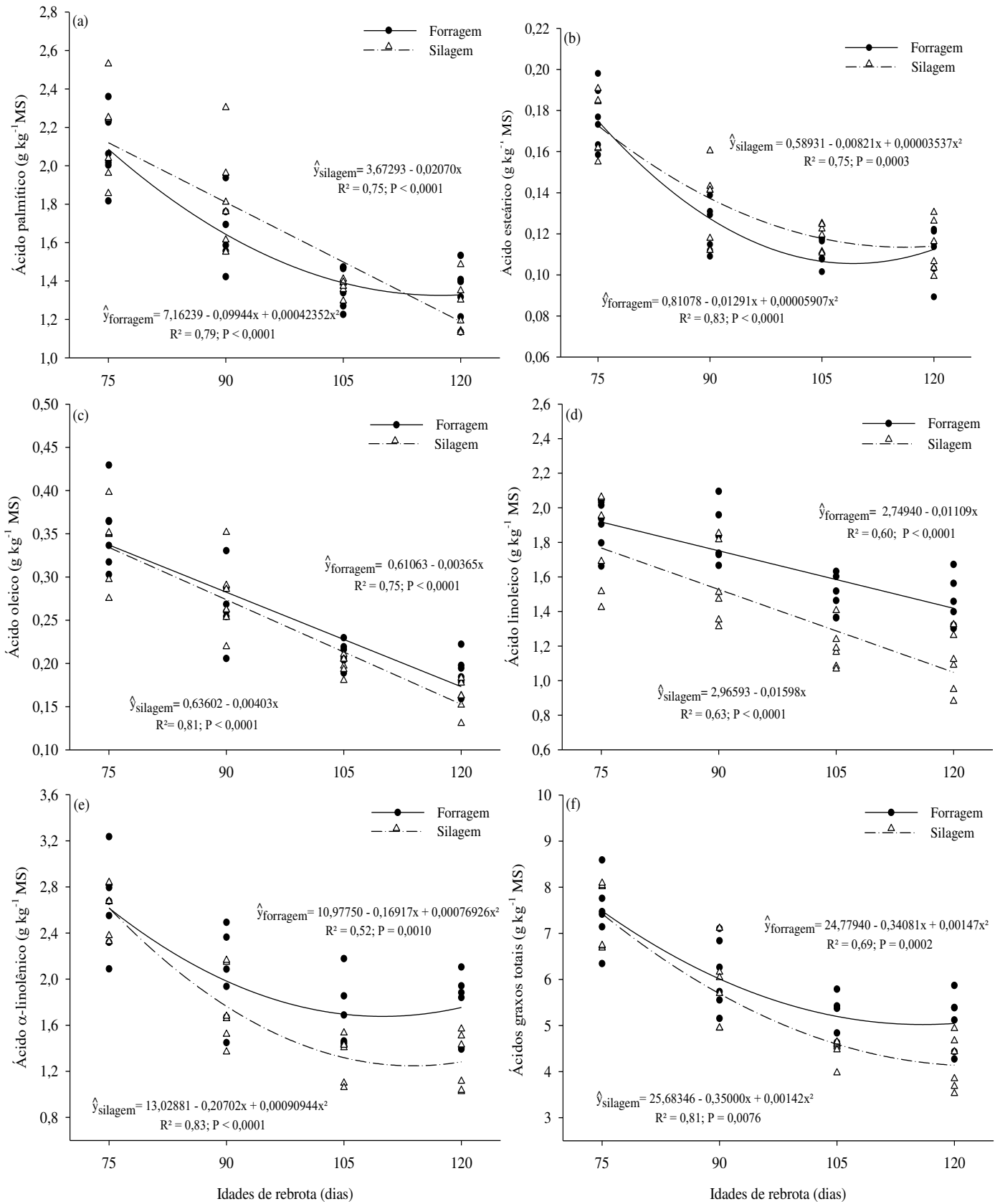


Figura 6. Ácido palmítico (a); ácido esteárico (b); ácido oleico (c); ácido linoleico (d); ácido α -linolênico (e); ácidos graxos totais (f) (expressos em g kg⁻¹ MS) da forragem e silagens de capim-elefante BRS Capiçu, submetido a diferentes idades de rebrota (dias).

3.4. Perfil de fermentação e recuperação de matéria seca

Não houve efeito das idades de rebrota sobre os valores de pH nas silagens ($P = 0,4903$; Tabela 1). Já em relação as alturas de resíduo, maior pH foi observado na altura de resíduo de 50 cm em comparação a altura de 10 cm ($P = 0,0047$).

Para o $N-NH_3$, houve efeito das idades de rebrota ($P = 0,0248$). Redução linear foi observada com a elevação das idades ($\hat{y} = 122,88950 - 0,26776x$; $R^2 = 0,15$; $P = 0,0198$), porém com R^2 baixo. Não houve diferenças no teor de $N-NH_3$ para as duas alturas de resíduo ($P = 0,9427$; Tabela 1).

Os ácidos láctico, acético e butírico, assim com a relação ácido láctico:ácido acético e o teor de CHOs solúveis residuais nas silagens, não apresentaram diferenças entre as idades de rebrota e nem entre as alturas de resíduos ($P > 0,05$; Tabela 1).

Já o ácido propiônico, apresentou efeito de interação $I \times A$ ($P = 0,0124$; Tabela 1). Foi observado efeito linear decrescente em relação a elevação das idades de rebrota para a altura de resíduo de 10 cm ($\hat{y} = 5,1587 - 0,0324x$; $R^2 = 0,60$; $P = 0,0003$), e para a de 50 cm ($\hat{y} = 7,8352 - 0,0543x$; $R^2 = 0,74$; $P < 0,0001$). Houve uma redução de cerca de 44% no teor de ácido propiônico com a elevação das idades de rebrota de 75 para 120 dias, na altura de resíduo de 10 cm (2,83 vs. 1,58 g kg⁻¹ MS). Já para a altura de resíduo de 50 cm, a redução foi de 70% (3,59 vs. 1,07 g kg⁻¹ MS).

Para a RMS, foi observado efeito das idades de rebrota ($P < 0,0001$). Efeito linear crescente foi observado com o aumento das idades de rebrota ($P < 0,0001$; Figura 7). Aumentos de cerca de 13% com a elevação da idade de 75 para 120 dias (832,3 vs. 941,9 g kg⁻¹ MS). O maior aumento ocorreu no intervalo das idades de 90 a 105 dias. Não houve efeito das alturas de resíduo ($P = 0,1241$). A média das duas alturas foi de, 892,9 g kg⁻¹ MS.

Tabela 1. Perfil fermentativo das silagens de capim-elefante BRS Capiacu, submetido a diferentes idades de rebrota (dias) e alturas de resíduo (cm)

Item	Alturas (cm)	Idades (dias)				Média	EPM	P-valor				
		75	90	105	120			Idade	Altura	I*A	Linear	Quadrático
pH	10	3,46	3,58	3,49	3,53	3,51 b						
	50	3,62	3,59	3,58	3,59	3,59 a						
	Média	3,54	3,58	3,54	3,56		0,0428	0,4903	0,0047	0,2419	0,9003	0,6751
N-NH ₃ (g kg ⁻¹ N total)	10	99,9	99,2	103,5	85,0	96,9						
	50	102,5	96,4	99,7	88,0	96,6						
	Média	101,2	97,8	101,6	86,5		4,8294	0,0248	0,9427	0,8430	0,0198	0,1095
Ácido lático (g kg ⁻¹ MS)	10	59,56	50,05	42,51	48,43	50,14						
	50	49,48	51,43	46,51	40,35	46,94						
	Média	54,52	50,74	44,51	44,39		5,6876	0,2408	0,4345	0,5338	0,0579	0,6519
Ácido acético	10	4,95	5,48	3,81	4,96	4,80						
	50	5,26	4,87	4,47	2,64	4,31						
	Média	5,10	5,18	4,14	3,80		0,7102	0,1771	0,3457	0,2023	0,0449	0,6869
Lático:Acético	10	12,71	9,48	11,24	12,30	11,43						
	50	9,95	10,71	10,53	15,34	11,63						
	Média	11,33	10,09	10,89	13,82		1,7585	0,1515	0,8591	0,3305	0,1221	0,0834
Ácido propiônico	10	2,83	2,35	1,22	1,58	2,00					0,0003	0,0898
	50	3,59	3,04	2,46	1,07	2,54					<0,0001	0,0933
	Média	3,21	2,69	1,84	1,33		0,2330	<0,0001	0,0051	0,0124		
Ácido butírico	10	0,57	0,93	0,23	0,80	0,65						
	50	0,80	0,71	0,74	0,61	0,71						
	Média	0,69	0,82	0,51	0,71		0,2325	0,6191	0,6986	0,4217	0,7323	0,8657
CHOs residuais	10	9,56	6,46	8,78	7,81	8,15						
	50	8,95	4,01	7,06	9,72	7,44						
	Média	9,25	5,23	7,92	8,76		2,1825	0,2311	0,6208	0,7159	0,8493	0,1069

^aLetras diferentes na coluna indicam diferença entre as alturas de resíduo por PDIFF (P < 0,05); ^bEPM = erro-padrão da média; ^cInteração entre idade de rebrota (I) e altura de resíduo (A).

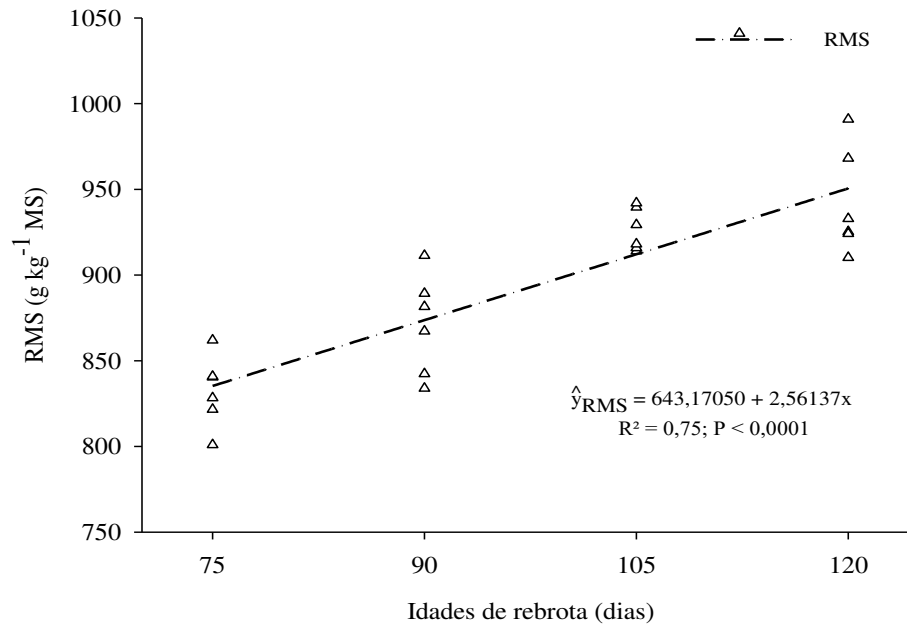


Figura 7. Recuperação de MS (g kg^{-1} MS) das silagens de capim-elefante BRS Capiacu, submetido a diferentes idades de rebrota (dias).

3.5. Populações microbianas

Não houve efeito na contagem de BAL em relação às idades de rebrota na forragem ($P = 0,1129$) e silagens ($P = 0,1944$). Também não houve efeito na contagem de BAL em relação às alturas de resíduo na forragem ($P = 0,1037$) e silagens ($P = 0,3212$). As médias foram de, 5,600 e 4,303 $\log \text{UFC g}^{-1}$ na forragem fresca e nas silagens, respectivamente.

Não foram detectadas a presença de enterobactérias, fungos e leveduras nas silagens. Para a forragem, houve efeito de interação I x A na contagem de enterobactérias ($P = 0,0401$). Porém, com o desdobramento da interação, não houve efeitos lineares para a altura de 10 ($P = 0,2328$) e 50 cm ($P = 0,2261$) e nem efeitos quadráticos para a altura de 10 ($P = 0,5068$) e 50 cm ($P = 0,4685$). O valor médio observado foi de 5,409 $\log \text{UFC g}^{-1}$.

Para a contagem de fungos na forragem, não foi observado efeito das idades de rebrota ($P = 0,0664$) e nem das alturas de resíduo ($P = 0,8730$). A média da contagem foi de 4,271 $\log \text{UFC g}^{-1}$.

Foi observado efeito das idades de rebrota para a contagem de leveduras na forragem fresca ($P = 0,0428$), porém, não foi observado efeito linear ($P = 0,0845$) e nem quadrático ($P = 0,7560$). Também não houve efeito entre as duas alturas de resíduo para a variável ($P = 0,6993$). O valor médio apresentado pela população de leveduras na forragem foi de $6,349 \log \text{ UFC g}^{-1}$.

4. DISCUSSÃO

De acordo com as diferentes estratégias de manejo aqui avaliadas para o capim-elefante BRS Capião, observamos primeiramente alterações sobre sua massa de forragem colhida. A MV e MS da forragem colhida apresentaram pontos mínimos estimados dentro do intervalo das menores idades de rebrota (Figura 2). Aumentos na produção do BRS Capião sob crescentes idades de rebrota foram observados no trabalho de Pereira et al. (2016); Monção et al. (2019) e Monção et al. (2020). Monção et al. (2020) observaram aumentos diários de 1.081 kg ha^{-1} e 237 kg ha^{-1} , na produção de MV e MS, respectivamente, com a elevação da idade da gramínea de 30 a 120 dias. Os autores observaram que a forragem colhida com cortes menos frequentes, ou seja, com maior idade de rebrota, apresentam maior acúmulo de forragem, conseqüentemente maiores produtividades, devido principalmente ao espessamento da parede celular.

Era de se esperar uma massa de forragem colhida maior na idade de 90 dias em comparação a de 75 dias. Essa pequena diferença entre as duas idades de rebrota, principalmente na base da MV, se deve muito provavelmente as condições ambientais externas que as rebrotas foram submetidas. Na idade de 90 dias o capim teve uma de suas rebrotas no intervalo de junho a setembro, período com as menores precipitações e temperaturas (Figura 1), fato que possivelmente foi preponderante para redução na sua produção. Além dos fatores climáticos desfavoráveis, houve intenso ataque por cigarrinhas das pastagens, durante esse período, principalmente pelas espécies *Mahanarva fimbriolata* e *M. spectabilis*, que possivelmente tiveram também forte impacto sobre as características produtivas da planta

forageira. As plantas manejadas em todas as idades de rebrota avaliadas sofreram com os ataques das cigarrinhas das pastagens, porém, o momento de alta infestação pelos insetos, coincidiu com a rebrotação inicial das plantas cortadas com 90 dias de rebrota, o que possivelmente comprometeu ainda mais o desenvolvimento, acarretando em maiores prejuízos produtivos para essa idade.

Além disso, a MV e MS de forragem colhida apresentaram-se cerca de 33 e 26%, respectivamente, superiores com a adoção da menor altura de resíduo da gramínea. No caso do corte com a maior altura de resíduo, boa parte do colmo da planta forrageira permanece no campo, não sendo contabilizado na massa de forragem colhida. No trabalho de Leal et al. (2020) correlações positivas entre a altura da planta do BRS Capiáçu com a produção de MS foram observadas. E a produção de MS por sua vez, apresentou correlações positivas com os teores de MS e FDN e negativas com os teores de PB, MM e a DIVMS, demonstrando a relação inversa que ocorre entre produtividade e qualidade da forrageira.

No presente trabalho, houve redução no valor nutritivo com o avanço da idade das plantas. Este padrão de resposta esteve associado com as mudanças na composição química, desencadeadas, também, pelas diferenças morfofisiológicas. Lopes et al. (2021) citam em seu trabalho que, as principais alterações morfofisiológicas que ocorrem na planta em função da elevação em sua maturidade são, o alongamento de colmos, senescência foliar, redução da relação lâmina foliar:colmo, espessamento da parede celular e lignificação, devido a maior necessidade da planta por tecidos de sustentação em consequência de colmos mais longos e espessos.

Lounglawan et al. (2014) destacaram que a colheita de plantas mais jovens e com maior proporção de lâminas foliares reflete no maior teor de PB e menores teores de compostos fibrosos, quando em comparação a idades mais avançadas, caracterizadas por plantas maduras, que investem grande parte do conteúdo celular em constituintes de parede celular. No presente

trabalho, o intervalo das idades de 90 a 105 dias, foram observados os maiores aumentos na MS, FDN_{cp} e lignina, (16, 2,0 e 26%, respectivamente), nas silagens. Em contrapartida, teores mínimos estimados de PB na idade de 120 dias de rebrota para a forrageira e muito próximo a essa, no caso das silagens. Em consequência a essas alterações na composição química, observamos também reduções lineares nos valores de DIVMS e DIVFDN na forragem e silagens em função do avanço da idade da planta.

A redução do valor nutritivo do BRS Capiacu de acordo com a elevação das idades de rebrota também foram relatados nos trabalhos de Pereira et al. (2016); Monção et al. (2019); Leal et al. (2020); Lopes et al. (2021). Leal et al. (2020) complementam que a dinâmica do teor de PB está relacionada ao efeito de diluição em relação ao aumento da produtividade. Vale ressaltar que no presente trabalho, as silagens com idade de 75 dias de rebrota foram as únicas que se aproximaram ao teor mínimo de PB recomendado por Van Soest (1994), que é de 70 g kg⁻¹ MS, que garante adequada atividade microbiana ruminal. E apesar da maior altura de resíduo da gramínea ter beneficiado no aumento da PB, os valores médios de ambas alturas ficaram abaixo desse valor recomendado.

As alturas de resíduo avaliadas também impactaram no valor nutritivo da forragem e silagens. No geral, foram observados maiores teores de FDN_{cp} e lignina e menores teores de MM e PB com as menores alturas de resíduo, influenciando negativamente os valores de DIVMS e DIVFDN. Esses resultados podem ser explicados pela maior participação de colmos na biomassa cortada e ensilada mais rente do nível do solo e que por consequência reduz a relação lâmina foliar:colmo (Santos et al., 2001; Figueira et al., 2016). Elizondo-Salazar, (2017) também observou melhorias no valor nutritivo do capim-elefante cv. Taiwan, com a elevação da altura de resíduo da gramínea de 15 para 45 cm, mas, como apresentado nesse trabalho, essa maior altura impactou em menor massa de forragem colhida.

Além das alterações no teor de PB na forragem e silagens em função dos diferentes manejos, houve também alterações quanto as suas frações. Essa identificação das frações proteicas é importante no sentido de conhecer como essa disposição poderá impactar na degradação ruminal, no crescimento microbiano e por consequência na eficiência de utilização do alimento pelo animal (Leite et al., 2021).

O NS total obtido pelo somatório das frações solúveis A e B1, teve comportamento similar na forragem e silagens, e foi reduzindo com a elevação das idades de rebrota, bem como na menor altura de resíduo. No intervalo das idades de rebrota de 105 a 120 dias, foram observados os maiores decréscimos do NS total (7%) e da fração A (8%). A fração A, representada pelo nitrogênio não proteico (NNP), é a fração mais rapidamente solubilizada no rúmen, sendo assumida como completamente degradável no rúmen (Lima et al., 2008), composto de aminoácidos, peptídeos, ácidos nucleicos, nitratos, amidas, aminas e amônia. A fração B1 é solúvel, sendo a fração da proteína verdadeira com a taxa de degradação ruminal mais rápida (Lima et al., 2008).

A redução nas proporções das frações A e B1 devido a elevação nas idades de rebrota e da menor altura de resíduo, pode ser atribuído às alterações nas características morfológicas da gramínea em relação ao seu estágio de maturidade e altura de resíduo, semelhante ao comportamento observado pela PB. Tanto na menor idade de rebrota, quanto na maior altura de resíduo, há maior relação lâmina foliar:colmo, com predomínio de folhas metabolicamente ativas, que contribuíram para maiores teores de PB, bem como em suas frações mais solúveis.

Monção et al. (2020) também observaram redução da fração A da PB na cultivar BRS Capiacu com o aumento da idade de rebrota de 30 para 120 dias. Para esses autores, essa redução na fração solúvel está associada com a migração dos compostos nitrogenados do conteúdo celular para a parede celular, devido a maturidade fisiológica da planta, proporcionada pelas menores frequências de cortes.

Embora não tenha sido feita a comparação dos teores apresentados na forragem em relação as silagens, foi observado aparentemente valores mais altos da fração A da PB nas silagens, e isso pode ser devido a fermentação, onde, parte da proteína pode sofrer proteólise, sendo convertida em NNP (Pires et al., 2009). Segundo Leite et al. (2021), maior participação das frações A e B1 são desejáveis, pois são rapidamente degradada no rúmen, podendo resultar em maior desempenho animal, já que, esse desempenho está diretamente associado a otimização na produção de proteína microbiana, pela maior quantidade de nitrogênio solúvel, uma vez que a quantidade de energia não limite o crescimento microbiano.

Henriques et al. (2007) observaram que de maneira geral, maiores frações B1 e B2 estava associado juntamente a menores frações B3 e C da PB. Eles propuseram que parece haver uma redistribuição das frações proteicas dentro das plantas. Nesse trabalho, porém, observamos aumentos lineares na fração B2 nas silagens, em decorrência do aumento das idades de rebrota, diferentemente do observado pela fração B1, mas semelhante a fração C. O maior aumento da fração C ocorreu no intervalo de 90 a 105 dias, cerca de 41%. A fração B3 por sua vez, não foi influenciada nem pelas idades de rebrota e nem pelas alturas de resíduo. Para Lima et al. (2008), a fração B2, é considerada insolúvel e com taxa de degradação ruminal intermediária. A fração B3 também é insolúvel, porém de lenta degradação. Já a fração C, segundo os autores é a porção indigestível, não apresentando degradação no rúmen, ou seja, é a fração que mais impacta negativamente a qualidade da proteína.

Leite et al. (2021) afirmam que as frações B2 e B3 estão associadas a membranas da parede celular que se ligam à hemicelulose. O aumento da fração B2 nas silagens observado no presente estudo em decorrência da elevação do estágio de maturidade e da menor altura de resíduo da gramínea, pode estar associado ao aumento da FDN com a adoção dessas estratégias. Para Licitra et al. (1996), a fração C corresponde ao nitrogênio ligado a lignina, complexos tanino-proteicos e produtos da reação de Maillard. O seu aumento em relação a elevação das

idades de rebrota, bem como sua maior participação na menor altura de resíduo, muito provavelmente está associado ao aumento nos teores de lignina com essas condições de manejo.

A maturidade da planta e a altura de resíduo adotada no momento do corte, afetam então a composição dos constituintes da parede celular, bem como suas proporções na silagem e isso pode impactar nas frações proteicas que ali estão inseridas, como nesse estudo, influenciou as frações B2 e C. Porém, é pertinente relatar que, mesmo com o crescente aumento da fração C na forragem e silagens com o aumento das idades de rebrota, bem como na menor altura de resíduo, os valores permaneceram muito abaixo do nível crítico proposto por Van Soest & Mason (1991), de $200 \text{ g kg}^{-1} \text{ N total}$. Que é característico de uma boa preservação, já que, o aumento dessa fração é indesejável no aspecto nutricional e de conservação, pois, é indicativo que ocorreu aquecimento nas silagens (Van Soest, 1994). Ainda vale destacar que, as frações mais solúveis apresentaram comportamento inverso da fração indisponível (Figura 5), ou seja, parece realmente haver dentro da planta uma priorização de determinadas frações de acordo com o estágio de desenvolvimento da forrageira, como proposto por Henriques et al. (2007).

Os AG avaliados segundo Fernandes et al. (2007), são os mais comuns na fração lipídica dos vegetais, representando cerca de 90% do total. Esses AG são constituintes estruturais das membranas celulares dos cloroplastos, desempenhando funções energéticas e de reservas metabólicas, além de participarem da formação de hormônios (Silva et al., 2007). Para Lopes et al. (2021) os ácidos α - linolênico e linoleico, juntamente com o oleico, são os principais substratos para a produção do ácido vacênico, pelas bactérias ruminais, que por sua vez, é o precursor da síntese da maior parte do ácido rumênico na glândula mamária, considerado o principal isômero do ácido linoleico conjugado (CLA) em bovinos. O CLA é um ácido de grande interesse, devido aos seus potenciais benefícios à saúde humana (Dias et al., 2013).

Foi observado um padrão de diminuição nos teores dos AG com a elevação da maturidade da forragem, o que refletiu no mesmo padrão apresentado pelas silagens. O

intervalo das idades de rebrota de 90 a 105 dias, foi o que promoveu os maiores decréscimos dos ácidos palmítico, oleico e linoleico nas silagens. Já para os AG avaliados nas silagens, que apresentaram comportamento quadrático em relação as idades de rebrota, compreendendo o esteárico, α -linolênico e os AG totais, os valores mínimos estimados ficaram no intervalo das últimas idades de rebrota.

Lopes et al. (2021) observaram na cultivar BRS Capiacu antes da ensilagem, reduções lineares nos teores desses AG de cadeias longas em função da elevação da idade de rebrota de 50 para 110 dias. Esses autores associaram essa redução nos teores dos AG, com a diminuição da relação lâmina foliar:colmo e da decorrência da senescência foliar, que por consequência, promovem forte redução nos lipídeos de membrana dos cloroplastos, nos quais segundo Khan et al. (2015) estão presentes os AG das forragens.

Fernandes et al. (2007) destacaram que os lipídeos são típicos de folhas metabolicamente ativas e que a distribuição e a proporção dos AG nos tecidos da planta é ditada por seu estágio de desenvolvimento e que é variável pelo seu aparato fotossintético. Os autores enfatizam que, intervalos de cortes que promovam novo período de crescimento da planta forrageira, acarretam em efeitos benéficos na produção dos AG. Como podemos observar na gramínea com idade de 75 dias de rebrota no presente trabalho. Além disso, a maior relação lâmina foliar:colmo apresentada pelas maiores alturas de resíduo foi preponderante para a observação dos maiores teores de AG, em comparação aos menores resíduos. A maior proporção de tecidos metabolicamente ativos e a maior proporção de cloroplastos, podem ter permitido a superioridade no perfil de AG no corte com resíduo de 50 cm.

As diferentes estratégias de manejo da cultivar BRS Capiacu tiveram forte impacto sobre suas características produtivas e de valor nutritivo, como foi explanado acima, em contrapartida, tiveram pouca influência sobre as características fermentativas e microbianas de suas silagens.

Apesar do aumento linear no teor de MS em função da elevação das idades de rebrota, os teores observados apresentaram-se inferiores aos 250 g kg⁻¹ considerados como ideais para a promoção de uma boa fermentação pelas BAL (McDonald et al., 1991). No presente trabalho, observamos teores de MS para a gramínea com 75, 90, 105 e 120 dias de rebrota médios de 152,6; 174,8; 200,5 e 215,4 g kg⁻¹, respectivamente. Os maiores aumentos foram no intervalo das idades de 90 a 105 dias. Os teores de MS, de CHOs solúveis e a população epifítica de BAL são os principais fatores que em conjunto vão modular a fermentação no silo (McDonald et al., 1991).

Os teores de CHOs solúveis da forragem antes da ensilagem foram semelhantes entre as idades de rebrota e alturas de resíduo e permaneceram dentro do intervalo de 60 a 80 g kg⁻¹ MS, considerado como teores mínimos para que o processo fermentativo se desenvolva de maneira eficiente (Woolford, 1972). A população epifítica de BAL observada na gramínea também foi semelhante entre as idades de rebrota e alturas de resíduo, e se apresentaram sempre acima do mínimo, que segundo Pahlow et al. (2003), seria de 5 log UFC g⁻¹, para garantir adequada fermentação das silagens. Então, mesmo com o baixo teor de MS, esses fatores em conjunto, aliado a corretas práticas no processo da ensilagem, como bom tamanho de partículas, boa compactação e rápida vedação, permitiram que as silagens apresentassem bom padrão de fermentação.

Esse bom padrão de fermentação pode ser comprovado pelos parâmetros mensurados de pH, N-NH₃, ácidos orgânicos e população microbiana nas silagens. Todas as silagens apresentaram valores de pH e N-NH₃ dentro dos intervalos observados por Kung Jr. et al. (2018) para silagens de gramíneas. Os autores relataram valores de pH entre 4,3 a 4,7 e de N-NH₃ de 80 a 120 g kg⁻¹ N total. No presente trabalho, os valores de pH das silagens foram ainda inferiores a essa faixa, refletindo a eficiência das BAL na acidificação do meio por meio dos substratos disponíveis. A comparação dos teores CHOs solúveis na forragem antes da

ensilagem, com os teores residuais apresentados pelas silagens, após abertura dos silos, evidencia que este nutriente foi utilizado como substrato pelas BAL durante o processo fermentativo, uma vez que, os teores apresentaram uma notável redução no material ensilado, levando à síntese de ácido lático e ao reduzido pH.

Mesmo os teores de N-NH₃ das silagens terem apresentado redução linear em função do aumento nas idades de rebrota, muito provavelmente devido a elevação no teor de MS das silagens, os valores ficaram dentro do intervalo aceitável. Os baixos valores de N-NH₃ é um forte indicativo de boa fermentação e de baixa intensidade de proteólise durante o processo de fermentação, resultado da menor atividade de bactérias clostrídicas (Ribeiro et al., 2014) e de enterobactérias. Provável que, esses microrganismos foram inibidos devido ao rápido declínio de pH durante a fermentação de CHOs solúveis pela população epifítica de LAB.

Não foi observada nenhuma diferença entre as silagens para os teores dos ácidos lático e acético, bem como para a relação ácido lático:ácido acético. Teores de ácido lático entre 20 a 40 g kg⁻¹ MS são comuns para silagens bem fermentadas (Kung Jr. et al., 2018). Mas, para silagens de gramíneas em geral, que apresentam maior umidade, esses autores advertem que teores na faixa de 60 a 100 g kg⁻¹ MS são mais frequentemente encontrados. Os teores encontrados nesse estudo variaram de 54,5 a 44,4 g kg⁻¹ MS entre as idades de 75 a 120 dias, mostrando-se suficientes para garantir boas fermentações nos silos e também permitiram o controle no crescimento de microrganismos, já que, não foram detectados crescimento de enterobactérias, fungos e leveduras nas silagens. Por se tratar de um ácido forte, capaz de cessar o desenvolvimento desses microrganismos, com ação bactericida (Muck et al., 2010).

Em relação ao ácido acético, observamos que os máximos teores encontrados nas silagens não passaram de 5 g kg⁻¹ MS, ficando abaixo da faixa relatada por Kung Jr. et al. (2018) de 10 a 30 g kg⁻¹ MS para silagens de gramíneas. Esse baixo teor de ácido acético, impactou na elevação da relação ácido lático:ácido acético e é uma forte evidência da dominância da

fermentação láctica no processo. Para Kung Jr. et al. (2018), silagens com bom padrão fermentativo apresentam uma relação ácido láctico:ácido acético de 2,5 a 3,0, porém, eles enfatizam que silagens com predomínio de fermentações lácticas, podem apresentar uma elevação nessa relação em virtude da produção quase exclusiva de ácido láctico.

O ácido propiônico por sua vez, diferentemente dos demais ácidos orgânicos, apresentou reduções lineares de acordo com elevação das idades de rebrota. Os teores ficaram próximos de 3 g kg^{-1} MS na idade de 75 dias e reduziram-se para próximos de 1 g kg^{-1} MS na idade de rebrota de 120 dias, para as duas alturas de resíduo avaliadas. Para Kung Jr. et al. (2018) teores menores do que 1 g kg^{-1} MS são frequentemente encontrados em silagens de gramíneas. Para Mahanna (1993), a faixa aceitável de produção deste ácido deve ser de 1 a 10 g kg^{-1} MS para silagem de boa qualidade. Os resultados desse trabalho indicam que os teores decrescentes de N-NH_3 e de ácido propiônico foram influenciados pelo crescente teor de MS nas silagens em função de sua maturidade, que provavelmente resultou em baixa atividade clostrídica e impactou positivamente em maiores índices de RMS.

No trabalho de Retore et al. (2020), foram observados para o capim-elefante BRS Capiaçú cortado com 60 a 120 dias de rebrota, valores de RMS variando de 870 a 960 g kg^{-1} MS, respectivamente. Para esses autores, esses valores são considerados bons padrões, por representar menores perdas de MS. No presente trabalho, para as alturas de resíduo, não foram observadas diferenças para esse índice, e isso provavelmente se deve ao teor de MS semelhante apresentado pelas silagens nas duas alturas. Santos et al. (2013) afirmam que a RMS é um bom parâmetro avaliativo da eficiência do processo da ensilagem, pois, representa a quantidade de MS que foi preservada no silo. Assim, o seu aumento é um forte indicativo que as perdas via efluentes ou devido à atividade fermentativa anaeróbia no silo, foram decrescentes em relação ao aumento no teor de MS. A idade de rebrota de 120 dias, foi a idade que proporcionou o maior

índice de RMS, apresentando média de 940 g kg⁻¹ MS. E o intervalo entre as idades de 90 a 105 dias, foi o que apresentou as maiores elevações do índice.

As silagens com predomínio de fermentação clostrídica, apresentam elevado teor de ácido butírico, alto pH, altas concentrações de ácido acético e N-NH₃ (Oladosu et al., 2016; Kung Jr. et al., 2018). No presente estudo, o pH das silagens de manteve abaixo de 4, suficiente para inibir a ação desses microrganismos, mesmo com alta atividade de água (Muck et al., 2010). Impactando no baixo teor de ácido butírico das silagens, abaixo de 1 g kg⁻¹ MS, muito inferior a faixa de 5 a 10 g kg⁻¹ MS relatada por Kung Jr. et al. (2018). Além disso, o bom padrão fermentativo apresentado pelas silagens, asseguraram a elas bom controle sobre o crescimento de microrganismos indesejáveis. Para Muck et al. (2010), tanto o baixo pH quanto os ácidos orgânicos são responsáveis por esse controle microbiano.

A população de BAL mostrou-se dominante em relação aos demais microrganismos, em todas as silagens, apresentando teores semelhantes entre as silagens. Essa semelhança segundo McDonald et al. (1991) pode ser devido ao baixo pH e de pouco substrato essencial para o seu crescimento, propiciando que as BAL entrem em uma fase estacionária. Segundo Muck et al. (2010) essa dominância das BAL se deve a diferentes mecanismos por elas empregados, que vão desde a produção de ácido lático, ácido acético, peróxido de hidrogênio, até produção de bacteriocinas. Mas, seu domínio pode depender apenas de um crescimento rápido em condições anaeróbias, que culmina na inibição do crescimento de demais microrganismos.

Para Muck et al. (2010) a população de enterobactérias é inibida, podendo reduzir abaixo dos níveis detectáveis, dentro de alguns dias após o pH da silagem permanecer abaixo de 5, o que pode ter ocorrido nas condições desse trabalho. Aliado a não detecção de populações de leveduras e fungos nas silagens, são bons indicativos de boa fermentação. Muck et al. (2010) relatam ainda que as leveduras são os microrganismos aeróbios de maior impacto na qualidade

da silagem, pois, utilizam os açúcares e o ácido láctico como substratos, mas devido a rápida queda no pH sua atividade é praticamente nula. Já os fungos, segundo os autores, apresentam crescimento em condição de anaerobiose, sendo que sua não quantificação nas silagens provavelmente está relacionada à eficiente compactação do capim no momento da ensilagem, que garantiu rápida exaustão do oxigênio no interior dos silos. Além disso, o ácido acético apresenta propriedades antifúngicas (Muck et al., 2018), podendo ter contribuído também com a redução de sua população.

5. CONCLUSÃO

As diferenças em relação as estratégias de manejo do capim-elefante BRS Capiacu para produção de silagem foram mais evidentes para os parâmetros de massa de forragem colhida e valor nutritivo, sendo que, todas as silagens apresentaram bons padrões fermentativos e bom controle das populações microbianas.

O manejo da planta forrageira com as idades de rebrota de 75 a 90 dias, aliado à altura de resíduo de 50 cm, permitiu a melhor composição química, melhores digestibilidades, maior proporção das frações solúveis da proteína e melhor perfil de ácidos graxos na forragem e suas silagens. Porém, essas estratégias de manejo promoveram redução acentuada na massa de forragem colhida. Além disso, as diferenças no valor nutritivo entre as alturas de resíduo da gramínea, não foi tão considerável quanto as diferenças na massa de forragem colhida, a ponto de se colher a gramínea com o resíduo de 50 cm. Já o intervalo das idades de rebrota de 105 a 120 dias, juntamente com a altura de resíduo de 10 cm, apresentou superioridade na massa de forragem colhida, bem como elevação no índice de recuperação de matéria seca, porém, na idade de 120 dias, a gramínea apresentou notável redução no valor nutritivo, com decréscimos consideráveis na digestibilidade e aumentos nos teores de lignina e da fração indisponível da proteína. Nesse sentido, o manejo da cultivar BRS Capiacu na idade de rebrota de 105 dias e

na altura de resíduo de 10 cm, foi a estratégia que apresentou relação de maior equilíbrio entre a massa de forragem colhida e o valor nutritivo de suas silagens.

REFERÊNCIAS

- Association of Official Analytical Chemistry/ AOAC. (1990). Official Methods of Analysis, 15th ed. AOAC International, Arlington.
- Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S., Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M., & Azevedo, J.A.G. (2012). Methods for food analysis. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p.
- Dias, K. M., Rodolfo, G. R., Schmitt, D., Pereira, R. S., Camargo, G. N., Deschamps, F. C., & Sbrissia, A. F. (2013). Fatty Acid Profile of Elephant Grass Pastures with Different Grazing Heights. International Grassland Congress Proceedings.
- Elizondo-Salazar, J. A. (2017). Biomass yield and nutritional quality of three forages harvested at two cutting height. *Agronomia Mesoamericana*, 28, 329-340. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23418>
- Embrapa. (2013). The Brazilian soil classification system, 3 ed. Rio de Janeiro, Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Fernandes, S. A., Mattos, W. R. S., Matarazzo, S. V., Gama, M. A. S., Lanna, D. P. D., & Rosseto, C. V. (2007). Perfil de ácidos graxos em alimentos de clima tropical utilizados nas dietas para ruminantes. *Boletim de Indústria Animal*, 64, 19-27. <http://iz.sp.gov.br/bia/index.php/bia/article/view/1250>
- Figueira, D. N., Neumann, M., Ueno, R. K., Galbeiro, S., & Bueno, A. V. I. (2016). Forage yield and quality in elephant grass cv. Pioneiro harvested at different cutting height and times. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 1017-1027.

- Fransen, S. C., & Strubi, F. J. (1998). Relationships among absorbents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. *Journal of dairy science*, 81, 2633-2644. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75821-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75821-7)
- Henriques, L. T., Coelho da Silva, J. F., Detmann, E., Vásquez, H. M., & Pereira, O. G. (2007). Nitrogen compounds fractions of four tropical grasses at different cutting ages and nitrogen fertilization rates. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 740-748. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000300028>
- Holden, L.A. (1999). Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. *Journal of Dairy Science*, 82, 1791-1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)
- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Methodological advances in evaluating the quality of preserved forage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 101-119.
- Khan, N. A., Farooq, M. W., Ali, M., Suleman, M., Ahmad, N., Sulaiman, S. M., ... & Hendriks, W. H. (2015). Effect of species and harvest maturity on the fatty acids profile of tropical forages. *The JAPS*, 25, 739-746.
- Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy Science*, 101, 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Leal, D. B., Monção, F. P., Junior, V. R. R., Carvalho, C. D. C. S., Alencar, A. M. S., de Almeida Moura, M. M., ... & Rigueira, J. P. S. (2020). Correlations between the productive and nutritional characteristics of BRS Capiaçú grass managed in the semiarid region *Brazilian Journal of Development*, 6, 18951-18960. [ps://doi.org/10.34117/bjdv6n4-168](https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-168)
- Leite, R. G., da Silva Cardoso, A., Fonseca, N. V. B., Silva, M. L. C., Tedeschi, L. O., Delevatti, L. M., ... & Reis, R. A. (2021). Effects of nitrogen fertilization on protein and

- carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Scientific Reports*, 11, 1-8.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-94098-4>
- Licitra, G., Hernandez, T. M., & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal feed science and technology*, 57, 347-358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)
- Lima, E. D. S., Silva, J. F. C. D., Vásquez, H. M., Araújo, S. A. D. C., Rocha, T. C., & Costa, D. P. B. D. (2008). Fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds of elephant grass genotypes at 56 days of regrowth. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1928-1933.
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001100004>
- Lopes, F. C. F., Morenz, M. J. F., da Silva Lédo, F. J., da Costa Carneiro, J., Paciullo, D. S. C., Andrade, P. J. M., & de Moraes, C. T. (2021). Chemical composition and fatty acid profile of BRS Capiaçú ensiled at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 42, 1981-2004. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1981>
- Lounglawan, P., Lounglawan, W., & Suksombat, W. (2014). Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*). *APCBEE procedia*, 8, 27-31.
<https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.01.075>
- Mahanna, B., & Chase, L. E. (2003). Practical applications and solutions to silage problems. *Silage science and technology*, 42, 855-895.
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c19>
- McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. (1991). *Biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication. p. 340.
- McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical journal*, 43, 99-109. <https://doi.org/10.1042/bj0430099>

- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueria, J. P. S., Moura, M. M. A., Júnior, V. R. R., Gomes, V. M., ... & Chamone, J. M. A. (2019). Yield and nutritional value of BRS Capiacu grass at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 40, 2045-2056. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045>
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueira, J. P. S., de Sales, E. C. J., Leal, D. B., da Silva, M. F. P., ... & Júnior, V. R. R. (2020). Productivity and nutritional value of BRS Capiacu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 235-241. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39, 183-191. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*. 101, 3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
- Nelson, N. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, 153, 375-380.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Abdullah, N., Magaji, U., Hussin, G., Ramli, A., & Miah, G. (2016). Fermentation quality and additives: a case of rice straw silage. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2016/7985167>
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. O., & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. *Silage science and technology*, 42, 31-93.
- Palmquist, D. L., & Jenkins, T. C. (2003). Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of animal science*, 81, 3250-3254. <https://doi.org/10.2527/2003.81123250x>

- Pereira, G. O., Ribeiro, K. G. & de Oliveira, S. A. (2013). Capineira, cap. 37. Reis, R. A., Bernardes, T. F., & Siqueira, G. R. Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. 1º edição. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME.
- Pereira, A. V., Ledo, F. D. S., Morenz, M. J. F., Leite, J. L. B., Brighenti, A. M., Martins, C. E., & Machado, J. C. (2016). BRS Capiaçú: high yielding elephant grass cultivar for silage production. Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).
- Pereira, A. V., Ledo, F. J. D. S., & Machado, J. C. (2017). BRS Kurumi and BRS Capiaçú- New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 59-62. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>
- Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P. D., Garcia, R., Carvalho Junior, J. N. D., Ribeiro, L. S. O., & Chagas, D. M. T. (2009). Fractionation of carbohydrates and proteins from elephant grass silages with coffee husk, cocoa meal or cassava meal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3), 422-427.
- Retore, M., Alves, J., Orrico Junior, M. A. P., & SS, M. (2020). Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçú. Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).
- Ribeiro, L. S. O., Pires, A. J. V., de Carvalho, G. G. P., Pereira, M. L. A., dos Santos, A. B., & Rocha, L. C. (2014). Fermentation characteristics, chemical composition and fractionation of carbohydrates and crude protein of silage of elephant grass wilted or with addition of castor bean meal. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(3), 1447-1462. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1447>
- Santos, E. A. D., Silva, D. S. D., & Queiroz Filho, J. L. D. (2001). Tillering and some morphological characteristics of elephant grass cv. Purple under four cutting heights at two times of the year. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 24-30.

- Santos, R. J. C. D., Lira, M. D. A., Guim, A., Santos, M. V. F. D., Dubeux Junior, J. C. B., & Mello, A. C. D. L. D. (2013). Elephant grass clones for silage production. *Scientia Agricola*, 70, 6-11. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000100002>
- Silva, D. R. B. D., Miranda Júnior, P. F., & Soares, E. D. A. (2007). The significance of long chain polyunsaturated fatty acids in pregnancy and lactation *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, 7, 123-133. <https://doi.org/10.1590/S1519-38292007000200002>
- Sukhija, P. S., & Palmquist, D. L. (1988). Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of agricultural and food chemistry*, 36, 1202-1206. <https://doi.org/10.1021/jf00084a019>
- Van Soest, P.J., & Mason, V.C. (1991). The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 32, 45-53. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(91\)90008-G](https://doi.org/10.1016/0377-8401(91)90008-G)
- Van Soest, P.J. (1994). *Nutricional ecology of the ruminant*. 2.ed. Cornell University Press. p. 476.
- Woolford, M. K. (1972). Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. In *Herbage Abstracts*, 42, 105-111.

CAPÍTULO III- EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES INOCULANTES MICROBIANOS SOBRE O VALOR NUTRITIVO E O PERFIL FERMENTATIVO DE SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE BRS CAPIAÇU

RESUMO

Objetivou-se avaliar o valor nutritivo e o perfil fermentativo de silagens de capim-elefante BRS Capiaçú tratadas com inoculantes microbianos (In) em duas idades de rebrota (Id). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2 (5 inoculantes e duas idades), com três repetições. Os inoculantes avaliados foram: KeraSil; Sil-All® 4x4; SiloMax Centurium e Yakult®. Além de um tratamento controle (sem inoculante). As duas idades de rebrota do capim avaliadas foram 90 e 105 dias. Os inoculantes microbianos comerciais foram aplicados à forragem de acordo com as recomendações dos fabricantes. O Yakult foi diluído na dose de 8 ml L⁻¹ de água e para aplicação seguiu a relação de 10L ton⁻¹ de matéria natural. Houve efeito de interação In \times Id sobre os teores de MS, MM, FDN, DIVMS e DIVFDN. Maiores teores de MS e maiores DIVMS e DIVFDN foram observadas nas silagens tratadas com KeraSil e SiloMax para a idade de 90 dias. Maior DIVMS também foi observada na silagem tratada com Kerasil em comparação ao controle na idade de 105 dias (626,3 vs. 604,7 g kg⁻¹ MS). Maior teor de MM foi observado na idade de 90 dias em todas as silagens. Já para o teor de FDN, maior valor foi observado para a idade de 105 dias em todas as silagens avaliadas. Os teores de PB e NIDA não foram influenciados pelos inoculantes, mostrando efeito apenas da idade, com maiores valores na idade de rebrota de 90 dias. A lignina apresentou efeito tanto das idades, com maiores teores para a idade de 105 dias, quanto dos inoculantes, em que a silagem tratada com o Sil-All teve maior teor em comparação a tratada com SiloMax. Houve efeito de interação In \times Id sobre os valores de pH, ácido acético, relação ácido láctico:ácido acético e carboidratos solúveis em água residuais. As silagens tratadas com KeraSil apresentaram menor pH e ácido acético e maior relação ácido láctico:ácido acético e carboidratos

solúveis residuais em comparação à silagem controle em ambas as idades de rebrota. O maior e menor teor de nitrogênio amoniacal foram observados nas silagens tratadas com Yakult e KeraSil, respectivamente (111,89 vs. 57,78 g kg⁻¹ N total). Os inoculantes microbianos comerciais promoveram melhorias em algumas características de valor nutritivo e perfil fermentativo da silagem do capim-elefante BRS Capiçu.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos. Amônia. Carboidratos solúveis residuais. Conservação. Digestibilidade.

1. INTRODUÇÃO

A cultivar de capim-elefante BRS Capiaçú (*Pennisetum purpureum* Schum.), lançada em 2015 pela Embrapa Gado de Leite, apresenta como grande diferencial entre as demais cultivares já consolidadas no mercado, sua alta produtividade, aliado ao bom valor nutritivo (Pereira et al., 2017). Em virtude dessas características, a adoção da cultivar para produção de silagem vêm ganhando destaque nos sistemas produtivos, diante da possibilidade de se produzir grande quantidade de alimento volumoso, com razoável qualidade nutricional, a um menor custo de produção.

O aprimoramento nas técnicas de manejo, bem como o domínio de estratégias que favoreçam o processo da ensilagem, são pontos importantes para possibilitar condições adequadas para uma boa fermentação e conservação da biomassa ensilada. Nesse sentido, uma alternativa promissora, e ainda pouco avaliada para a cultivar, é a utilização de inoculantes microbianos durante a ensilagem. A adição desses inoculantes poderia favorecer a manutenção do valor nutritivo da silagem, por beneficiar o crescimento de bactérias de ácido lático (BAL) com predomínio das fermentações homoláticas e o rápido decréscimo do pH do meio, com redução de fermentações secundárias que agregam perdas de matéria seca (MS) e limitam a qualidade final da silagem (Muck et al., 2010).

Os inoculantes microbianos são compostos por BAL, as quais podem ser classificadas como heterofermentativas facultativas, que produzem predominantemente ácido lático, ou heterofermentativas obrigatórias, apresentando como produtos finais da fermentação, o ácido lático, etanol ou ácido acético e CO₂ (Muck et al., 2018). O ácido lático é o maior responsável pela redução do pH do meio, por ser o ácido mais forte em comparação aos demais, e, portanto, o modulador da fermentação que ocorre no silo (Kung Jr. et al., 2018). Assim, a adição de inoculantes que promovam a maior produção desse ácido no meio, pode permitir que silagens de gramíneas alcance valores de pH próximos a 4, que segundo Muck, (2010) seria difícil de se

conseguir sob condições de fermentações naturais, onde, o excesso de umidade das gramíneas, pode propiciar fermentações clostrídicas. Zopollatto et al. (2009) observaram que as silagens de capins inoculadas com bactérias homofermentativas apresentaram redução significativa nos valores de pH, confirmando o efeito desses microrganismos na rápida queda do pH.

Muck et al. (2018) descreveram que as espécies heterofermentativas facultativas mais conhecidas são o *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* sp., *Enterococcus faecium* e *Lactobacillus casei*. Esse grupo de microrganismos, tem ação nas fases iniciais, acelerando o processo de fermentação, com rápida queda do pH, permitindo então a antecipação da estabilidade das silagens. Porém, os efeitos de inoculantes microbianos nem sempre são percebidos de forma direta. Alguns estudos demonstraram que o uso de BAL na ensilagem de capins resultaram em aumento da recuperação MS (Bezerra et al., 2019) e melhoria no perfil fermentativo e na composição química das silagens (Ribas et al., 2021). Em contrapartida, Gouvêa et al. (2020) não encontraram efeito do uso de inoculantes compostos por BAL homo e heterofermentativas sobre as características químicas e fermentativas de silagem de capim Jiggs (*Cynodon dactylon*).

Essas variações de resultados em resposta ao uso dos inoculante microbianos podem ocorrer devido a alguns fatores, como a quantidade de bactérias presentes no meio, bem como da disponibilidade de substratos para suas ações (Santos et al., 2006). Para Oliveira et al. (2017), o tipo de forragem é o fator determinante sobre o efeito da inoculação com BAL na silagem. Segundo Muck et al. (2018) os resultados dos inoculantes vão depender das espécies bacterianas, da linhagem utilizada e da interação com a cultura forrageira. Um outro fator que pode estar relacionado com as variações das respostas diz respeito a origem das bactérias, e segundo Heinritz et al. (2012), os inoculantes comerciais utilizados em regiões tropicais são constituídos por BAL isoladas de forrageiras de clima temperado.

No Brasil, a utilização de inoculantes caseiros tem se tornado uma prática adotada por pequenos produtores, com a expectativa de redução de custos com a compra de inoculantes comerciais. O uso de leite fermentado da marca Yakult®, que é uma bebida probiótica composta por *L. casei*, no processo de ensilagem de capim-elefante BRS Capiaçú é frequentemente observado a campo, e têm despertado o interesse de muitos produtores e técnicos. No estudo de Sriagtula et al. (2020), foi utilizado o Yakult® como fonte de bactérias lácticas em silagens de sorgo. Não foram observados quaisquer efeitos da bebida fermentada sobre as características químicas e fermentativas da silagem. No entanto, não existem informações científicas do efeito positivo do uso desse leite fermentado na ensilagem do capim-elefante BRS Capiaçú.

Devido ao grande potencial de utilização da silagem de capim-elefante BRS Capiaçú como fonte volumosa para os animais de produção e a demanda por estratégias que tornem eficiente o processo de ensilagem desse capim, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da adição de inoculantes microbianos comerciais e de leite fermentado Yakult® sobre o valor nutritivo e o perfil fermentativo de silagens de capim-elefante BRS Capiaçú aos 90 e 105 dias de rebrota. A hipótese do trabalho é que a adição de inoculantes microbianos comerciais e o leite fermentado Yakult® melhora o valor nutritivo e as características de fermentação da silagem de capim-elefante BRS Capiaçú.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

O estudo foi realizado no Campo Experimental José Henrique Brusqui, pertencente à Embrapa Gado de Leite (EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), no

município de Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil, com altitude média de 410 m (21°33'22"S, 43°06'15"O), compreendendo o período de março a julho do ano de 2019.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico), com estação seca (outono–inverno) e estação chuvosa (primavera–verão), bem definidas. Os dados climáticos foram coletados na estação meteorológica automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizada a 300 m da área experimental (Figura 1). O solo da área de estudo é do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico com textura argilosa (Embrapa, 2013).

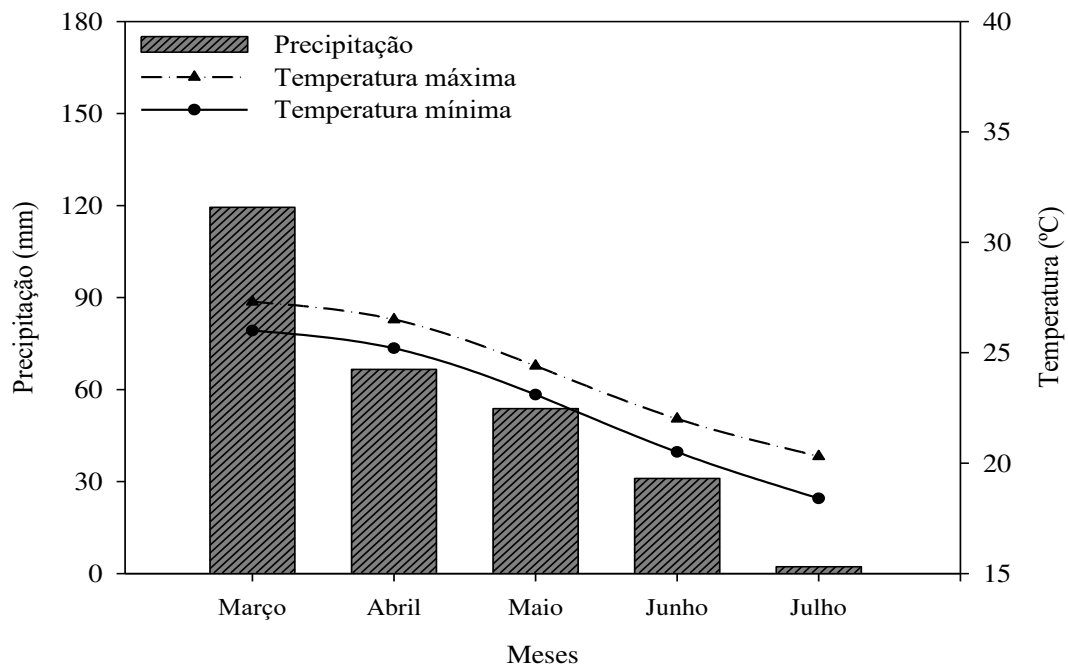


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) durante o período experimental.

O plantio da cultivar BRS Capiacu foi realizado em novembro do ano de 2017, em sulcos de 20-30 cm de profundidade, com espaçamento de 1,00 m entre si. A adubação de estabelecimento foi baseada nos resultados da análise prévia de solo, utilizando-se corretivos e fertilizantes, quando necessário. Foi realizada adubação fosfatada, distribuída no fundo dos sulcos, na base de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A primeira adubação de cobertura foi realizada quando

as plantas atingiram a altura média de 50 cm, aplicando-se 1.200 kg ha⁻¹ano⁻¹ da fórmula NPK 20-05-20. Em dezembro de 2018, foi realizado o corte de uniformização das parcelas experimentais. Para caracterização química do solo, foi feita a amostragem na camada de 0-20 cm de profundidade. Os valores médios das análises químicas do solo foram: pH (água) 4,6; fósforo (Mehlich-1) 28,9 mg dm⁻³; potássio 33 mg dm⁻³; cálcio 1,4 cmol_c dm⁻³; magnésio 0,65 cmol_c dm⁻³; alumínio 0,2 cmol_c dm⁻³; H + Al 5,83 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V) 27 % e matéria orgânica 2,28 dag kg⁻¹. Para as adubações de manutenção da capineira, foram aplicados durante o período experimental 170 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 20-05-20, divididos e distribuídos após cada corte das parcelas.

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

Foi usado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 × 2 (cinco inoculantes (In) e duas idades de rebrota (90 e 105 dias) do capim (Id)), com três repetições. Os tratamentos usados resultaram da combinação dos cinco inoculantes e das duas idades. Os inoculantes microbianos avaliados foram: 1. Sem inoculante (Controle); 2. Inoculante comercial KeraSil (Kera Nutrição Animal, Brasil); 3. Inoculante comercial Sil-All® 4x4 W.S (Lallemand do Brasil); 4. Inoculante comercial SiloMax Centurium (Matsuda); 5. Leite fermentado Yakult® (Yakult Honsha, Japão).

2.3. Inoculantes comerciais

Os inoculantes microbianos comerciais foram aplicados à forragem por ocasião da ensilagem, de acordo com as recomendações dos fabricantes, utilizando pulverizador manual.

Para o inoculante microbiano KeraSil, composto por *L. plantarum* (4 x 10¹⁰ UFC g⁻¹) e *P. acidilactici* (4 x 10¹⁰ UFC g⁻¹) foi diluído na proporção de 2 g L⁻¹ de água, aplicando-se 2 L ton⁻¹ de matéria natural (MN).

O inoculante enzimático-microbiano Sil-All® 4x4 W.S. é composto por *L. plantarum* (1,89 x 10¹⁰ UFC g⁻¹), *P. acidilactici* (1,89 x 10¹⁰ UFC g⁻¹), *E. faecium* (2,20 x 10⁹ UFC g⁻¹), *L.*

salivarius ($1,89 \times 10^{10}$ UFC g⁻¹), xilanase (16 U g⁻¹), amilase (200 U g⁻¹), celulase (10 U g⁻¹), hemicelulase (16 U g⁻¹), dióxido de silício e sacarose, seguiu a diluição recomendada de 2,5 g L⁻¹ de água e aplicação de 4L ton⁻¹ de MN.

O inoculante enzimático-microbiano SiloMax Centurium, composto por *L. plantarum* ($2,5 \times 10^{10}$ UFC g⁻¹) e *P. acidilactici* ($2,5 \times 10^{10}$ UFC g⁻¹) e sacarose, seguiu diluição de 2 g L⁻¹ de água e foi aplicado na dose de 1L ton⁻¹ de MN.

O leite fermentado utilizado, composto por *L. casei*, foi diluído na dose de 8 ml L⁻¹ de água e em seguida aplicados 10L ton⁻¹ de MN.

2.4. Ensilagem

O BRS Capiacu foi colhido em duas idades de rebrota, em uma área útil de 27 m², sendo o primeiro corte realizado aos 90 e o segundo aos 105 dias, em junho e julho de 2019, respectivamente. As alturas do capim foram medidas com régua graduada de 5 m de altura, em pontos aleatórios dentro da área.

Os cortes foram realizados manualmente com auxílio de um facão de lâmina de aço, na altura de 10 cm do solo. Todo material da área útil foi pesado, para estimativa da produção de massa verde de forragem. Uma amostra de nove perfilhos representativos da área correspondente a cada idade foi encaminhada ao laboratório para a separação dos componentes morfológicos e determinação da relação lâmina foliar:colmo. Em seguida, o capim foi picado em máquina forrageira estacionária em partículas de aproximadamente 8 mm. Uma amostra de forragem fresca picada de cada idade de rebrota foi armazenada em saco plástico identificado a -20°C, para posteriores análises de carboidratos solúveis em água (CHOs solúveis). Amostras do material picado foram secas em estufa de ventilação forçada de ar à 55°C por 72 h, para determinação da matéria seca ao ar (ASA), produção de massa seca de forragem e posterior análises químicas.

Após a picagem, pilhas de 6 kg do material foram separadas para a aplicação de cada inoculante. Após as inoculações, as pilhas foram separadas em três subamostras de 1,8 kg cada e armazenadas em silos experimentais. Os silos foram construídos com eletroduto de PVC de 4 polegadas e duas tampas de borracha vulcanizada. A forragem dentro de cada silo foi compactada manualmente, com o auxílio de um bastão de madeira, obtendo-se uma densidade média de 600 kg de forragem m⁻³. A tampa da parte superior do silo foi adaptada com uma válvula de Bunchen para escape dos gases produzidos. Após o fechamento, os silos permaneceram em local sombreado, na posição vertical por 60 dias.

Na abertura dos silos, amostras foram colhidas amostras para as análises de valor nutritivo e do perfil fermentativo. Amostras de aproximadamente 300 g de silagem de cada silo foram imediatamente congeladas a -20°C para posteriores análises de CHOs solúveis e de nitrogênio amoniacal (N-NH₃). Aproximadamente 500 g de amostras de cada silo foram pesadas e depois levadas a secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas, para obtenção da ASA e posterior realização das análises químicas. Uma terceira amostra de 300 g foi submetida à prensagem hidráulica para obtenção do suco da silagem. O pH das silagens foi imediatamente mensurado no suco, o qual foi posteriormente armazenado a -20°C para a realização das análises de ácidos orgânicos.

2.5. Valor nutritivo

As amostras pré-secadas de capim e de silagem foram moídas em moinho de facas, com peneira de 1 mm de porosidade. As amostras moídas foram utilizadas para a determinação dos teores de MS (método INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB; método INCT-CA N-001/1), fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{ncp}; método INCT-CA F-002/1), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA; método INCT- CA N-005/1) e lignina (método INCT-CA F-005/1), de acordo com Detmann et al. (2012).

A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi avaliada conforme metodologia proposta pela ANKOM Daisy Incubator (Ankom® Technology Corporation, Fairport, NY) e descrita por Holden (1999), com exceção da solução tampão, que foi utilizada de acordo com o proposto por McDougall (1948). O material foi incubado (0,5 g de amostra) utilizando-se filter bags de tecido não tecido (TNT - 100 g m⁻² de 4 × 4,5 cm). O inóculo ruminal foi obtido de três touros, fistulados no rúmen, alimentados com uma dieta composta por cana-de-açúcar e concentrado comercial, com relação volumoso:concentrado de 80:20, na base da MS. Os animais foram adaptados à dieta padrão por 15 dias previamente ao início das coletas. Após 48 horas, os bags foram retirados, lavados e submetidos à análise de FDN (Detmann et al., 2012), para estimação da DIVMS verdadeira e da digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN).

2.6. Perfil fermentativo

O suco retirado após a prensa hidráulica no dia da abertura dos silos, teve seu pH mensurado com potenciômetro digital (Tecnal, SP, Brasil). Desse suco, uma alíquota de 10 mL de cada silo foi coletada e armazenada em frasco contendo 2 mL de ácido metafosfórico 25%. Em seguida, foram centrifugadas e analisadas para determinação da concentração dos ácidos orgânicos, em cromatografia líquida (Equipamento Waters alliance e2695 com Detector PAD 2998- *photodiode array detector*), com sistema de separação constituído de coluna de fase reversa C18 ODS 80A (150 x 4,6 mm x 5 µm). As condições de análise foram, fase móvel isocrática constituída de 100% de solução aquosa de ácido fosfórico, pH 2,35-2,55, temperatura do forno de 40 +/- 5 °C, volume de injeção de amostra de 10 µL, tempo de corrida de 20 minutos e detector com comprimento de excitação de onda em 210 nm. A quantificação foi obtida por curva de calibração, com uso de padrões externos.

Amostras da forragem *in natura* e respectivas silagens foram descongeladas em temperatura ambiente e alíquotas de 25 g foram pesadas e homogeneizadas em 225 mL de solução estéril (Ring Solution®, Oxoid, England, Hampshire) por 1 min em liquidificador

industrial. O pH da forragem foi mensurado nesse extrato aquoso com o uso de um potenciômetro digital (Tecnal, SP, Brasil). Posteriormente, o extrato foi filtrado em papel filtro Whatman 54 (Whatman, Florham, NJ) e acidificado com solução de ácido sulfúrico 1:1 (50% v./v.). As análises para a determinação da concentração de CHOs solúveis do capim e das silagens foram realizadas de acordo com Nelson et al. (1944). As concentrações de N-NH₃ nas amostras de silagens foram obtidas conforme Okuda et al. (1965).

2.7. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise para verificação da distribuição da normalidade dos resíduos (Shapiro Wilk, $P < 0,10$). Posteriormente, os dados originais ou transformados (quando necessário) foram analisados utilizando o procedimento para modelos mistos do PROC MIXED SAS (v.9.0), considerando-se como efeitos fixos idade de corte, inoculante e suas interações, e como efeito aleatório o erro experimental. As médias foram comparadas pela diferença mínima significativa de Fischer, usando a opção PDIFF do comando LSMEANS, para a variável idade corte, e o teste de Tukey para o estudo dos inoculantes. Para todas as análises, a significância foi declarada adotando-se $P \leq 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização do capim antes da ensilagem

As características agronômicas e do valor nutritivo do capim-elefante BRS Capiapu antes da ensilagem nas duas idades de rebrota estão apresentadas na Tabela 1. Os dados agronômicos descritivos mostram maior altura e produção de massa seca da cultivar colhida aos 105 dias, porém com menor relação lâmina foliar:colmo em comparação a idade de 90 dias. Os teores de MS, de FDNcp, lignina, NIDA e CHOs solúveis foram maiores para o capim com

idade de 105 dias, enquanto que os teores de MM, PB, DIVMS e DIVFDN foram superiores no colhido com 90 dias de rebrota.

Tabela 1. Características agrônômicas e valor nutritivo do capim-elefante BRS Capiacu antes da ensilagem

Item ^a	Idade de rebrota (dias)	
	90	105
Altura (m)	2,40	3,30
Produção de massa seca (ton ha ⁻¹)	6,11	12,40
Lâmina foliar: colmo	0,659	0,377
MS (g kg ⁻¹)	186,1	210,4
MM (g kg ⁻¹ MS)	121,4	96,9
PB (g kg ⁻¹ MS)	69,43	53,95
FDNcp (g kg ⁻¹ MS)	663,4	697,8
LIG (g kg ⁻¹ MS)	52,59	72,56
NIDA (g kg ⁻¹ N total)	47,67	64,46
DIVMS (g kg ⁻¹ MS)	614,8	586,8
DIVFDN (g kg ⁻¹ MS)	418,6	413,0
CHOs solúveis (g kg ⁻¹ MS)	71,77	78,84
pH	6,03	6,05

^aMS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; LIG = lignina; NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS; DIVFDN = digestibilidade *in vitro* da FDN; CHOs solúveis = carboidratos solúveis em água.

3.2. Valor nutritivo das silagens

Houve efeito da interação Id × In sobre os teores de MS (P < 0,0001; Figura 2a) e MM (P = 0,0071; Figura 2b) das silagens. As silagens tratadas com KeraSil e SiloMax apresentaram maior teor de MS em comparação as demais, para a idade de rebrota de 90 dias (P < 0,05). As silagens com idade de rebrota de 105 dias apresentaram teores de MS semelhantes, não apresentando efeito dos inoculantes (P > 0,05). Com exceção dos inoculantes KeraSil e SiloMax, os quais não apresentaram diferenças (P > 0,05), observaram-se maiores teores de MS

para as silagens controle e aquelas tratadas com Sil-All e Yakult na idade de 105 dias em comparação a essas silagens na idade de 90 dias ($P < 0,05$). Em relação ao teor de MM, apenas a silagem tratada com o KeraSil apresentou teor inferior à silagem controle na idade de 90 dias ($P < 0,05$). Os demais tratamentos não diferiram da silagem controle ($P > 0,05$). Não foram observadas diferenças no teor de MM das silagens inoculadas com idade de rebrota de 105 dias ($P > 0,05$). Em todas as silagens, foram observados maiores teores de MM na idade de 90 dias de rebrota em comparação a 105 dias ($P < 0,05$).

Também houve efeito da interação $Id \times In$ sobre o teor de FDN ($P = 0,0503$; Figura 2c), porém, nenhuma silagem diferiu da silagem controle, em ambas as idades de rebrota ($P > 0,05$). Foi observado menor teor de FDN na silagem tratada com KeraSil em comparação aquela com Yakult, na idade de rebrota de 90 dias ($P < 0,05$). Na idade de 105 dias, menor teor de FDN foi observado na silagem tratada com KeraSil em comparação a tratada com SiloMax ($P < 0,05$). Maiores teores de FDN foram observados nas silagens com 105 dias de rebrota em comparação a 90 dias, em todos inoculantes avaliados ($P < 0,05$).

Houve efeito da interação $Id \times In$ sobre os valores de DIVMS ($P = 0,0005$; Figura 2d) e DIVFDN ($P = 0,0096$; Figura 2e) das silagens. Para o capim com 90 dias de rebrota, as silagens tratadas com KeraSil e SiloMax apresentaram maiores DIVMS em comparação à silagem controle ($P < 0,05$). As DIVMS das silagens tratadas com Sil-All e Yakult não diferiram da silagem controle ($P > 0,05$). Em relação a idade de rebrota de 105 dias, apenas a silagem tratada com o inoculante KeraSil apresentou maior valor da DIVMS em comparação ao tratamento controle, os demais tratamentos não diferiram ($P > 0,05$). Para todos os inoculantes, as silagens com 90 dias de rebrota apresentaram maiores valores de DIVMS e DIVFDN em comparação a idade de 105 dias ($P < 0,05$). A DIVFDN da silagem tratada com Silomax apresentou maior valor em comparação à silagem controle e as tratadas com Sil-All e Yakult ($P < 0,05$), e não diferiu da silagem tratada com KeraSil, na idade de 90 dias ($P > 0,05$). A silagem controle e as

silagens tratadas com Sil-All e Yakult não diferiram entre si ($P > 0,05$), apresentando os menores valores da DIVFDN. Não houve diferenças entre os inoculantes nas silagens com 105 dias de rebrota ($P > 0,05$).

Para a PB, foi observado efeito apenas de idade de rebrota ($P < 0,0001$), registrando-se maiores valores nas silagens de capim com 90 dias idade em comparação aquelas produzidas aos 105 dias (67,04 vs. 50,15 g kg⁻¹ MS, respectivamente). Não houve efeito de inoculantes ($P = 0,1237$) e a média observada foi de 58,59 g kg⁻¹ MS.

O teor de lignina foi afetado pelos inoculantes ($P = 0,0104$) e pelas idades de rebrota ($P = 0,0011$). Não foram observadas diferenças dos inoculantes em relação ao tratamento controle. A silagem tratada com Sil-All apresentou maior teor de lignina em comparação a tratada com SiloMax (66,40 vs. 53,94 g kg⁻¹ MS). Os demais tratamentos foram semelhantes, com médias de, 62,59; 56,99 e 57,80 g kg⁻¹ MS para o controle, KeraSil e Yakult, respectivamente. Maiores teores de lignina foram observados nas silagens com idade de rebrota de 105 dias em comparação a 90 dias (68,14 vs. 50,95 g kg⁻¹ MS, respectivamente).

Para os teores de NIDA, foi observado efeito apenas para as idades de rebrota ($P = 0,0017$), com maiores valores para as silagens com idade de 105 dias em comparação a 90 dias (68,67 vs. 53,01 g kg⁻¹ N total, respectivamente). Os valores de NIDA não foram influenciados pelos inoculantes ($P = 0,3022$) e apresentou valor médio de 60,84 g kg⁻¹ N total.

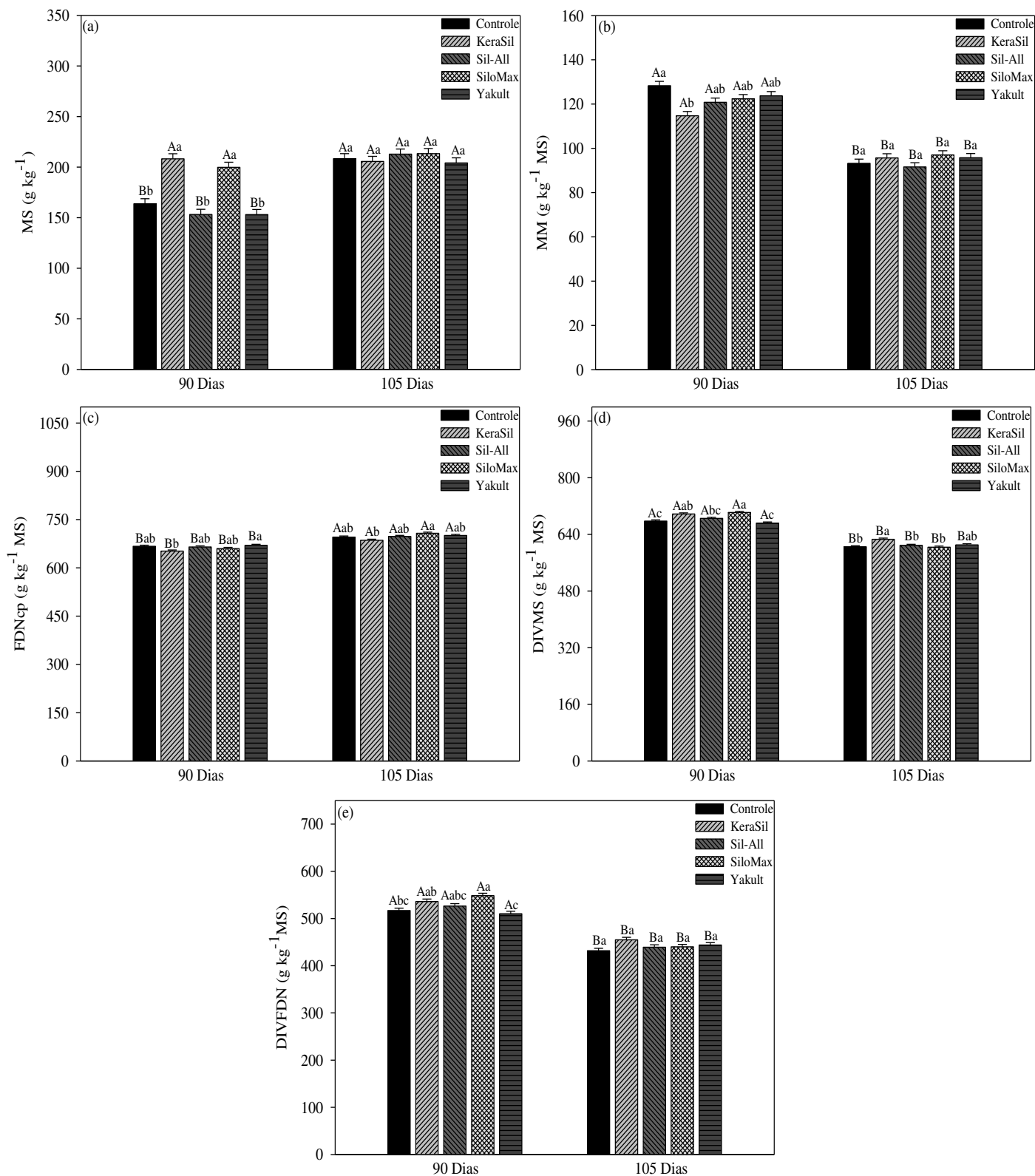


Figura 2. Matéria seca (a); matéria mineral (b); fibra insolúvel em detergente neutro (c); digestibilidade *in vitro* da MS (d); digestibilidade *in vitro* da FDN (e) (expressos em g kg⁻¹ MS), das silagens de capim-elefante BRS Capiçu, submetida a duas idades de rebrota e tratada com diferentes inoculantes. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre as idades de rebrota em cada inoculante por PDIFF e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os inoculantes nas respectivas idades pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

3.3. Perfil fermentativo

Foi observado efeito de interação Id × In sobre o pH das silagens ($P = 0,0087$; Figura 3a). A silagem tratada com o inoculante KeraSil apresentou menor pH em comparação às silagens controle, Sil-All e Yakult, para o capim aos 90 dias de rebrota ($P < 0,05$). O pH das silagens tratadas com Sil-All, SiloMax e Yakult não diferiram da silagem controle para essa idade ($P > 0,05$). Aos 105 dias, as silagens tratadas com KeraSil e Sil-All apresentaram menores valores de pH em comparação as silagens controle e a tratada com SiloMax ($P < 0,05$). Os valores de pH das silagens tratadas com SiloMax e Yakult não diferiram do pH da silagem controle ($P > 0,05$). Não foram observadas diferenças no pH entre as idades de rebrota para nenhum dos inoculantes utilizados ($P > 0,05$).

Houve também efeito de interação Id × In sobre o teor de ácido acético ($P = 0,0507$; Figura 3b) e sobre a relação ácido lático: ácido acético ($P = 0,0003$; Figura 3c). Menor teor de ácido acético foi observado na silagem tratada com KeraSil em relação à silagem controle, para ambas as idades de rebrota ($P < 0,05$). Nenhum outro inoculante diferiu em relação à silagem controle nas duas idades de rebrota ($P > 0,05$). Não foram observadas diferenças no teor de ácido acético entre as duas idades de rebrota em todos os inoculantes avaliados ($P > 0,05$). Para a relação ácido lático:ácido acético, observou-se maior valor na silagem tratada com KeraSil em comparação as demais silagens, em ambas as idades de rebrota ($P < 0,05$). Na idade de 90 dias, nenhum outro inoculante diferiu do tratamento controle ($P > 0,05$). Para a idade de 105 dias, as silagens controle, SiloMax e Yakult não diferiram entre si ($P > 0,05$) e apresentaram os menores valores em comparação as silagens tratadas com KeraSil e Sil-All ($P < 0,05$). A relação ácido lático:ácido acético não diferiu entre as duas idades de rebrota nas silagens tratadas com KeraSil e Yakult ($P > 0,05$). No entanto, para as silagens controle e tratada com SiloMax, maior relação ácido lático:ácido acético foi observada na idade de 90 dias em comparação a 105 dias

($P < 0,05$). O inverso foi observado para o inoculante Sil-All, que resultou em maior relação ácido láctico:ácido acético para as silagens de capim com 105 dias ($P < 0,05$).

Para os CHOs solúveis residuais, foi observado efeito da interação Id \times In ($P < 0,0001$; Figura 3d). Os maiores teores foram observados na silagem tratada com o inoculante KeraSil em comparação as demais, nas duas idades de rebrota ($P < 0,05$). Não houve diferença entre os demais inoculantes e a silagem controle ($P > 0,05$). Foi observado maior teor de CHOs solúveis residuais na idade de 105 dias em comparação a de 90 dias na silagem tratada com KeraSil ($P < 0,05$). Para os demais inoculantes, não foram observadas diferenças entre as duas idades de rebrota ($P > 0,05$).

Observou-se efeito de inoculantes ($P < 0,0001$; Figura 4a) para os teores de N-NH₃. O menor teor foi observado na silagem tratada com KeraSil em comparação as demais, e o maior valor foi observado para a silagem tratada com Yakult. As silagens tratadas com Sil-All e SiloMax não diferiram do controle. O teor de N-NH₃ não foi influenciado pelas idades de rebrota ($P = 0,6391$) e o valor médio foi de 84,71 g kg⁻¹ N total.

O teor de ácido láctico foi afetado pelos inoculantes ($P = 0,0533$; Figura 4b). Maior teor foi observado na silagem tratada com Sil-All em comparação ao SiloMax. Porém, nenhum inoculante diferiu da silagem controle. Não houve efeito das idades de rebrota ($P = 0,3833$) e o valor médio foi de 28,39 g kg⁻¹ MS. Na avaliação do ácido propiônico, foi observado efeito de idades de rebrota ($P = 0,0404$) e de inoculantes ($P = 0,0172$; Figura 4c). Maior teor foi observado nas silagens com 90 dias de rebrota em comparação a 105 dias (4,22 vs. 3,40 g kg⁻¹ MS, respectivamente). Além disso, maior teor foi observado na silagem tratada com Sil-All em comparação a silagem tratada com SiloMax. Não houve diferenças dos inoculantes em relação à silagem controle.

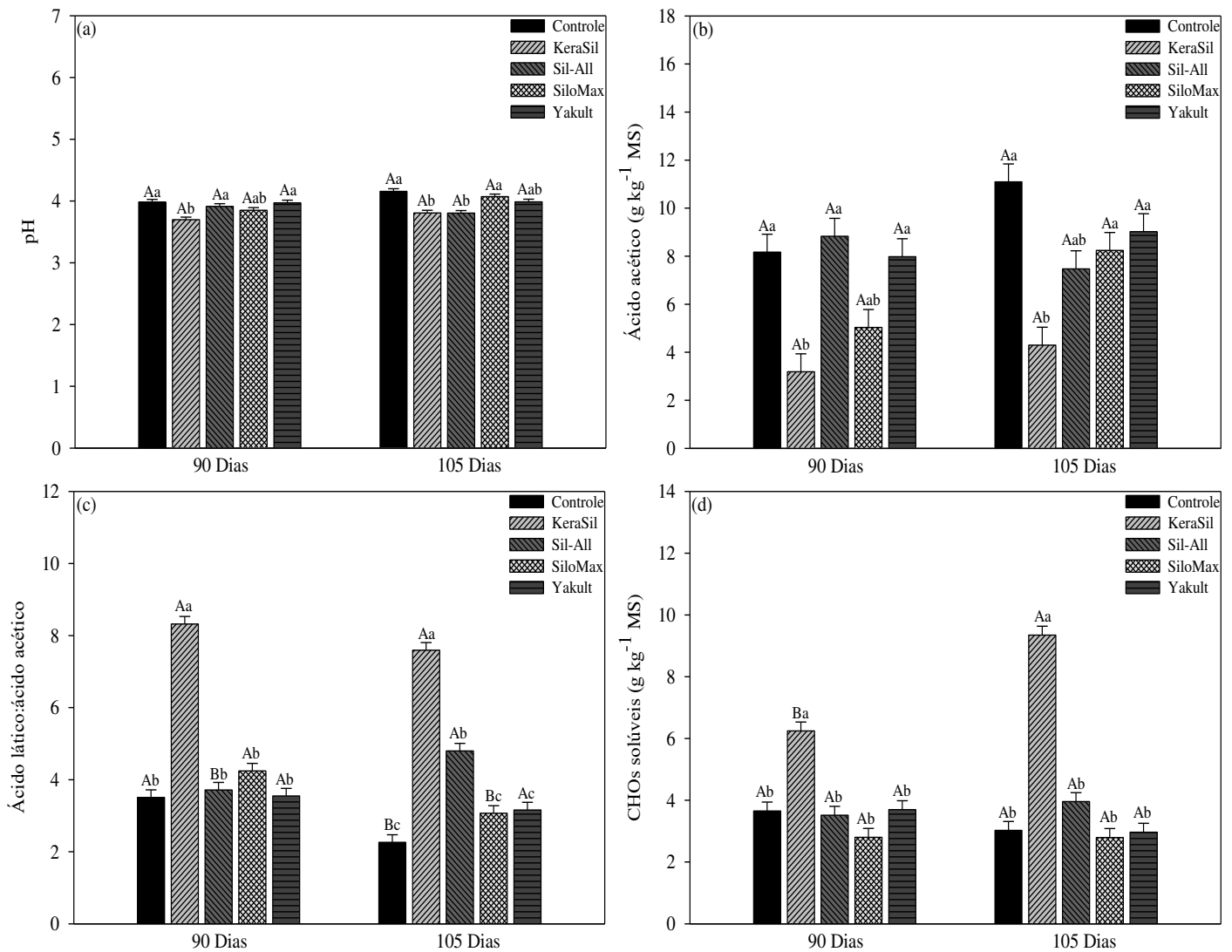


Figura 3. pH (a); ácido acético (b; g kg⁻¹ MS); ácido láctico:ácido acético (c); carboidratos solúveis residuais (d; g kg⁻¹ MS), das silagens de capim-elefante BRS Capiçu, submetida a duas idades de rebrota e tratada com diferentes inoculantes. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre as idades de rebrota em cada inoculante por PDIFF e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os inoculantes nas respectivas idades pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

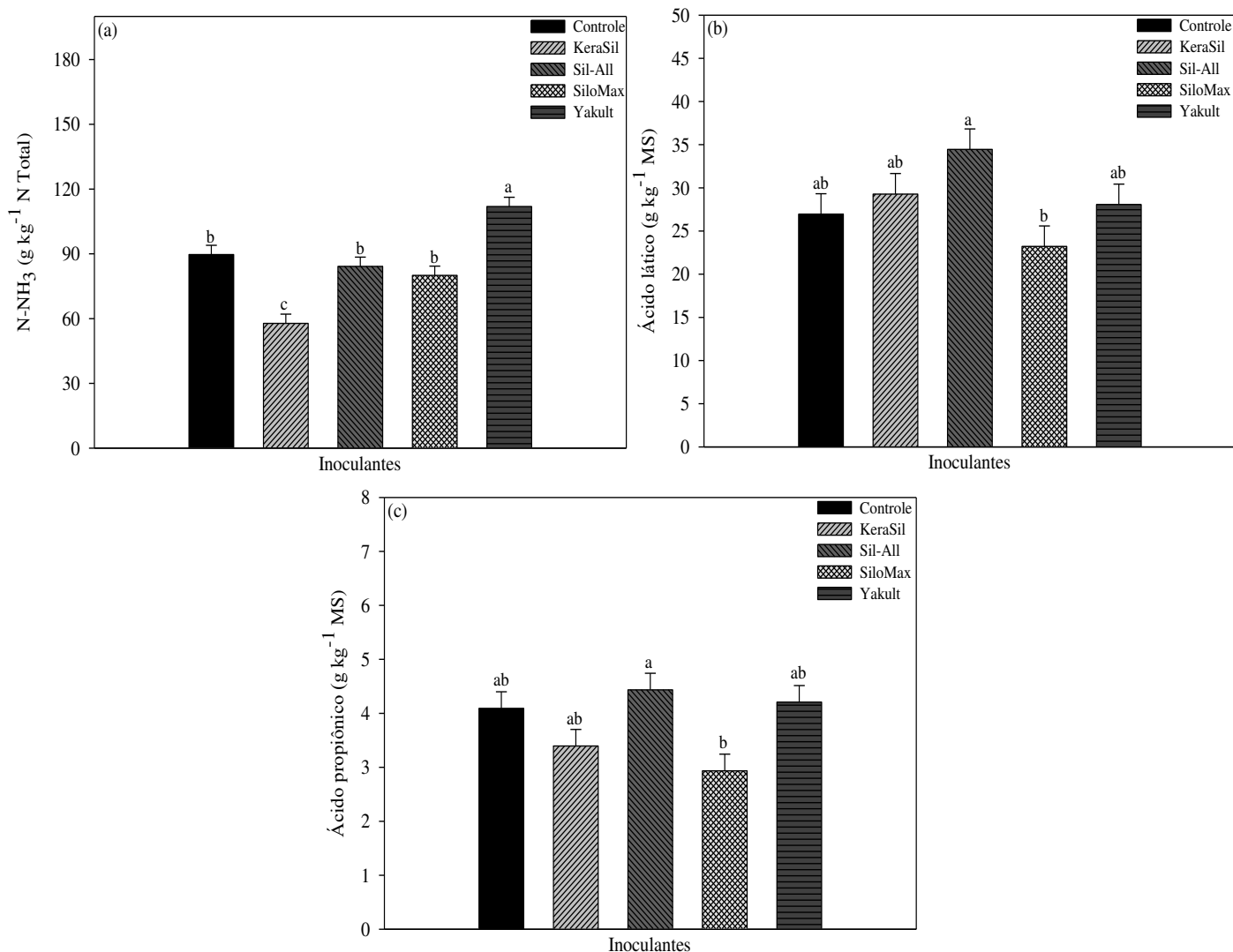


Figura 4. Nitrogênio amoniacal (a; g kg⁻¹ N total); ácido láctico (b) e ácido propiônico (c) (expressos em g kg⁻¹ MS), das silagens de capim-elefante BRS Capiçaçu, tratada com diferentes inoculantes. As letras diferentes indicam diferença entre os inoculantes pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4. DISCUSSÃO

Os inoculantes microbianos comerciais constituídos por cepas de bactérias heterofermentativas facultativas, têm como produto final principal o ácido láctico, ou seja, apresentam ação de acelerar a fermentação inicial, possibilitando que a fase de estabilidade das silagens seja atingida mais rapidamente, devido a eficiente queda no pH (Muck et al., 2018). Todos apresentam em sua composição as cepas das bactérias *L. plantarum* e *P. acidilactici*. O inoculante KeraSil apresenta a maior concentração das duas cepas de bactérias. O inoculante

enzimático-microbiano Sil-All além das duas cepas de bactérias, apresenta também em sua composição a *E. faecium* e *L. salivarius*, sacarose e as enzimas, xilanase, amilase, celulase, hemicelulase e dióxido de silício. O inoculante SiloMax é adicionado da sacarose. E por fim, o Yakult foi utilizado como fonte de *L. casei* a silagem.

Foram observadas algumas alterações na composição química das silagens inoculadas, em comparação à silagem controle. Os teores de MS do capim colhido em ambas as idades de rebrota são inferiores aos 250 g kg⁻¹, preconizados por McDonald et al. (1991) como adequados para uma boa fermentação da massa ensilada. Porém, mesmo abaixo do ideal, as silagens tratadas com os inoculantes KeraSil e SiloMax apresentaram os maiores teores em comparação a silagem controle e a tratada com Yakult para a menor idade de rebrota, efeito que pode estar relacionado a menores perdas durante o processo de fermentação. O teor de MS é um importante modulador do perfil fermentativo, onde, o baixo teor pode desencadear no desenvolvimento de microrganismos deterioradores, fermentações secundárias e maiores perdas. A resposta dos inoculantes observada nas silagens com idade de rebrota de 90 dias, não foi observada nas silagens com idade de rebrota mais elevada, possivelmente por que, essas silagens apresentavam maior teor de MS inicial. Mas, é importante ressaltar que, apesar do elevado teor de umidade, todas as silagens apresentaram bom aspecto visual e sem odor desagradável.

Ribas et al. (2021) observaram incremento do teor de MS em silagens de capim BRS Capiapu tratadas com inoculantes enzimático-microbiano, atribuído a redução mais acentuada do pH da silagem. isto pode explicar o comportamento observado para as silagens tratadas com os inoculantes KeraSil e SiloMax no nosso estudo, que apresentaram maiores teores de MS na idade de 90 dias de rebrota do capim. Além disso, as silagens com 105 dias de rebrota apresentaram, em geral, maiores teores de MS em comparação as silagens com 90 dias, evidenciando a redução da umidade do capim com a elevação de sua maturidade.

A ausência de efeito de inoculante sobre os teores de PB, FDN, lignina e NIDA de certa forma já era esperado, uma vez que o principal efeito de inoculantes é sobre o perfil fermentativo das silagens. No entanto, os maiores valores de PB e menores dos constituintes da fração fibrosa em silagens de plantas colhidas com 90 dias, reflete o maior valor nutritivo destas. Isto se deve ao fato de plantas mais jovens apresentarem em sua composição menor proporção de tecidos fibrosos e lignificados e maior teor de PB (Monção et al., 2019), haja visto que, apresentam maior relação lâmina foliar:colmo, como foi observado nas características da planta forrageira antes da ensilagem. Contudo, essas diferenças na composição química do capim nas duas idades de rebrota não afetou o padrão de fermentação das silagens, pois, não foram observadas diferenças no pH, N-NH₃, ácido lático e ácido acético em função das idades.

Um ponto interessante de se destacar é que todas as silagens apresentaram valores de NIDA abaixo do nível crítico proposto por Van Soest e Mason (1991), de 200 g kg⁻¹ N total, o que é desejável no aspecto nutricional e de fermentação, uma vez que, essa fração é indisponível aos microrganismos ruminais e, além disso, valores elevados são indicativos de aquecimento da silagem, ou seja, de fermentações secundárias (Van Soest, 1994).

A maior DIVMS e da DIVFDN nas silagens tratadas KeraSil e SiloMax, provavelmente se deve aos menores teores médios de FDN e lignina dessas silagens. Ao comparar as idades de rebrota, podemos observar que plantas colhidas em idade de rebrota mais avançada proporcionaram menor digestibilidade das silagens, acompanhando as mudanças na composição química do capim com a elevação da idade, refletindo o mais elevado conteúdo de fibra das mesmas, conforme já reportado, evidenciando a redução no valor nutritivo em decorrência do avanço da maturidade.

No trabalho de De Jesus et al. (2021), apesar de não terem observado diferenças na composição química e digestibilidade do BRS Capiáçu com a adição de inoculantes enzimático-microbiano, reduções das frações indigestíveis da fibra foram observadas. Os autores

explicaram essa redução dos constituintes pelo rompimento das ligações do tipo éster presentes na parede celular do capim através do uso de inoculantes. Pereira et al. (2007) enfatizam também que, a redução da fração fibrosa das silagens se deve à uma possível hidrólise ácida da hemicelulose, como consequência da redução do pH do meio pela fermentação por bactérias lácticas. Corroborando com esses resultados, foi observado menor valor de pH nas silagens tratadas com KeraSil e SiloMax na menor idade do capim, e estas apresentaram as maiores digestibilidades.

De Jesus et al. (2021) ainda citam em seu trabalho que as enzimas fibrolíticas, como a celulase, requerem um pH de 5,0 a 6,5 e temperatura variando de 39°C a 50°C para atividade adequada. Portanto, o baixo pH na silagem, pode ter inibido sua ação, explicando a ausência de efeito na composição química e na digestibilidade das silagens tratadas com o inoculante enzimático- microbiano Sil-All em relação ao controle.

Kung Jr. et al (2018) reportaram valores de pH para silagens de gramíneas com 25 a 35% de MS dentro da faixa de 4,3 a 4,7. No nosso estudo, todas as silagens apresentaram pH inferior a 4,3, o que poderia inicialmente indicar um bom padrão de fermentação. Contudo, é importante destacar que somente o pH não é um bom indicativo para assegurar se a fermentação foi boa ou não. No entanto, é possível que um adequado teor de CHOs solúveis em água, bem como população de BAL na forragem no momento da ensilagem, possa ter favorecido a esse baixo valor de pH.

Apesar da silagem tratada com KeraSil apresentar menor pH em comparação à silagem controle em ambas idades de rebrota, é importante destacar que biologicamente os valores são muito próximos e, todos, indicadores de boa fermentação, independente da silagem, conforme já reportado. Destaca-se, ainda, que o teor de ácido láctico da silagem tratada com o KeraSil não diferiu da silagem controle, sugerindo assim que a produção deste ácido não contribuiu para o menor pH da silagem tratada. O maior declínio do pH na silagem tratada com o Kerasil, pode

ser atribuível as maiores concentrações das bactérias *L. plantarum* e *P. acidilactici* em sua composição. Gandra et al. (2017) relataram que as cepas de *P. acidilactici* predominam e garantem redução do pH no início da fermentação, ainda quando o pH está alto. E posteriormente, quando o pH começa a cair em torno de 5, *L. plantarum* produzem ácido láctico, levando a repentina queda do pH da silagem. Pahlow et al. (2003) também mencionam o *P. acidilactici* cresce vigorosamente na faixa de temperatura de 15 a 50 °C e de um pH até 3,6 e pode ser eficaz ao estimular a população *L. plantarum* em estágios posteriores da ensilagem. E essa maior ação das bactérias pode ter influenciado no menor pH da silagem tratada com KeraSil, tornando essa associação entre as duas bactérias uma interessante estratégia.

Irawan et al. (2021) observaram que a elevação da população de bactérias lácticas heterofermentativas facultativas, promoveu redução e aumento lineares do pH e do ácido láctico, respectivamente, em sua metanálise sobre diversas forrageiras para produção de silagens. Uma queda rápida de pH é importante e está diretamente associada a qualidade final da silagem, pois, pode proporcionar maior conservação de nutrientes, com menor atividade proteolítica e reduzido crescimento de microrganismos indesejáveis (Macêdo & Santos, 2019). No presente estudo, a silagem tratada com KeraSil apresentou os menores valores de pH, juntamente com menores teores de N-NH₃ e os maiores teores de CHOs solúveis residuais. Bernardes et al. (2013) ressaltaram em seu trabalho que quanto mais rapidamente for a queda do pH, menor será a degradação da PB, conseqüentemente, menor será a produção de N-NH₃, pois o pH baixo inibe a ação das enzimas proteolíticas das plantas e inibe microrganismos proteolíticos.

As silagens tratadas com Yakult e com o inoculante SiloMax não apresentaram diferenças no valor de pH em relação ao controle, ou seja, o pH baixo observado por essas silagens, provavelmente se devem a condições de ensilagem, como, boa compactação, vedação e anaerobiose, não sendo consequência das inoculações em si. Por fim, a combinação das

bactérias láticas juntamente com algumas enzimas na composição do inoculante Sil-All, foram eficientes em reduzir o pH somente das silagens com idade de rebrota de 105 dias. Segundo Arriola et al. (2015), diferentes cepas presentes em um inoculante pode apresentar competição, induzindo uma taxa de acidificação mais lenta, o que pode ter influenciado na resposta do Sil-All. Já na idade de 105 dias, o capim apresentou maior teor de CHOs solúveis, condição que pode ter promovido maior ação das bactérias e enzimas, possibilitando o efeito positivo do inoculante.

O maior teor de MS e o menor pH para a silagem tratada com o inoculante KeraSil provavelmente foram os fatores que permitiram o menor teor de N-NH₃ apresentado por essa silagem, indicando um melhor padrão de fermentação em relação as demais. Entretanto, é pertinente relatar que, todas as silagens, incluindo o controle, apresentaram teores de N-NH₃ inferiores ou dentro do intervalo de 80 a 120 g kg⁻¹ N total, relatados por Kung Jr. et al. (2018) como aceitáveis para silagens de gramíneas, indicando reduzida degradação da PB das silagens. O teor de N-NH₃ na silagem é um forte indício da atuação de bactérias do gênero *Clostridium*, principalmente com atividade proteolítica (Pahlow et al., 2003). Dessa forma, podemos inferir que nenhuma silagem, apresentou relevante atuação dos clostrídeos. Segundo McDonald et al. (1991), o baixo pH é o fator primário de inibição da degradação das proteínas nas silagens, por proporcionar um ambiente anaeróbio, inibindo a ação clostrídica.

O teor de CHOs solúveis em água do capim antes da ensilagem, nas duas idades de rebrota, se encontram dentro da faixa reportada por Woolford (1972), de 60 a 80 g kg⁻¹ MS, para que o processo fermentativo seja adequado. Segundo Arriola et al. (2011), teores de CHOs solúveis residuais mais elevados são desejáveis, pois refletem uma boa fermentação no silo, impactando em maior disponibilidade de substratos produtores de energia para os microrganismos ruminais. No nosso estudo, foi observado na silagem tratada com o KeraSil o maior teor de CHOs solúveis residuais. Esse resultado pode ser consequência de uma

estabilização mais rápida da silagem, com uma menor extensão da fermentação, e assim, maior conservação desses CHOs solúveis em água.

Kung Jr. et al. (2018) relataram concentrações típicas de ácido láctico variando de 60 a 100 g kg⁻¹ MS para silagens de gramíneas com MS de 25-35%. No nosso estudo, os valores encontrados para o ácido láctico foram inferiores aos reportados por esses autores. Valores inferiores também foram observados para o ácido acético, quando comparado ao valor referencial de 10 a 30 g kg⁻¹ MS sugerido por Kung Jr. et al. (2018), evidenciando a dominância da fermentação láctica. Ainda, nas silagens tratadas com o inoculante KeraSil, foi observado o menor teor de ácido acético em comparação ao controle e demais silagens, o que consequentemente, resultou na maior relação ácido láctico:ácido acético de sua silagem. Para Kung Jr. et al. (2018), silagens com bom padrão fermentativo apresentam relação ácido láctico:ácido acético de 2,5 a 3,0, porém, eles enfatizam que silagens tratadas com BAL podem apresentar uma elevação nessa proporção em virtude da produção quase exclusiva de ácido láctico, o que provavelmente ocorreu no tratamento com KeraSil.

Kung Jr. et al. (2018) relataram teores para o ácido propiônico e butírico para silagens de gramíneas, menores do que 1 e de 5 a 10 g kg⁻¹ MS, respectivamente. No nosso estudo, o conteúdo de ácido propiônico não foi afetado pelos fatores em estudo, porém todas as silagens apresentaram valores acima dos reportados por Kung Jr. et al. (2018). Por outro lado, os teores de ácido butírico foram inferiores aos estabelecidos por esses autores, provavelmente graças ao baixo pH em todas as silagens avaliadas, conforme reportado. Essa é uma informação importante, pois os teores de ácido butírico é indicador negativo de qualidade da fermentação da silagem.

No trabalho de Sriagtula et al. (2020) foi avaliado a inclusão de Yakult como fonte de bactérias lácticas em silagem de sorgo de nervura marrom. Não foram observados efeitos da inclusão sobre nenhum aspecto da silagem. Os autores inferiram que a falta de efeito foi devido

a colheita tardia da cultura e possivelmente a alta população epifítica de bactérias lácticas, não proporcionando efeito dos inoculantes nas características da silagem. Os autores ainda citam que o *L. casei* não é eficaz em substratos com alto teor de fibra e concluíram que a adição desse inoculante foi desnecessária. No presente estudo, não foi observado nenhum efeito da inclusão de Yakult na composição química e fermentativa da silagem de BRS Capiapu, alterações, com exceção do aumento no teor de N-NH₃.

Em síntese, o inoculante KeraSil promoveu melhorias na digestibilidade da silagem e no padrão fermentativo com redução do pH, N-NH₃, ácido acético e maiores teores de CHOs solúveis residuais. A utilização do SiloMax proporcionou melhorias nas digestibilidades da silagem. Já o Sil-All promoveu redução do pH da silagem com maior idade de rebrota. Mas, vale ressaltar que, todas as silagens apresentaram boa fermentação, provavelmente devido as características do capim-elefante BRS Capiapu, como adequado teor de CHOs solúveis e uma população de bactérias lácticas epifíticas que permitiram boa fermentação, juntamente como uma boa execução do processo da ensilagem.

5. CONCLUSÃO

O capim-elefante BRS Capiapu colhido aos 90 ou 105 dias de rebrota proporciona silagens de bom perfil fermentativo, mesmo quando inoculantes microbianos não são utilizados, com melhor valor nutritivo em plantas ensiladas na menor idade. Quanto aos inoculantes, as respostas não foram muito consistentes entre as idades, embora a utilização dos inoculantes microbianos comerciais tenham proporcionado melhorias em alguns aspectos no valor nutritivo e no perfil fermentativo das silagens, principalmente o KeraSil. A utilização do Yakult não promoveu quaisquer melhorias nas características da silagem, não sendo indicado sua utilização para a produção de silagem da cultivar BRS Capiapu.

REFERÊNCIAS

- Arriola, K. G., Queiroz, O. C. M., Romero, J. J., Casper, D., Muniz, E., Hamie, J., & Adesogan, A. T. (2015). Effect of microbial inoculants on the quality and aerobic stability of bermudagrass round-bale haylage. *Journal of Dairy Science*, 98, 478-485. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8411>
- Arriola, K. G., Kim, S. C., & Adesogan, A. T. (2011). Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 94, 1511-1516. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3807>
- Bernardes, T. F., de Souza, N. S. D. S., da Silva, J. S. L. P., Santos, I. A. P., Faturi, C., & Domingues, F. (2013). Use of bacterial inoculant and molasses in elephant grass ensiling. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 56, 173-178. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.026>
- Bezerra, H. F. C., Santos, E. M., Oliveira, J. S., Carvalho, G. G. P., Pinho, R. M. A., Silva, T. C., ... & Zanine, A. M. (2019). Fermentation characteristics and chemical composition of elephant grass silage with ground maize and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria. *South African Journal of Animal Science*, 49, 522-533. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i3.13>
- De Jesus, M. A., Monção, F. P., Rigueira, J. P. S., Júnior, V. R. R., Gomes, V. M., Junior, N. D. A. D., ... & dos Santos, A. S. (2021). Effects of microbial inoculant and fibrolytic enzymes on fermentation quality and nutritional value of BRS Capiaçú grass silage. *Semina: Ciências Agrárias*, 42, 1837-1852. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1837>

- Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S., Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M., & Azevedo, J.A.G. (2012). Methods for food analysis. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p.
- Embrapa. (2013). The Brazilian soil classification system, 3 ed. Rio de Janeiro, Brazil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Gandra, J. R., De Oliveira, E. R., de Goes, R. H. T. B., De Oliveira, K. M. P., Takiya, C. S., Del Valle, T. A., ... & Pause, A. D. S. (2017). Microbial inoculant and an extract of *Trichoderma longibrachiatum* with xylanase activity effect on chemical composition, fermentative profile and aerobic stability of guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) silage. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 26, 339-347. <https://doi.org/10.22358/jafs/80776/2017>
- Gouvêa, V. N., Vendramini, J. M. B., Sollenberger, L. E., de Oliveira, F. L., Dubeux Jr, J. C. B., Moriel, P., ... & Kuhawara, F. (2020). Inoculant effects on fermentation characteristics, nutritive value, and mycotoxin concentrations of bermudagrass silage. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 6, e20054. <https://doi.org/10.1002/cft2.20054>
- Heinritz, S. N., Martens, S. D., Avila, P., & Hoedtke, S. (2012). The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. *Animal Feed Science and Technology*, 174, 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.017>
- Holden, L.A. (1999). Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. *Journal of Dairy Science*, 82, 1791-1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)
- Irawan, A., Sofyan, A., Ridwan, R., Hassim, H. A., Respati, A. N., Wardani, W. W., ... & Jayanegara, A. (2021). Effects of different lactic acid bacteria groups and fibrolytic

- enzymes as additives on silage quality: a meta-analysis. *Bioresource Technology Reports*, 14, 100654. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100654>
- Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy Science*, 101, 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Macêdo, A. J. S., & Santos, E. M. (2019). Basic principles for silage production. *Archives of Veterinary Sciences and Zoology at UNIPAR*, 22, 147-156. <https://doi.org/10.25110/arqvet.v22i4.2019.6948>
- McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. (1991). *Biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication. p. 340.
- McDougall, E. I. (1948). Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical journal*, 43, 99-109. <https://doi.org/10.1042/bj0430099>
- Monção, F. P., Costa, M. A. M. S., Rigueria, J. P. S., Moura, M. M. A., Júnior, V. R. R., Gomes, V. M., ... & Chamone, J. M. A. (2019). Yield and nutritional value of BRS Capiagu grass at different regrowth ages. *Semina: Ciências Agrárias*, 40, 2045-2056. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045>
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39, 183-191. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300021>
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*. 101, 3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
- Nelson, N. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, 153, 375-380.
- Okuda, H., Fugii, & S., Kawashima. (1995). A direct colorimetric method for blood ammonia. *Journal of Experimental Medicine*, 12, 11-23.

- Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A., Arriola, K. G., Jiang, Y., ... & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 4587-4603. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11815>
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. O., & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. *Silage science and technology*, 42, 31-93.
- Pereira, O. G., Rocha, K. D., & Ferreira, C. L. D. L. F. (2007). Chemical composition, characterization and quantification of the population of microorganisms in elephant grass cv. Cameroon (*Pennisetum purpureum*, Schum.) and its silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 1742-1750. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800006>
- Pereira, A. V., Ledo, F. J. D. S., & Machado, J. C. (2017). BRS Kurumi and BRS Capiaçú- New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 59-62. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1c9>
- Puntillo, M., Gaggiotti, M., Oteiza, J. M., Binetti, A., Massera, A., & Vinderola, G. (2020). Potential of lactic acid bacteria isolated from different forages as silage inoculants for improving fermentation quality and aerobic stability. *Frontiers in Microbiology*, 11, 3091. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.586716>
- Ribas, W. F. G., Monção, F. P., Rocha, V. R., Maranhão, C. M. D. A., Ferreira, H. C., Santos, A. S. D., ... & Rigueira, J. P. S. (2021). Effect of wilting time and enzymatic-bacterial inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of BRS Capiaçú grass silage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200207>
- Santos, E. M., & de Moura Zanine, A. (2006). Tropical grass silage. In *Colloquium Agrariae*, 2, 32-45. <https://doi.org/10.5747/ca.2006.v02.n1.a21>

- Sriagtula, R., Martaguri, I., & Mardhiyetti, Z. (2020). Effects of lactat acid bacteria inoculan and additive on quality and characteristics of brown midrib soguem mutant line silage (sorghum bicolor l. Moench). *Adv. Animal and Veterinary Sciences*, 8, 25-31. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.1.25.31>
- Van Soest, P.J., & Mason, V.C. (1991). The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 32, 45-53. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(91\)90008-G](https://doi.org/10.1016/0377-8401(91)90008-G)
- Van Soest, P.J. (1994). *Nutricional ecology of the ruminant*. 2.ed. Cornell University Press. p. 476.
- Woolford, M. K. (1972). Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. In *Herbage Abstracts*, 42, 105-111.
- Zopollatto, M., Daniel, J. L. P., & Nussio, L. G. (2009). Microbiological additives in silages in Brazil: review of aspects of silage and animal performance. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 170-189. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300018>