

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

**Levantamento sobre práticas de produção e utilização de silagem em
fazendas leiteiras na região sudeste do Rio Grande do Sul**

Wellington Bonow Rediss

Pelotas, 2025

Wellington Bonow Rediss

**Levantamento sobre práticas de produção e utilização de silagem em
fazendas leiteiras na região sudeste do Rio Grande do Sul**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Carlos Henrique Silveira Rabelo

Pelotas, 2025

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

R317l Rediss, Wellington Bonow

Levantamento sobre práticas de produção e utilização de silagem em fazendas leiteiras na região sudeste do Rio Grande do Sul [recurso eletrônico] / Wellington Bonow Rediss ; Carlos Henrique Silveira Rabelo, orientador. — Pelotas, 2025.

54 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2025.

1. Silagem. 2. Assistência Técnica. 3. Produção Leiteira. I. Rabelo, Carlos Henrique Silveira, orient. II. Título.

CDD 636.2140855

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Wellington Bonow Rediss

Levantamento sobre práticas de produção e utilização de silagem em fazendas leiteiras na região sudeste do Rio Grande do Sul

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 23/07/2025

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Henrique Silveira Rabelo (Orientador), Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedroso, Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis, Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa

Dedicatória

Dedico principalmente aos meus pais Alessandro Zarnott Rediss e Daniela Bonow Rediss, por todo amor e carinho e todo suporte necessário ao longo de todo meu percurso, além de sempre incentivar a lutar pelos meus objetivos. Aos meus avós Armindo Rediss, Idair Zarnott Rediss e Vera Maria Thiel Bonow por todo apoio e incentivo ao meu estudo.

Dedico a minha namorada, Kaiane Bonow Wachholz, que me apoiou, me incentivou, me auxiliou e esteve sempre ao meu lado no desenvolvimento deste trabalho.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por iluminar o meu caminho durante minha pós-graduação, me proporcionando força nos dias difíceis, proporcionando grandes amizades e experiências, pela minha saúde, pela minha família e pela vida.

A minha família, por todo apoio, compreensão, carinho e dedicação durante toda minha graduação. Amo vocês.

A minha namorada, que me acompanha nos últimos anos, é amiga, companheira e me impulsiona a cada dia a ser uma pessoa melhor. Te amo.

Ao professor Carlos Henrique Silveira Rabelo, pela orientação acadêmica deste trabalho, por todos os ensinamentos, todo apoio e empenho para desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Otoniel Ferreira Geter Lauz, por disponibilizar o laboratório e possibilitar a realização da secagem das amostras.

Ao pesquisador da Embrapa Jorge Schafhäuser Junior, por disponibilizar o laboratório e possibilitar a realização do preparo das amostras.

Aos produtores que abriram a porteira de suas propriedades para realização deste trabalho.

A Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade da realização de um sonho, pela oportunidade de formação na pós-graduação.

Ao Departamento de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, a formação de Mestre em Agronomia.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa (88887.831538/2023-00).

Enfim, agradeço a todos que fizeram parte do meu caminho e colaboraram para minha formação e realização deste trabalho, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Obrigado a todos!

Epígrafe

“Mesmo se eu soubesse que amanhã o mundo iria se desfazer, eu ainda plantaria minha macieira.”

Martin Luther

Lista de Figuras

Figura 1. Leite – Valor da produção (Mil reais).....	3
Figure 2. Frequency of responses from dairy farms in different counties in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 97$).	22
Figure 3. Frequency of technical assistance on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul (technical assistance: $n = 97$; frequency: $n = 78$).	24
Figure 4. Farm size and area fated to silage production on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul (farm size: $n = 97$; area for silage production: $n = 94$).	25
Figure 5. Herd size (number of heads) of dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).	26
Figure 6. Milk production per day (A) and per cow (B) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).	28
Figure 7. Silage utilization (A; $n = 97$) and supply (B; $n = 94$) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul.	30
Figure 8. Crop supplying by different companies for silage production on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).	33
Figure 9. Type of service (A) and forage harvester (B). and frequency of knife sharpening (C) for silage production on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).	36
Figure 10. Number of silos (A) and storage length of silage (B) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).	38
Figure 11. Characteristics of silage removal (A) and discard of spoiled silage (B) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).	39

Lista de Tabelas

Table 1. Frequency of responses about the profile of dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul.....	22
Table 2. Frequency of responses about practices of silage production and utilization on dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul ($n = 94$).	32
Table 3. Characteristics about the planting system and utilization of organic fertilization for silage production on dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul according to the daily milk production (data are given in %; $n = 94$).	41
Table 4. Characteristics of the practices for production and utilization of silages on dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul according to the daily milk production (data are given in %; $n = 94$).....	43

Sumário

1. Capítulo 1 – Considerações Gerais	1
1.1. Introdução	1
1.2. Revisão de Literatura	3
1.2.2. Área e culturas usadas na produção de silagem na região sudeste do RS	4
1.2.3. Silagem de milho.....	6
Referências	9
2. Capítulo 2 – Survey about silage production and utilization on dairy farms of southeastern Rio Grande do Sul.....	15
2.1. Introduction.....	16
2.2. Materials and Methods	18
2.2.1. Data collection	18
2.2.2. Research questions	18
2.2.3. Silage sampling and chemical analysis.....	19
2.2.4. Data analysis	20
2.3. Results and Discussion	21
2.3.1. Frequency of responses on farm profile.....	21
2.3.2. Frequency of responses on practices of silage production and utilization.....	31
2.3.3. Practices of silage production and utilization considering the milk production groups	41
2.4. Conclusion	46
References	47
3. Capítulo 3 - Aplicações Práticas.....	53

Resumo

REDISS, Wellington Bonow. **Levantamento sobre práticas de produção e utilização de silagem em fazendas leiteiras na região sudeste do Rio Grande do Sul**. Orientador: Carlos Henrique Silveira Rabelo. 2025. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2025.

A região sudeste do Rio Grande do Sul é caracterizada por pequenas propriedades rurais, majoritariamente pertencentes à agricultura familiar, onde a produção de leite tem papel socioeconômico fundamental. Nessa atividade, destaca-se o uso de silagem como estratégia para manter a produtividade dos rebanhos, principalmente durante períodos de escassez de forragem. Apesar da importância desse recurso, há uma notável escassez de dados sobre as práticas adotadas na produção e utilização da silagem na região, o que justifica a necessidade de levantamentos regionais que caracterizem as práticas adotadas, permitindo intervenções específicas e eficazes. Com base nas respostas sobre a produção média diária de leite, foram formados quatro grupos, conforme segue: 1) propriedades com produção inferior a 100 L/dia, 2) entre 100 e 250 L/dia, 3) entre 250 e 500 L/dia, e 4) superior a 500 L/dia. Nos casos em que houve pelo menos 5 respostas por grupo, os dados foram analisados estatisticamente para correlacionar as práticas adotadas com os diferentes níveis de produção de leite. Nenhuma propriedade com produção diária inferior a 100 L utiliza plantio direto ($P = 0,046$). Em contraste, 36,4% das propriedades que produzem mais de 500 L/dia adotam essa prática. Propriedades com maior produção de leite utilizam mais forrageiras de inverno (plantas C3 de estação fria) para a produção de silagem ($P < 0,001$). A maioria (77,7%) das colhedoras de forragem não possui “cracker”, um dispositivo que melhora o processamento dos grãos e a digestibilidade do amido. Silos do tipo trincheira são mais comumente usados por propriedades com maior produção de leite ($P = 0,032$), possivelmente devido ao menor custo e à facilidade de uso. Houve uma mudança clara do uso de lona plástica preta para lona dupla face (preta e branca) com o aumento da produção de leite ($P < 0,01$). Propriedades com maior produção utilizam mais inoculantes bacterianos para garantir uma boa fermentação da silagem ($P = 0,006$). Pequenos produtores veem os inoculantes como um custo adicional, e não como um investimento. As propriedades leiteiras no sudeste do RS são predominantemente de pequeno porte e familiares, com o milho sendo a principal forrageira utilizada na produção de silagem, geralmente associada a práticas de manejo inadequadas. Produtores com maior produção diária de leite adotam práticas mais adequadas, como sistemas de plantio direto, uso de forrageiras de inverno e análise da composição química da silagem para melhor controle de qualidade. Há uma necessidade significativa de assistência técnica para melhorar a produção de silagem e, conseqüentemente, a eficiência e produtividade da atividade leiteira na região.

Palavras-chave: silagem; assistência técnica; produção leiteira.

Abstract

REDISS, Wellington Bonow. **Survey on silage production and use practices on dairy farms in the southeastern region of Rio Grande do Sul**. Advisor: Carlos Henrique Silveira Rabelo. 2025. 54p. Dissertation (Master Degree in Agronomy Science) – Eliseu Maciel College of Agronomy, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2025.

The southeastern region of Rio Grande do Sul is characterized by small rural properties, mostly belonging to family farming, where milk production plays a fundamental socioeconomic role. In this activity, the use of silage stands out as a strategy to maintain herd productivity, especially during periods of forage shortage. Corn silage is the main conserved forage used due to its high yield and nutritional quality, making it essential in the increasingly adopted intensive production systems in the region. Despite the importance of this resource, there is a notable lack of data on the practices used in the production and utilization of silage in the region, which compromises the efficiency and quality of the forage produced. Based on the responses regarding average daily milk production, four groups were formed, as follow: 1) farms producing less than 100 L/d, 2) between 100 and 250 L/d, 3) between 250 and 500 L/d, and 4) > 500 L/d. In cases wherein there was at least 5 responses from each group, the data were statistically analyzed to correlate the adopted practices with different levels of milk production. No farms with a daily milk production below 100 L use no-tillage planting ($P = 0.046$). In contrast, 36.4% of the farms producing more than 500 L/day adopt no-tillage. Farms with higher milk production use more winter forages (cool-season C3 plants) for silage production ($P < 0.001$). Most (77.7%) of the forage harvesters do not have a "cracker," a device that improves grain processing and starch digestibility. Stack silos were more commonly used by farms with higher milk production ($P = 0.032$), possibly due to lower costs and ease of use. There was a clear shift from black plastic film to black-and-white film as milk production increased ($P < 0.01$). Farms with higher milk production use more bacterial inoculants to ensure good silage fermentation ($P = 0.006$). Small producers see inoculants as an additional cost rather than an investment. Dairy farms in southeastern RS are predominantly of small-scale and family-run, with corn being the main forage used for silage production, but generally associated with poor management practices. Higher daily milk producers adopt better practices such as no-tillage systems, use of winter forages, and determine the chemical composition of silage for better control of quality. There is a significant need for technical assistance to improve silage production and, consequently, dairy efficiency and productivity in the region.

Keywords: silage; technical assistance; dairy production.

1. Capítulo 1 – Considerações Gerais

1.1. Introdução

No sudeste do Rio Grande do Sul (RS) há muitas pequenas propriedades rurais onde geralmente predomina a mão de obra familiar (BRASIL, 2023). Para ser enquadrado na agricultura familiar o produtor 1) não pode possuir área superior a 4 módulos fiscais do município, 2) deve utilizar predominantemente a mão de obra familiar, 3) ter percentual mínimo da renda oriundo das atividades desenvolvidas na propriedade e 4) gerir seu estabelecimento com o auxílio da família (BRASIL, 2006). Estas pequenas propriedades se concentram na produção de tabaco e alimentos, com destaque para a produção de leite. Cerca de 96,2% do total de produtores de leite do estado são enquadrados como agricultores familiares (EMATER, 2021). Embora não haja dados claros sobre o número de produtores de leite na região sudeste do estado, de acordo com a Cooperativa Mista dos Pequenos Agricultores da Região Sul LTDA®, principal responsável pela captação de leite na região, menos de 900 produtores associados vendem sua produção para a cooperativa (POMERANO ALIMENTOS, s/d).

Tradicionalmente a alimentação dos rebanhos leiteiros no Brasil é baseado em pastagens, porém o uso de forragens conservadas se tornou uma importante prática desde o início da intensificação da produção de leite (BERNARDES & REGO, 2014). No Brasil, a principal fonte de volumoso para propriedades leiteiras é a silagem de milho (PINTO & MILLEN, 2018; BERNARDES & RÊGO, 2014). Esta cultura é largamente utilizada em razão da sua composição bromatológica oferecer os requisitos para a produção de uma silagem de boa qualidade e pela elevada produtividade (em torno de 15 a 25 t de matéria seca (MS)/hectare; NUSSIO *et al.*, 2001; PAZIANI *et al.*, 2009).

No entanto, há uma carência de informações referentes a produção de silagem na região sudeste do RS. Isso se deve a um crescimento desorganizado das propriedades e da adoção de sistemas intensivos de produção sem assistência, abrindo brechas para erros desde a produção até o consumo da silagem pelos animais. Na região sudeste do RS existe uma grande variabilidade de tamanhos, níveis de intensificação e tecnologias nas propriedades, onde

estão presentes vários tamanhos de rebanho, raça e sistemas de produção (EMATER, 2021). O sistema de produção mais comum é o extensivo (base no pasto), em que as vacas recebem suplementação com silagem e concentrado no cocho. Porém, recentemente a adoção por sistemas intensivos vem se tornando comum, ou seja, os animais ficam confinados e recebem dieta total no cocho (EMATER, 2021).

O uso da silagem teve seu propósito alterado, onde era utilizada basicamente para suprimento do vazio forrageiro e, atualmente é utilizada como estratégia para aumento da produção de leite (WENDLING & MACHADO, 2018). No entanto, a ausência de acompanhamento e orientações sobre a confecção de silagem dificulta a obtenção de um material de qualidade, causando perdas qualitativas e quantitativas significativas.

Com isso, a importância da caracterização da produção de silagem se torna evidente, uma vez que as práticas adotadas durante o processo de ensilagem afetam diretamente o valor nutricional da silagem (SANTOS *et al.*, 2020). Fatores relacionados ao teor de MS, textura do endosperma do híbrido, tamanho de partícula da fibra e processamento de grão (SHINNERS *et al.*, 2000; CORRÊA *et al.*, 2002; FERRARETTO & SHAVER, 2015; JOHNSON *et al.*, 2002; BAL *et al.*, 2000), uso de aditivos (ARRIOLA *et al.*, 2011), uso de lonas de qualidade, descarregamento de silo adequados (BERNARDES *et al.*, 2021) são cruciais para obtenção de silagem de melhor qualidade.

Considerando a importância da silagem nas propriedades de leite da região sudeste do RS e a carência de informações sobre práticas de produção e utilização desse alimento, o levantamento de dados é crucial para entender onde os produtores estão errando e quais ações devem ser tomadas para a melhoria da qualidade dessas silagens.

1.2. Revisão de Literatura

1.2.1. Produção de leite no RS

A mão de obra familiar é quem majoritariamente trabalha com produção de leite no Brasil e também no estado do RS. Essa atividade tem grande relevância social, pois gera emprego e renda para essas famílias (BACCHI & TELLES, 2022). No RS as principais bacias leiteiras estão localizadas em regiões de colonização compostas de pequenas propriedades rurais que identificaram na produção de leite uma alternativa de renda em casos onde a produção de grãos, como a soja, havia se tornado inviável (BACCHI & TELLES, 2022).

Na região sudeste do estado temos os municípios da bacia leiteira de São Lourenço do Sul. Ao observar o valor da produção de leite na Figura 1, observa-se Canguçu, Pelotas e São Lourenço do Sul dentro da faixa de maior valor de produção de leite (IBGE, 2017).

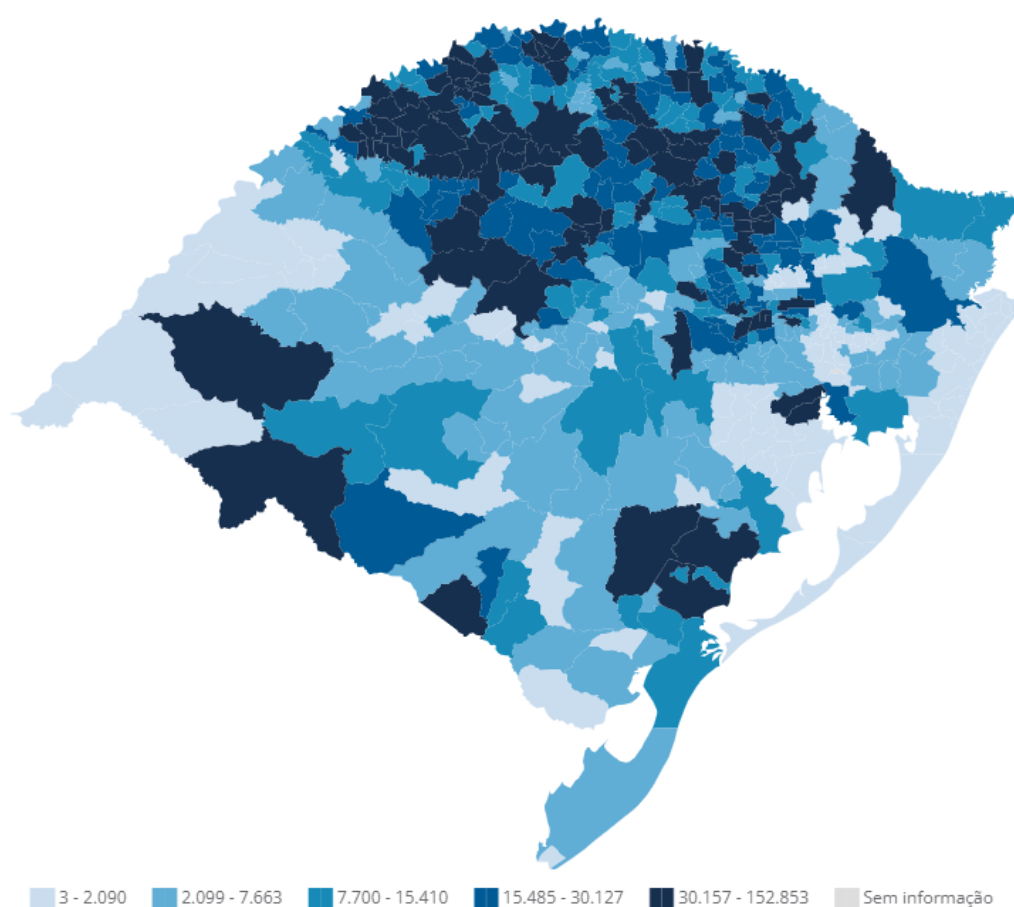


Figura 1. Leite – Valor da produção (Mil reais).

Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), Canguçu lidera em número de propriedades que produzem leite no RS (3525), enquanto os demais municípios da região possuem menos produtores, como São Lourenço (1263), Pelotas (687), Cerrito (254), Rio Grande (221), Morro Redondo (182), Arroio do Padre (150), Capão do Leão (63) e Turuçu (53). Estes números totalizam 6398 propriedades produtoras de leite na região. No entanto, espera-se que estes dados estejam desatualizados e não representem o número de produtores da região, pois segundo os dados do Relatório Socioeconômico da Cadeia Produtiva do Leite no Rio Grande do Sul – 2021, entre 2015 e 2021, cerca de 44 mil produtores deixaram a atividade (EMATER, 2021).

1.2.2. Área e culturas usadas na produção de silagem na região sudeste do RS

Estudos caracterizando a produção de silagem no Brasil são escassos. Poucos trabalhos foram realizados em outras regiões produtoras de leite (COSTA *et al.*, (2013); BALCÃO *et al.*, (2016); BERNARDES *et al.*, (2013); OLIVEIRA *et al.*, (2017); SANTOS *et al.*, (2020); SILVA *et al.*, (2015); WENDLING & MACHADO FILHO, (2018)). Por outro lado, o levantamento de maior abrangência no país (BERNARDES & RÊGO, 2014) possivelmente já está desatualizado e, portanto, existe a necessidade de novos levantamentos regionais. Estes levantamentos poderão fornecer informações importantes sobre o uso de silagem com vistas a permitir a melhor organização da cadeia envolvida na área para implementar melhores estratégias de produção e utilização deste volumoso.

Segundo dados da Emater (2021), o uso de silagens, tanto de culturas de verão, como de inverno, é bem difundido entre os produtores de leite do RS (90,42%). De acordo com Informativo Conjuntural divulgado pela Gerência de Planejamento da Emater/RS – Ascar, está prevista a implantação de 357.311 hectares de milho para silagem na safra 2024/2025 (ABRAMILHO, 2024).

Sobre as culturas utilizadas na produção de silagem, seguramente o milho possui papel de destaque. Desta forma, esta cultura será abordada separadamente no próximo tópico. Além do milho, outras culturas de verão também possibilitam a confecção de silagem. O sorgo é uma gramínea anual de

verão, que caracteriza-se por produzir boa quantidade de massa verde e de boa qualidade, além de possuir boa resistência ao estresse hídrico (BOLSEN *et al.*, 2003; SILVA & BORTOLINI, 2012). Sua área estimada para a safra de 2016/2017, tanto para grão como para silagem, foi de nove mil hectares no RS, mostrando que ainda há espaço para expansão da área de cultivo (Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho, 2017). Já o cultivo de forrageiras tropicais é bem recente e o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma das mais importantes forrageiras devido à elevada produção (pode chegar a 150 t/ha em dois ou três cortes) e possibilidade de ser fornecido picado verde no cocho, sob pastejo ou na forma de silagem (PEREIRA *et al.*, 2021).

Outra cultura com elevado potencial devido ao seu rendimento de MS é a cana de açúcar. De acordo com o Censo Agro 2017, a cultura está presente no RS em aproximadamente 31 mil estabelecimentos rurais, dos quais, mais de 7 mil estabelecimentos utilizam a cultura como forrageira (LEMÕES, 2022). No entanto, perdas elevadas de MS oriundas da fermentação alcoólica no silo podem representar um grande entrave no uso desta cultura (MATOSO, *et al.*, 2023), pois muitos produtores não utilizam aditivos para controlar a ação de leveduras.

Assim como o milho, todos os cereais de inverno (aveia, cevada, centeio, triticale e trigo) possuem características que permitem sua utilização para produção de silagem, feno e pré-secado (FONTANELI *et al.*, 2021). Quando colhido no momento ideal, os cereais de inverno podem apresentar valores de proteína maior que a silagem de milho, porém, possuem menor valor energético e fibras geralmente mais digestíveis (FONTANELI *et al.*, 2021). Isso dá a possibilidade de conciliar o uso de silagem de milho e silagem de inverno em uma mesma dieta para bovinos leiteiros. Além disso, essas culturas apresentam um grande potencial de cultivo na região Sul do Brasil, pois de acordo com Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), especula-se que há uma grande área de cultivo ociosa durante o período de inverno.

1.2.3. Silagem de milho

Convencionalmente a produção de leite no Brasil é baseada em pastagem, sendo assim, a silagem se mostrou uma forma de suprimento de volumoso nas épocas de escassez de forragem que estimulou a sua produção. Atualmente em sistemas mais intensivos de produção de leite, a silagem de milho se tornou o principal alimento de vacas em lactação, sendo hoje a maior fonte de forragem para os animais em lactação no Brasil e no mundo (Bernardes & Rêgo, 2014; Ferraretto *et al.*, 2018; Daniel *et al.*, 2019). Em um levantamento realizado por Bernardes e Rêgo (2014), 82,7% dos produtores entrevistados utilizavam a silagem de milho como alimento para o seu rebanho. Atualmente no Brasil, cerca de 4 milhões de hectares de milho são destinados à produção de silagem (T. Bernardes, dados não publicados, apud. Daniel *et al.*, 2019). A silagem de milho oferece uma importante fonte de forragem para ruminantes. O uso da silagem de milho na alimentação dos animais tem como finalidade o fornecimento de energia (proveniente do amido do grão) e fibra (proveniente do colmo, folha e palha) para a dieta dos animais (ALLEN, COORS & ROTH, 2003; SILVA *et al.*, 2015). Além disso, o milho é considerado a cultura padrão para ensilagem, por conta da boa produtividade de MS (15 - 25 t(MS)/hectare; NUSSIO *et al.*, 2001) e da composição bromatológica ser adequada (Amido: ~26,2% da MS; FDN: ~46,3% da MS), com adequado teor de MS (37,3%), pequena capacidade tampão (91 meq/kg MS) e níveis adequados de carboidratos solúveis (78,8 g/kg MS) que permitem adequada fermentação natural (McDONALD, HENDERSON & HERON, 1991; McALLISTER & HRISTOV, 2000).

O aumento do uso da silagem de milho para alimentação de vacas em lactação é justificado pela alta produção de amido de baixo custo por hectare e pela concentração relativamente elevada de energia metabolizável (Wilkinson & Rinne, 2018). Além disso, o amido presente no grão possui energia de alta digestibilidade (Ferraretto *et al.*, 2018). Portanto, a escolha de híbridos com maior potencial de rendimento de grãos, juntamente com manejo adequado pode melhorar o desempenho de vacas em lactação (Lima *et al.*, 2022).

A qualidade da silagem é dependente de vários fatores, desde o híbrido utilizado, densidade de semeadura, condições de crescimento, teores

adequados de MS, entre outros, sendo que esses fatores podem alterar seu padrão de fermentação e também rendimento após abertura do silo (JOBIM & NUSSIO, 2014; SILVA *et al.*, 2015).

A maturidade da planta no momento da colheita tem grande impacto na qualidade da silagem produzida. O seu monitoramento é simples e pode ser realizado na propriedade a partir da predição de MS pelo método da “*Air fryer*” (NOGUEIRA *et al.*, 2021) ou mesmo em forno micro-ondas. Conforme a planta de milho avança no sentido da maturidade, a maioria das mudanças está relacionada ao desenvolvimento do grão, o que altera a proporção de MS contribuída pelas suas diversas frações. Normalmente há aumento da proporção de grãos e redução da proporção de palha (caule, folhas e casca; BUXTON & O’KIELY, 2003). O atraso na colheita faz com que a vitreosidade do grão aumente, levando a uma diminuição na digestibilidade do amido (ALLEN, COORS & ROTH, 2003). Além disso, plantas com teor de MS mais elevado (>35%) são mais difíceis de serem processadas, principalmente quando a colheita é feita por ensiladeiras tracionadas por trator. No Brasil o equipamento mais utilizado pelos produtores são as máquinas de arrasto por trator sem processador de grãos (BERNARDES E REGO, 2014; DANIEL *et al.*, 2019). Ensiladeiras de arrasto afetam o comprimento de partícula e o processamento de grãos, isto porque não possuem um sistema de corte de precisão como as autopropelidas (DANIEL *et al.*, 2019). De acordo com Salvati *et al.* (2021), vacas alimentadas com silagens produzidas por ensiladeiras de arrasto tiveram maior ingestão de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) fisicamente efetivo do que vacas alimentadas com silagens produzidas por autopropelidas, quando ambos os equipamentos foram definidos para processar as partículas com 6 mm de tamanho. Para se manter uma uniformidade e qualidade de corte é fundamental que as facas dos equipamentos, independente de qual for, sejam afiadas adequadamente e na frequência recomendada (SHINNERS, 2003)

A qualidade da silagem de milho é dependente, entre outros fatores, da compactação bem feita do material e da vedação do silo. Certamente estes itens são afetados pelo tamanho do silo e número de silos que podem ser enchidos simultaneamente na propriedade, além da interação com o equipamento usado na colheita. Ensiladeiras de arrasto, devido ao seu tamanho, possuem uma capacidade de corte de 10-15 t/h, enquanto autopropelidas conseguem atingir

taxa de corte de 150 a 180 t/h (DANIEL *et al.*, 2019). A densidade mínima de compactação de silagens é de 705 kg/m³ com porosidade inferior a 0,4 (HOLMES, 2009). Com o objetivo de atingir altas densidades de compactação os produtores podem utilizar pesos extras nos tratores, e quando há uma alta taxa de abastecimento do silo, até dois tratores são necessários (BERNARDES *et al.*, 2018).

As lonas plásticas utilizadas para cobrir a silagem cumprem 3 funções essenciais: 1) promover uma barreira física a chuva, granizo e pássaros; 2) ser resistente aos raios ultravioleta e permanecer intacto após longos períodos de exposição à luz solar; e 3) manter a anaerobiose durante a ensilagem (BERNARDES, 2016). As lonas pretas e dupla-face (preto/branco) fabricadas a partir de polietileno não são totalmente impermeáveis a penetração de oxigênio, mas normalmente são as mais utilizadas nas fazendas. Atualmente existem disponíveis no mercado filmes com barreira de oxigênio fabricadas a partir de álcool etileno vinílico (EVOH) que combina propriedades de barreira como boas características mecânicas, resistência a perfuração, resistência á rasgos e capacidade de estiramento (BERNARDES, 2016). No entanto, em razão do maior desembolso para aquisição deste material, sua utilização normalmente é reduzida, especialmente em grandes propriedades.

Perdas durante o descarregamento do silo são inevitáveis e dependem do perfil fermentativo, eficiência de vedação, densidade da silagem e taxa de descarregamento (MUCK *et al.*, 2003). Neste sentido, o bom manejo de retirada de silagem é crucial, como remover todo o painel do silo e avançar um mínimo de 30 cm/dia sobre o material ensilado.

Referências

- ABRAMILHO – Associação Brasileira dos Produtores de Milho e Sorgo. **Semeadura de milho silage avança no Rio Grande do Sul**. 2024. Disponível em: <https://www.abramilho.org.br/2024/09/23/semeadura-de-milho-silagem-avanca-no-rio-grande-do-sul/> Acesso em: 04 de outubro de 2024.
- ALLEN, M.; COOR, J., ROTH. G. Corn Silage. **In:** BUXTON, D. R., MUCK, R.E, HARRISON, J.H. (org.). Silage Science and Technology. 1. ed. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. 2003. p. 547-608.
- ARRIOLA, K.J.; KIM, S.C.; STAPLES, C.R.; ADESOGAN, A.T. Effect of applying bacterial inoculants containing different types of bacteria to corn silage on the performance of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 94, p. 3979-3979. 2011
- BACCHI, M. D.; ALMEIDA, A. N.; TELLES, T. S. Spatio-temporal dynamics of milk production in Brazil Dinâmica espaço-temporal da produção de leite no Brasil. **Semina: Ciências Agrárias Londrina**, v. 43, n. 1, p. 241-262, jan./fev. 2022.
- BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; JIROVEC, A.G.; SHINNERS, K.J.; COORS, J.G. Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 83, p. 1264-1273. 2000.
- BALCÃO, L.F., LONGO, C., COSTA, J.H.C., ULLER-GÓMEZ, C., MACHADO FILHO, L.C.P., HÖTZEL, M.J. Characterisation of smallholding dairy farms in Southern Brasil. **Animal Production Science**. 2016.
- BERNARDES, T. F. 2016. Advances in silage sealing. In: Advances in Silage Production and Utilization, v. 1, p. 53–62. Editora: InTech, Rijeka, Croatia.
- BERNARDES, T.F., DANIEL, J.L.P., ADESOGAN, A.T., McALLISTER, T.A., DROUIN, P., NUSSIO, L.G., HUHTANEN, P., TREMBLAY, G.F., BÉLANGER, G. CAI, Y. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of Dairy Science**. v. 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018.

BERNARDES, T.F., DE OLIVEIRA, I.L., CASAGRANDE, D.R., FERRERO, F., TABACCO, E. BORREANI, G. Feed-out rate used as a tool to manage the aerobic deterioration of corn silages in tropical and temperate climates. **Journal of Dairy Science**. v. 104, n. 10, 2021.

BERNARDES, T.F., RÊGO, A.C. do, CASAGRANDE, D.R., LARA, M.A.S., LIMA, L.M., SILVA, N.C. da. Produção e uso de silagens em fazendas leiteiras em três mesorregiões do Estado de Minas Gerais. **Revista Ciências Agrárias**. v.56, n.2, p. 133-138, 2013.

BERNARDES, T.F.; RÊGO, A.C.do. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**. v. 97, p. 1852-1861. 2014.

BRASIL, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm

BRASIL. Lei nº 14.638, de 25 de julho de 2023. Diário Oficial da União - Seção 1 - 26/7/2023, Página 14 (Publicação Original). Poder Legislativo. Câmara dos Deputados. Brasília. 2023.

BOLSEN, K.K., MOORE, K.J., COBLENTZ, W.K., SIEFERS, M.K. WHITE, J.S. Sorghum Silage. **In:** BUXTON, D. R., MUCK, R.E, HARRISON, J.H. (org.). Silage Science and Technology. 1. ed. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. 2003. p. 609 – 632.

BUXTON, D.R. O'KIELY, P. Preharvest Plant Factors Affecting Ensiling. **In:** BUXTON, D. R., MUCK, R.E, HARRISON, J.H. (org.). Silage Science and Technology. 1. ed. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. 2003. p. 547-608.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Dados do segundo levantamento safra 2018/19**, 2018, v.6, n.2.

COSTA, J.H.C., HÖTZEL, M.J. LONGO, C., BALCÃO, L.F. A survey of management practices that influence production and welfare of dairy cattle on family farmns in southern Brazil. **Journal of Dairy Science**. V.96, p.307-317, 2013.

DANIEL, J.L.P., BERNARDES, T.F., JOBIM, C.C., SCHMIDT, P., NUSSIO, L.G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**. p. 1-13. 2019.

EMATER. Rio Grande do Sul/ASCAR. Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no Rio Grande do Sul: 2021. Porto Alegre, RS: Emater/RS-Ascar, 2021. 98 p.

FERRARETTO, L.F.; SHAVER, R.D. Impact of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**. v.98, p. 2662-2675. 2015.

FERRARETTO, L.F., SHAVER, R.D., LUCK, B.D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. **Journal of Dairy Science**. v. 101, n. 5, 2018.

FONTANELI, R.S., FONTANELI, R.S., BONDAN, C., SANTOS, H.P. dos, JUCHEM, S. de O., PIZZANI, R., KLEIN, A.P., DALL AGNOL, E.C., KLEIN, M.A., ZENI, M., FOLCHINI, J.A., CEOLIN, M.E.T., WEBBER, M.P.C., STRAPAZON, A.G., GUBERT, M.E. Silagem de cereais de inverno: um alimento estratégico para a sustentabilidade da produção animal no subtropical brasileiro. **Revista Plantio Direto & tecnologia Agrícola**, ed. 182, 2021.

HOLMES, B. J. Software applications for sizing silos to maximize silage quality. In: Anais do International Symposium of Forage Quality and Conservation., Piracicaba, Brasil. Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brazil, p. 189–208. 2009.

IBGE – 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/rs>

JOBIM, C. C. AND NUSSIO, L. G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. p.649-670. In: **Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. 1.ed. Jaboticabal, FUNEP. 2014.

JOHNSON, L. M., J. H. HARRISON, D. DAVIDSON, W. C. MAHANNA, AND K. SHINNERS. Corn silage management: Effects of hybrid, chop length, and mechanical processing on digestion and energy content. **Journal of Dairy Science**. v. 86, p. 208–231. 2002.

LEMÕES, L.S. Cana-de-açúcar na produção de energia e forragem. 2022. 79 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2022.

LIMA, L.M., BASTOS, M.S., ÁVILA, C.L.S., FERREIRA, D.D., CASAGRANDE, D.R., BERNARDES, T.F. Factors determining yield and nutritive value of maize for silage under tropical conditions. **Grass and Forage Science**. v. 77, p. 201-215. 2022.

MATOSO, E.S., SILVA, S.D. dos A. e, AVANCINI, A.R., CRUZ, N.D. Composição de cana-de-açúcar para alimentação animal em função da aplicação de bactérias diazotróficas. **Ciência Animal**, v.33, n.1, p. 86-98, 2023.

McALLISTER, T.A., HRISTOV, A.N. The fundamentals of good quality silage. **Advances in Dairy Technology**, v. 12, p. 381 – 399, 2000.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

MUCK, R. E., MOSER, L. E., & PITT, R. E. Postharvest factors affecting ensiling. In D. R. Buxton, R. E. Muck & J. H. Harrison (Ed.), *Silage science and technology*. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. p. 251–304, 2003.

NOGUEIRA, R.B., MARINHO, R.C., OLIVEIRA, E.C. de, SILVA, A.E. da, SOUZA, R.C. de, MENEZES, G.L. Uma nova equação para predição do teor de matéria seca em silagem de milho utilizando Air Fryer. **Revista Sinapse Múltipla**. v.10, n.2, p.371-372, 2021.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas (2001 – Maringá). Anais do Simpósio

Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas. – Maringá: UEM/CCA/DZO, p.127-145. 2001.

OLIVEIRA, A. S., WEINBERG, Z. G., OGUNADE, I. M., CERVANTES, A. A., ARRIOLA, K. G., JIANG, Y., ... & ADESOGAN, A. T. 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(6), 4587-4603. 2017.

PAZIANI, S.F; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G.; GALLO, P.B.; BITTAR, C.M.M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P.C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. Revista Brasileira Zootecnia, Viçosa, MG, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

PEREIRA, A. V.; AUAD, A. M.; BRIGHENTI, A. M.; MITTELMANN, A.; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D. S. C.; LEDO, F. J. da S.; OLIVEIRA, J. S. e; LEITE, J. L. B.; MACHADO, J. C.; MATOS, L. L. de; MORENZ, M. J. F.; ANDRADE, P. J. M.; BENDER, S. E.; ROCHA, W. S. D. da. BRS Capiacu e BRS Kurumi: cultivo e uso. **Embrapa Clima Temperado, Embrapa Gado de Leite**. 115p. Brasília. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131853/brs-capiacu-e-brs-kurumi-cultivo-e-uso> Acesso em: 04 de outubro de 2024.

PINTO, A.C.J.; MILLEN, D.D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. Canadian Journal of Animal Science. Ottawa. v. 99, p. 392-407. 2018.

POMERANO ALIMENTOS. **A COOPAR / Pomerano**. Disponível em: <http://pomeranoalimentos.coop.br/sobre-a-coopar-pomerano/> Acesso em: 01 de outubro de 2024.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DA PESQUISA DO MILHO. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul : safras 2017/2018 e 2018/2019. **IN: LXII Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho; XLV Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Sorgo**, Brasília, 209 p., 2017.

SALVATI, G.G.S., SANTOS, W.P., SILVEIRA, J.M., GRITTI, V.C., ARTHUR, B.A.V., SALVO, P.A.R., FACHIN, L. RIBEIRO, A.P., MORAIS JÚNIOR, N.N., FERRARETTO, L.F., DANIEL, J.L.P., BEAUCHEMIN, K.A., SANTOS, F.A.P., NUSSIO, L.G. Effect of kernel processing and particle size of whole-plant corn silage with vitreous endosperm on dairy cow performance. **Journal of Dairy Science**. v.104, n. 2, 2021.

SANTOS, A. DE O. DOS, DIAS JUNIOR, G.S. PEREIRA, M.N. SCHWAN, R.F., ÁVILA, C.L. DA S. A survey of whole-plant corn silages from Minas Gerais dairy farms. **Scientia Agricola**, v.77, n.2, 2020.

SHINNERS, K.J.; JIROVEC, A.G.; SHAVER, R.D.; BAL, M. Processing whole-plant corn silage with crop processing rolls on a pull-type forage harvester. **Applied Engineering in Agriculture**, v.16, p. 323-331, Cary, NC, USA. 2000.

SHINNERS, K.J. Engineering Principles of Silage Harvesting Equipment. **In:** BUXTON, D. R., MUCK, R.E, HARRISON, J.H. (org.). Silage Science and Technology. 1. ed. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. 2003. p. 361-403.

SILVA, J. L. S. da; BORTOLINI, F. Forrageiras de Verão. **Folder/Folheto/Cartilha**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2012.

SILVA, M.S.J. DA, JOBIM, C.C., POPPI, E.C., TRES, T.T, OSMARI, M.P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 9, p. 303-313, 2015.

WENDLING. A.V.; MACHADO FILHO, L.C.P. Characterization of silage production and the use by dairy farmers in the West of Santa Catarina state. **Ciências Agrárias**. Londrina, v.39, n.4, p. 1639-1652, 2018.

WILKINSON, J.M., RINNIE, M. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. **Grass and Forage Science**, v. 73, p. 40-52, 2018.

2. Capítulo 2 – Survey about silage production and utilization on dairy farms of southeastern Rio Grande do Sul

Abstract

This study aimed to assess practices related to silage production and utilization on dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul (RS), Brazil. The RS is one of the largest milk-producing state in Brazil, with a significant role played by small-scale family farms, particularly in the southeastern region where production levels remain low. Corn silage is widely utilized; however, inadequate management practices compromise its quality. A questionnaire was administered to 97 dairy producers in the southeastern region of RS, addressing their silage production and utilization practices. Silage samples were collected for chemical analysis. Based on the responses regarding average daily milk production, four groups were formed, as follow: 1) farms producing less than 100 L/d, 2) between 100 and 250 L/d, 3) between 250 and 500 L/d, and 4) > 500 L/d. In cases wherein there was at least 5 responses from each group, the data were statistically analyzed to correlate the adopted practices with different levels of milk production. No farms with a daily milk production below 100 L use no-tillage planting ($P = 0.046$). In contrast, 36.4% of the farms producing more than 500 L/day adopt no-tillage. Farms with higher milk production use more winter forages (cool-season C3 plants) for silage production ($P < 0.001$). Most (77.7%) of the forage harvesters do not have a "cracker," a device that improves grain processing and starch digestibility. Stack silos were more commonly used by farms with higher milk production ($P = 0.032$), possibly due to lower costs and ease of use. There was a clear shift from black plastic film to black-and-white film as milk production increased ($P < 0.01$). Farms with higher milk production use more bacterial inoculants to ensure good silage fermentation ($P = 0.006$). Small producers see inoculants as an additional cost rather than an investment. Dairy farms in southeastern RS are predominantly of small-scale and family-run, with corn being the main forage used for silage production, but generally associated with poor management practices. Higher daily milk producers adopt better practices such as no-tillage systems, use of winter forages, and determine the chemical composition of silage for better control of quality. There is a significant

need for technical assistance to improve silage production and, consequently, dairy efficiency and productivity in the region.

2.1. Introduction

Rio Grande do Sul (RS) is the third-largest milk-producing state in Brazil and exhibits higher milk production per animal when compared to the national average (IBGE, 2017). Although it ranks among the leading producers, there is significant potential for increased milk production in the state, as some regions, such as the southeastern area, still show low production levels (Rio Grande do Sul, 2021). Overall, most farms are small-scale and predominantly based on family farming systems (96.2%; BRASIL, 2023; EMATER, 2021). On these farms, a major bottleneck remains in the production of feed for dairy herds, which accounts for a considerable portion of the production costs.

Traditionally, dairy cattle feeding in Brazil is based on pasture systems. However, the use of conserved forages has become increasingly common, especially corn silage (BERNARDES & REGO, 2014; DANIEL et al., 2019; PINTO & MILLEN, 2018), which is strategically used to maximize milk production in more intensified systems. In RS, 90.4% of dairy farms use silage as part of the feeding strategy (EMATER, 2021), with corn silage likely being the predominant type.

It is well known that silage quality results from a series of practices carried out throughout the entire production cycle, and mistakes at any stage can negatively affect the fermentation profile and nutritional composition of the silage, thereby influencing animal intake (GIACHINI et al., 2020). Harvesting forage within the ideal maturity range - typically between 30% and 38% dry matter (DM) - favors an optimal fermentation process inside the silo and helps reduce DM losses (McDONALD, HENDERSON & HERON, 1991). Processing the forage into adequately sized particles is crucial for storage, ensuring proper compaction and air exclusion from the silo (SHINNERS, 2003), which directly influences the efficiency of fermentation and the aerobic stability of the silage after silo opening (BORREANI et al., 2017). To achieve consistent particle size, routine maintenance and blade sharpening are essential (SHINNERS, 2003).

Once in the silo, compaction becomes a critical factor for effective silage preservation and must be performed continuously, layer by layer, using tractors

properly sized according to the silo filling rate (SHINNERS, 2003). Silo sealing is the final step of the process and should be carried out immediately after compaction. The covering should consist of impermeable plastic sheeting, UV-resistant, and securely weighted with materials such as tires, soil-filled bags, or sand to ensure firm and uniform contact with the ensiled mass (SHINNERS, 2003; BORREANI et al., 2017). Effective sealing prevents oxygen and moisture penetration, thereby avoiding aerobic spoilage caused by fungi and yeasts, which compromise the silage's stability and nutritional value (SHINNERS, 2003).

Although the scientific literature offers detailed recommendations and best management practices for various types of silage, many producers either lack access to this information or fail to implement it. Consequently, it is likely that many farms still adopt inadequate management practices regarding silage production and its use. Moreover, data on silage practices applied to family farming systems, such as those found in the southeastern region of RS, remain scarce. Therefore, surveys on silage production and usage practices are crucial to generate data that can support policy-making and the implementation of training initiatives aimed at improving feed efficiency and promoting the sustainability of the dairy production chain. Thus, the objective of our study was to conduct a survey on silage production and utilization practices adopted by dairy farms in southeastern RS.

2.2. Materials and Methods

2.2.1. Data collection

A questionnaire was created using the Google Forms platform, containing questions about the silage practices adopted by dairy farmers on their properties. The form was electronically distributed and made available for completion by technicians who provide technical assistance to dairy producers.

The web page created (Google Forms) was used as a link for completing the questionnaire and collecting the data. Upon accessing the web page, the user was required to register first and then received instructions on how to complete the form. All technicians filled out the questionnaire according to the participating producer and identified the silage sample collected from the silo face for subsequent chemical analysis. The confidentiality of all participants was ensured, and the questionnaire was approved by the Ethics Committee of the School of Medicine at the Federal University of Pelotas – UFPel (protocol no. 6.918.302).

The questionnaire was administered to 97 producers in the southeastern region of Rio Grande do Sul.

2.2.2. Research questions

The questionnaire was divided into five sections, comprising a total of forty-three (43) questions. The first section covered the characterization of the production unit through seven questions, as follows: (1) Producer's name; (2) Silage identification (sample code); (3) Municipality; (4) Family farming (predominantly family labor); (5) Does the owner live on the property, or is the work carried out by third parties? (6) Do you receive technical assistance? (7) How often do you receive technical assistance?

The second section addressed characteristics related to the property and the activity, comprising three questions, as follows: (8) What is the area of the property? (9) What is the milk production system used on the property? (10) Do you use silage to feed the cows?

The third section addressed characteristics related to the herd, comprising four questions, as follows: (11) What is the herd size (number of animals)? (12)

What is the daily milk production? (13) What is the average production per cow? (14) What is the breed of the animals?

The fourth section covered characteristics related to silage production, comprising five questions, as follows: (15) What type of silage do you use? (16) What is the area allocated for silage production? (17) Is planting conventional or no-tillage? (18) What type of fertilization is used (chemical or organic)? (19) Do you perform chemical phytosanitary treatment of the crop?

The fifth section was composed of questions related to silage production, as follows: (20) Corn hybrid used (kernel texture); (21) Is silage produced using own or rented equipment? (22) What are the characteristics of the forage harvester? (23) Does the forage harvester have a kernel processor (cracker)? (24) How often are the knives of the forage harvester sharpened during harvest? (25) Do you use any visual parameters (milk line, dry leaves, etc.) to monitor plant maturity? (26) Do you monitor plant maturity for harvest through dry matter determination? (27) What is the dry matter content of the plant at harvest? (28) What type of silo is used? (29) How many tons are produced? (30) What type of silo cover is used? (31) What material is placed on top of the silo? (32) Do you use inoculants when making silage? (33) If yes, what type of additive is used in the ensiling process? (34) Silage storage time (days)? (35) When is the silage provided? (36) Do you evaluate the nutritional composition? (37) How many silos are on the property? (38) What is the size of the silage slice removed per day? (39) What percentage (slice) of the silo face is removed daily? (40) Is the silo unloading manual or mechanical? (41) Is visibly spoiled silage (deteriorated or rotten) discarded? (42) What corn hybrid was used in the last season? (43) What are the main challenges in silage production?

2.2.3. Silage sampling and chemical analysis

Due to the predominance of corn silage use in the region, a corn silage sample was collected from each farm visited. For sampling, a 10 cm layer from the entire face of the silo was removed and homogenized, and then random samples were taken from this volume. Subsequently, the quartering method was applied to obtain a final sample of approximately 0.5 kg.

The silage samples were sent to the Animal Nutrition Laboratory of EMBRAPA Clima Temperado for chemical composition analysis. Samples were dried in a forced-air oven (at 55°C for 72 h) and ground using a knife mill (Macro Knife Mill, Model Star FT 50, Fortinox Equipamentos Moinhos para Laboratório LTDA, Piracicaba, SP) with a 1 mm screen. Analyses for dry matter (DM; 105°C for 12 h) and ash (500°C for 5 h) were performed according to AOAC (1996; methods no. 930.15 and 923.03, respectively). Neutral detergent fiber (NDF) content was determined using polyethylene filter bags in an autoclave (SENGER et al., 2008). NDF in corn samples was determined using a heat-stable amylase without sodium sulfite and expressed inclusive of residual ash.

2.2.4. Data analysis

The response frequency for each question was obtained using the X software. Based on on-farm milk production (4 groups were formed: 1) dairy farms producing less than 100 L/d, 2) between 100 and 250 L/d, 3) between 250 and 500 L/d, and 4) > 500 L/d), responses regarding silage production and utilization practices were compared among groups using the Pearson's χ^2 test. This comparison was only performed when there were at least 5 responses per group for the variable of interest.

2.3. Results and Discussion

2.3.1. Frequency of responses on farm profile

The survey about silage practices and utilization was performed over six counties in southeastern RS (Fig. 1). These counties represent a part of the European colonization area in the south, where there is a predominance of small rural properties (BRASIL, 2023). Such region has the predominance of family agriculture, and milk production represents an interesting income alternative for small farmers (MEDEIROS and BRUM, 2016). Our survey confirmed such assessment, in which the southeast RS was characterized by having predominance of family agriculture (94.8%), with the majority of them living on the farm (Table 1). Our finding is quite similar to that observed for RS state, which has 96.2% of dairy farms being classified as family agriculture (EMATER-RS, 2021). Family agriculture characterization is dependent of the farm size and family labor, but for further definition of what it is, we recommend to read the law no. 11,326/2006 (BRAZIL, 2006).

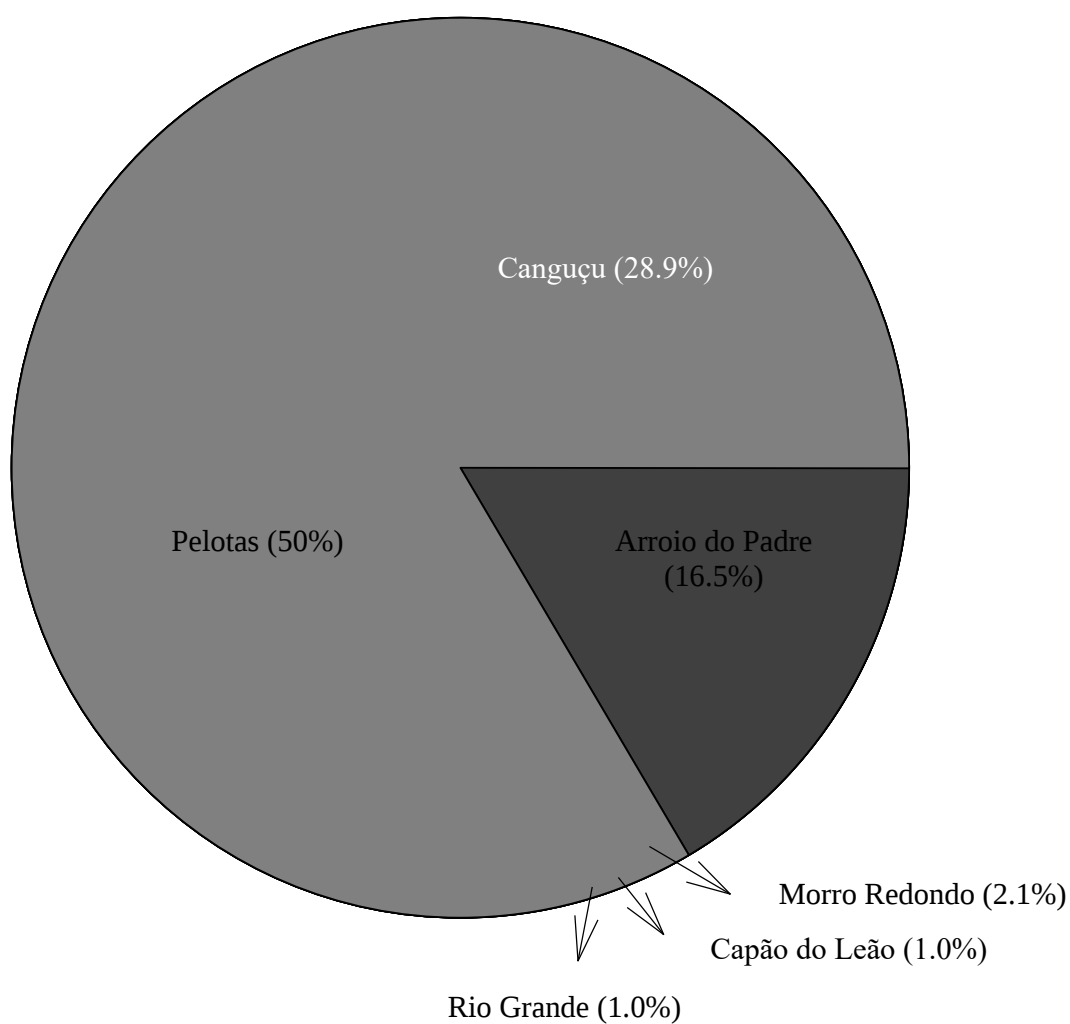


Figure 2. Frequency of responses from dairy farms in different counties in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 97$).

*CP = Capão do Leão; MR = Morro Redondo; AP = Arroio do Padre

Table 1. Frequency of responses about the profile of dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul.

Item	Response (%)	
	No	Yes
Farm profile ($n = 97$)		
Family agriculture	5.20	94.8
Lives on the farm	4.10	95.9
Dairy cows breed ($n = 94$)		
Jersey	24.5	75.5
Holstein	26.6	73.4
Crossbreed	92.6	7.40

Dairy farms had predominance of Jersey and Holstein cows (Table 1), which are better adapted to the climatic conditions of the region (Cfa, Köppen classification) and are more productive as well.

As expected, the technical assistance for these farmers is inadequate (Figure 3). About 80% of the farmers received technical assistance, but approximately 55% did not have regular assistance, with intervals equal to or exceeding three months. Consequently, it is expected that the level of technology adoption among these farmers is more limited, leading to inefficient production in the system. It is worth nothing that technical assistance becomes an important tool to intensify feed production, mainly in farms adopting more technology (BALCÃO et al., 2016). Technical assistance is supposed to be further required with the significant shift towards production systems where animals are kept entirely confined (GIACHINI et al., 2020), such as for intensive dairy cows milking. In these systems, the provision of conserved feed, especially whole-plant corn silage is required throughout the year (DANIEL et al., 2019; GIACHINI et al., 2020).

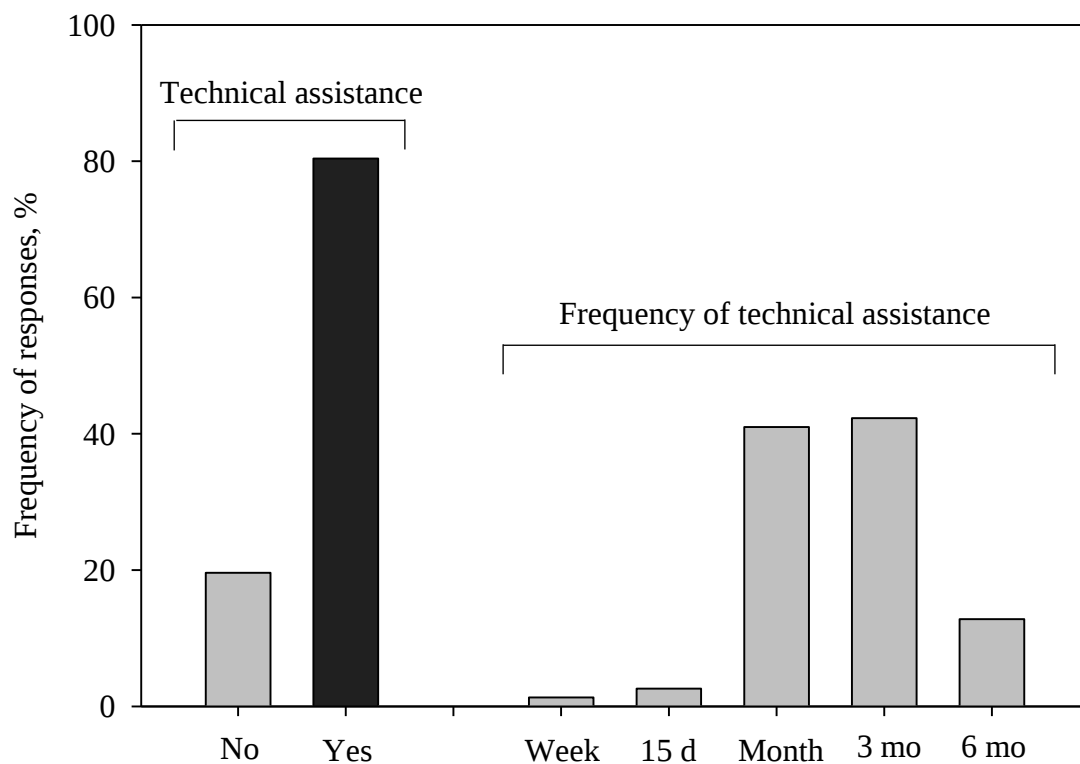


Figure 3. Frequency of technical assistance on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul (technical assistance: $n = 97$; frequency: $n = 78$). *Week = weekly; 15 d = fortnightly; Month = monthly; 3 mo = quarterly; 6 mo = semiannual

Small rural farms have an area ranging from the minimum parcel size to 4 fiscal modules (INCRA, 2022). In our survey, only two farms did not fall within the area considered as small rural property (Figure 4), and these data align with the high percentage of farms being classified as family agriculture. It suggests that if the areas exceed four fiscal modules, there is a need for the fixed hiring of external labor.

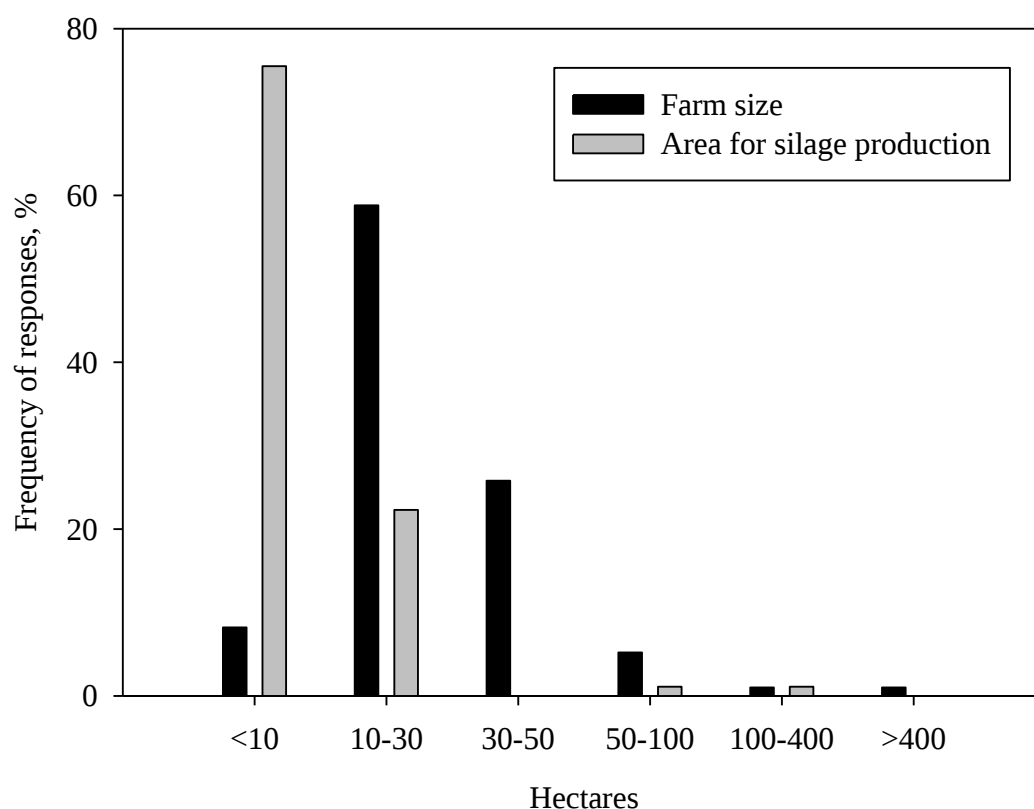


Figure 4. Farm size and area fated to silage production on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul (farm size: $n = 97$; area for silage production: $n = 94$).

Most farms used corn areas smaller than 10 hectares for making silage (Fig. 4). Results like these are consistent with those observed in western Santa Catarina (SC), where the characteristics of the properties are similar to those in Southeast RS (Giombelli et al., 2019). In western SC, 71.4% of the assessed properties had corn areas smaller than 10 hectares dedicated to silage production (Giombelli et al., 2019).

Many farms (77.7%) had small herds, with no more than 30 animals (Figure 5). Although data regarding herd size is widely depending of region, production system, capital to invest, among others, on average, 9.78 cows are milked per dairy-producing property in Brazil (IBGE, 2017). It suggests that a considerable portion of milk produced in Brazil is still from small farms. Moreover, as the volume of silage produced by farms is directly dependent on the size of

the farm's herd, this explains the small areas allocated to corn silage production as described earlier.

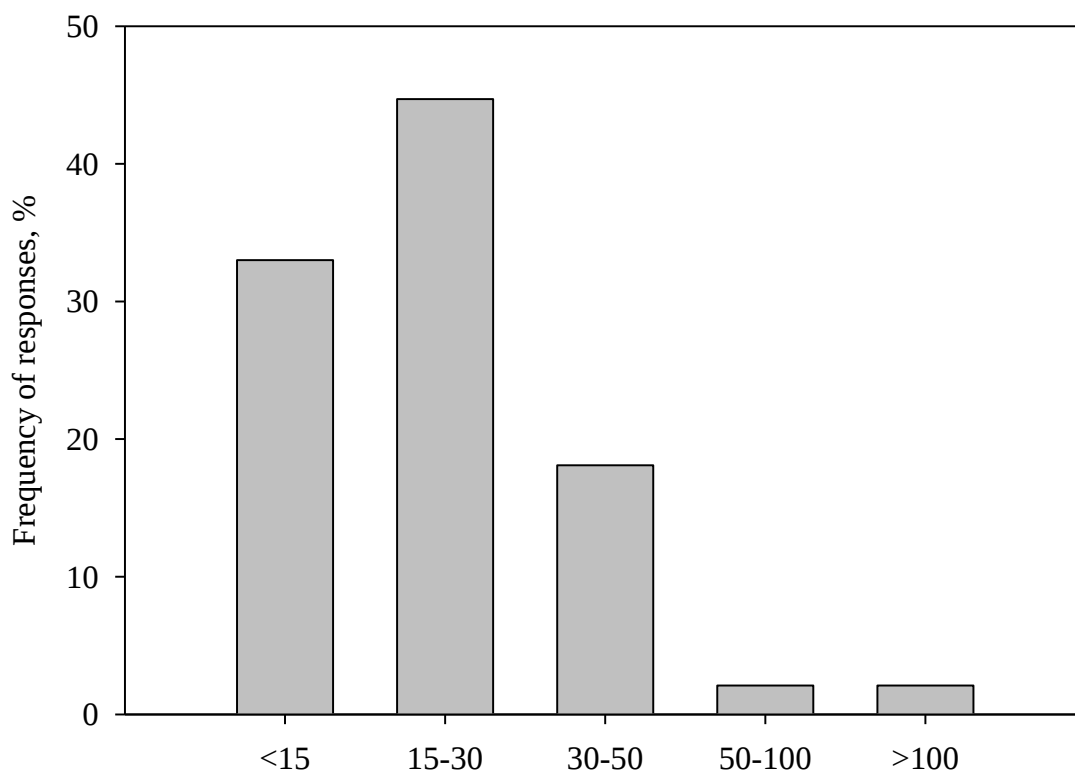


Figure 5. Herd size (number of heads) of dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).

Based on the responses regarding average daily milk production, 19.1% of the farms produced less than 100 L/d, 38.3% produced between 100 and 250 L/d, 30.9% produced between 250 and 500 L/d, and 11.6% produced > 500 L/d (Figure 6A). Our survey revealed that almost 60% of the dairy farms produced < 250 L of milk per day. In Brazil, about 93% of the properties produce < 200 L of milk per day and such properties accounted for 46% of the total milk produced (IBGE, 2017). In contrast, 7% of the farms producing more than 200 L/d accounted for approximately 54% of the total volume of milk produced (IBGE, 2017). In RS, in 2021 about 23.3% of the dairy farms sold < 100 L of milk per day, while 61.7% sold between 101 and 500 L/d, and 15.1% sold more than 500 L/d (EMATER, 2021). Hence, our finding for the Southeast RS is quite similar to those results found for the state.

About the milk efficiency production, 84% of the farms had dairy cows individually producing between 10 and 25 L/d (Fig. 6B), which are higher than those average found in Brasil (6,88 L/cow/day; IBGE, 2017), but similar to those reported in Rio Grande do Sul state (11,1–13,5 L/cow/day; IBGE, 2017, EMATER, 2021).

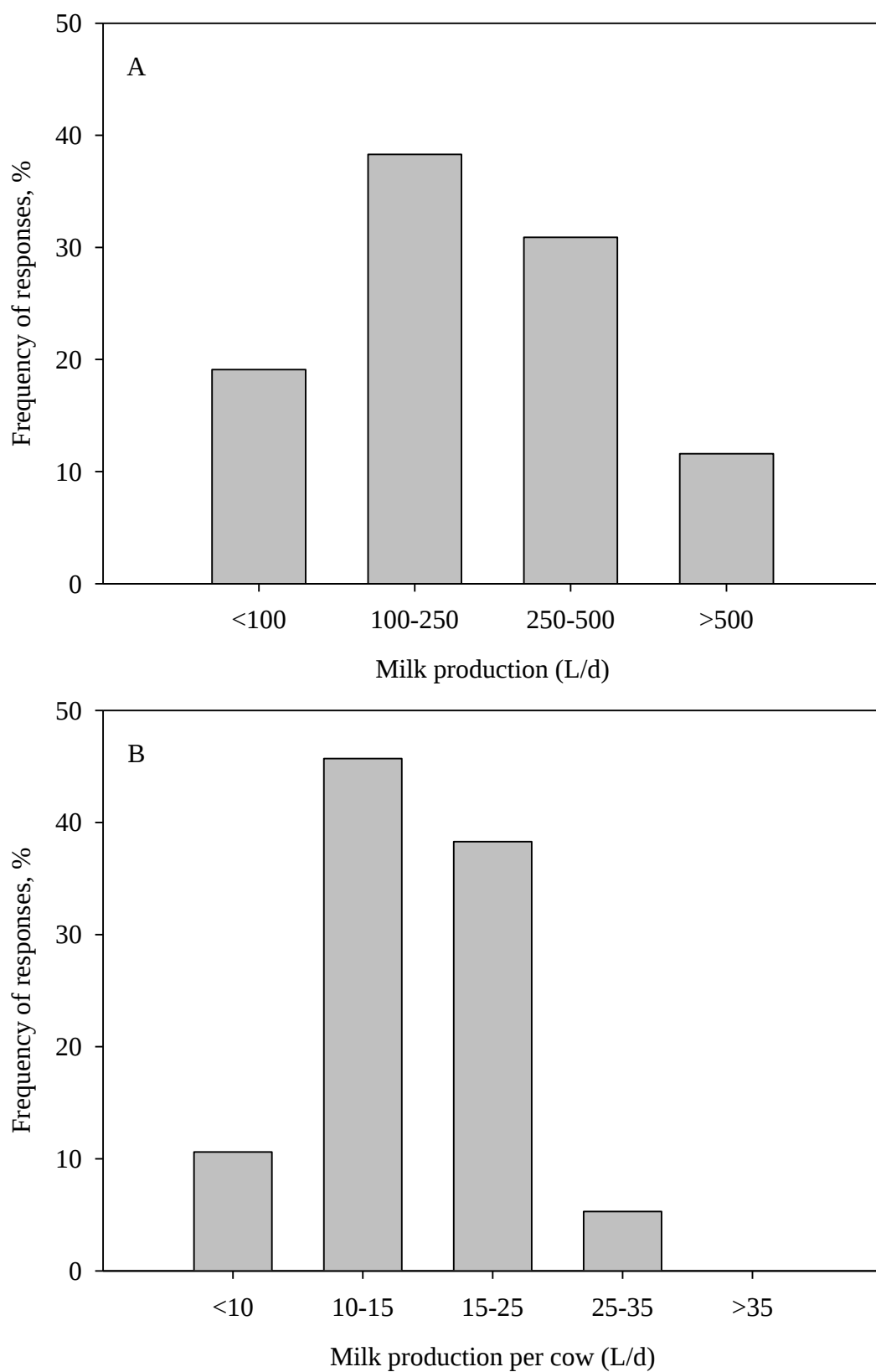


Figure 6. Milk production per day (A) and per cow (B) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).

Traditionally, since its introduction in Brazil, silage has been used as an alternative to forage shortages. However, in order to intensify milk production and the pursuit of higher productivity per animal, the use of silage to feeding dairy cattle now occurs whole-year (DANIEL et al., 2019). In our survey, this intensification was evidenced through 96.9% of farms producing the own silage, and 89.4% of farms using silage whole-year (Fig. 7A and 7B). This focus on producing their own silage may be a result of previous extension programs developed by regional cooperatives, which encouraged producers to engage in silage production.

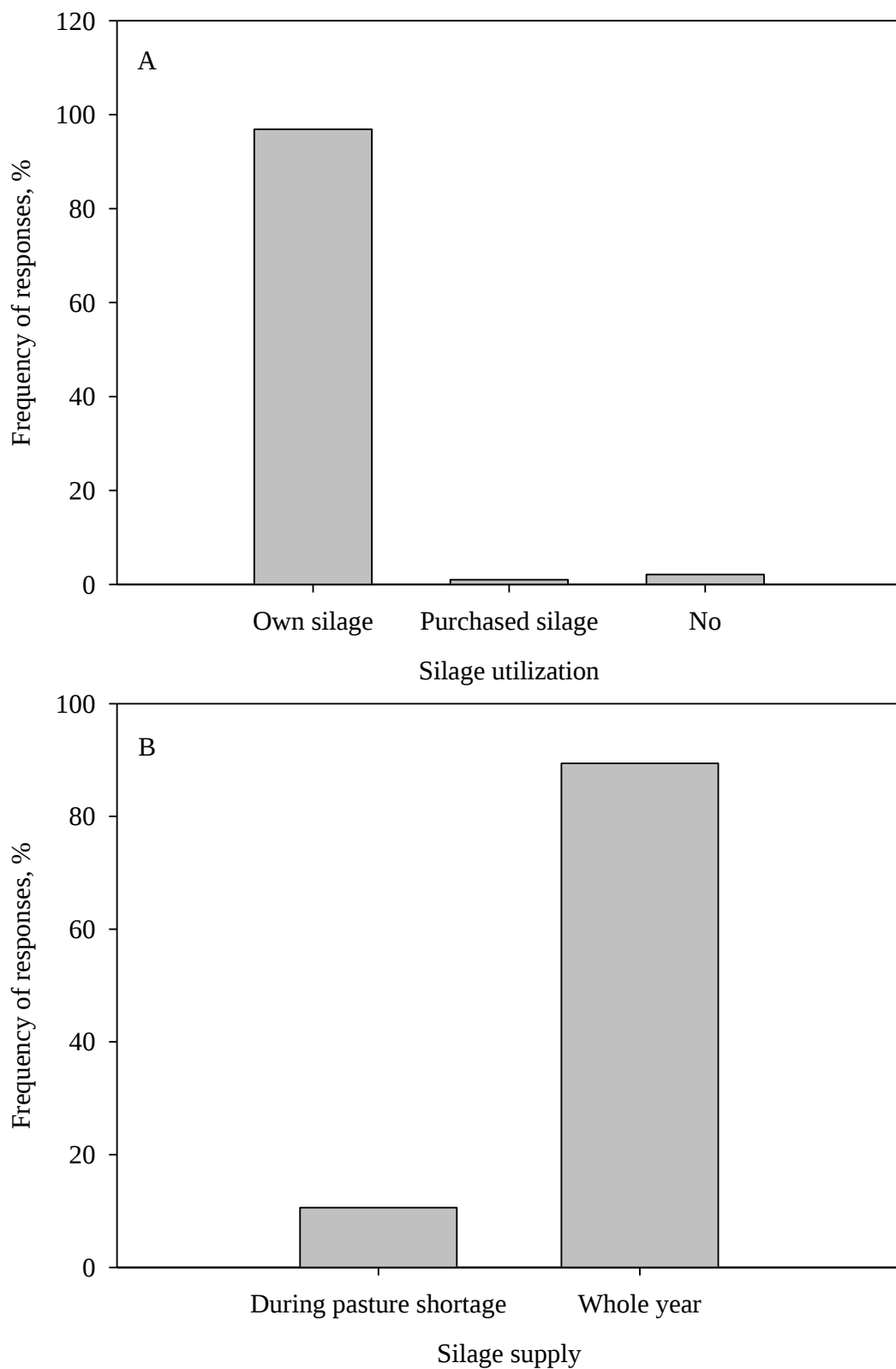


Figure 7. Silage utilization (A; $n = 97$) and supply (B; $n = 94$) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul.

2.3.2. Frequency of responses on practices of silage production and utilization

The use of fertilizers in agricultural production is well established and in our survey, all farms used chemical fertilization for crop silage production (Table 2). Such result may be associated with the challenge of supplying all necessary nutrients through organic fertilization for corn cultivation (RESENDE *et al.*, 2020; CAMPANHA *et al.*, 2022). This study did not evaluate how farmers determined the amount of fertilizer to be used. However, it is expected that there is a low adoption of technical criteria based on soil analysis for determining the amount of fertilizer required for that crop. For example, in western SC only 5 of 21 farmers followed soil fertilization recommendations for silage production; as consequence, such farms had better silage production compared to those using fertilizers without recommendations (WENDLING & MACHADO, 2018).

When asked about phytosanitary treatments, which include herbicides, fungicides, and insecticides, 96% of farms reported using one or more of these treatments (Table 2). This data is very similar to that (95.2%) in western SC (WENDLING & MACHADO, 2018) and shows that the majority of dairy farms have concerns about crop sanity.

As expected, there was a predominance of corn silage production (100% of the farms used this crop) to feed dairy cows (Table 2). This can be justified by the fact that corn is considered the standard crop for silage due to its desirable characteristics for ensiling and animal feeding, such as high ensilability, productivity (15–25 t DM/ha), and nutritional value (McDONALD, HENDERSON & HERON, 1991). Our survey also showed that other crops were few explored by farms of the region (3.2% used sorghum silage, 1.1% wet corn grain silage, and 1.1% haylage). Sugarcane silage was not used on dairy farms because its cultivation is more difficult in the region due to cold temperatures during the winter (VERISSIMO *et al.*, 2018). Our results are consistent with previous findings in other regions of Brazil, in which corn silage was the crop most used to feed dairy cows (BASTOS *et al.*, 2018; BERNARDES *et al.*, 2013; BERNARDES & RÊGO, 2014).

Table 2. Frequency of responses about practices of silage production and utilization on dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul ($n = 94$).

Item	Response (%)	
	No	Yes
Crop cultivation		
NPK fertilization	0.00	100
Phytosanitary treatment	4.30	96.0
Crop silage		
Corn	0.00	100
Sorghum	96.8	3.20
Grass	100	0.00
Sugarcane	100	0.00
High-moisture corn	98.9	1.10
Haylage	98.9	1.10
Parameters used to determine plant maturity		
Visual	0.00	100
Dry matter determination	98.9	1.10
Type of silo		
Stack	54.3	46.0
Bunker	26.6	73.0
Bale	96.8	3.20
Silage additive		
Bacterial inoculant	77.7	22.0
Chemical (acids or salts)	100	0.00
Dry feedstuff	100	0.00
Urea or ammonia	100	0.00
Plastic film		
Black	57.4	43.0
Black-on-white	41.5	59.0
Reused from last season	6.40	94.0
Oxygen barrier	98.9	1.10
Weight on the plastic film		
Soil	12.9	87.0
Tires	100	0.00
Sand or gravel bags	93.6	6.40
Other	91.5	8.50
Discard spoiled silage	2.10	98.0

Our survey revealed that the crop fated to silage production in Southeast RS is supplied for 10 different companies (Fig. 8), in which Agrocere[®] (36.2%), Santa Helena[®] (16%), and BioMatrix[®] (14.9%) have dominated the market. Recommendations of silage hybrids must be based on the aim of the farm regarding

the production system considering important aspects such as soil type, climate, DM productivity, plant health, and nutritive value. Such decision by the farmers should be taken in accordance with technical assistance. Farmers opted for different companies to supply corn hybrids mostly based on their experience on the property. Farmers are continuously testing different silage hybrids (not necessarily investigating them at the same time) over the time, and if the corn silage hybrid performs well, they opt to continue using that. Otherwise, the farmer opts to change the hybrid for the next season.

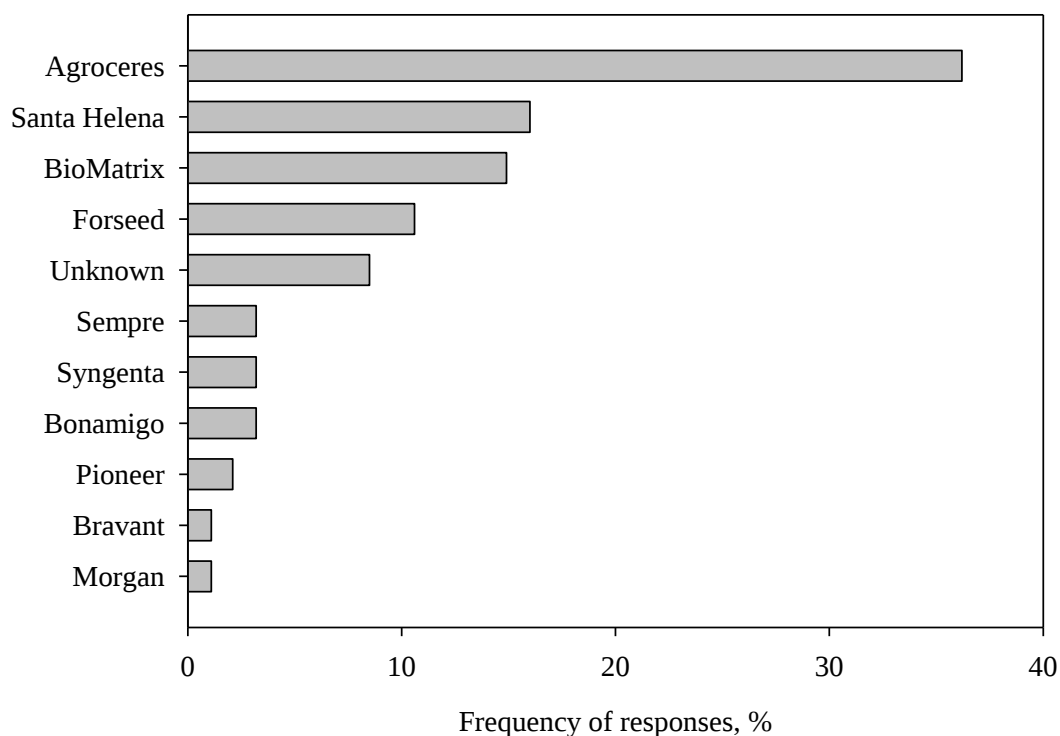


Figure 8. Crop supplying by different companies for silage production on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).

*Unknown = farmers did not know respond which company supplied the crop for silage production

Farmers have predominantly (100%) used visual assessment of the plant as being the primary method to determine plant maturity, and dry matter (DM) content was used only by one farm (Table 2). This highlights a significant opportunity for technical assistance on the farm as pre-harvest management including plant maturity greatly influences the crop's composition, which in turn affects the silage process and quality (BUXTON & O'KIELY, 2003). Monitoring DM content allows farmers to harvest

corn under optimal fermentation conditions. Non-structural carbohydrates (mainly sugars) and buffering capacity play a crucial role in the silage process. Sugars are the main source of fermentable substrate, and advancing plant maturity leads to a reduction in the availability of these carbohydrates for fermentation (BUXTON & O'KIELY, 2003).

The silos most used to store silage were bunker (73%) and stack (46%; Table 2), and the explanation for such result is likely because they allow handling large amounts of feed very rapidly (SAVOIE AND JOFRIET, 2003). A previous survey reported that bunker and stack silos are used for > 98% Brazilian dairy farms (BERNARDES & RÊGO, 2014). The bale silo was less frequently observed (3.2%) in Southeast RS because it is more commonly used for haylage production.

The plastic film most commonly used to cover the silos was the black-on-white (59%), followed by the black film (43%; Table 2). The oxygen barrier plastic film, which is positively correlated with lower DM losses in silage (BERNARDES; NUSSIO; AMARAL, 2012), was used only by one farm. However, 94% of the farms reused the plastic film from the last season above the main plastic film purchased in the current season. This practice may aid to maintain the silage quality compared to the utilization of only one plastic film. Furthermore, we reported that soil (89%, for its low cost), sand or gravel bags (6.4%), and other weights (8.5%) have been used to weight the plastic film during silo covering. The use of plastic film associated with some type of weight on the plastic is a strategy that allow better protection of the silo from weather conditions and aids to prevent heating and deterioration of the top layer of silage (BERNARDES et al., 2013). Conversely, even though the soil on the silo top can reduce silage spoilage (Amaral, 2011), the silos must handle with care because soil is source of clostridia and bacilli and therefore, it can contaminate the silage (HEYNDRIX, 2011).

Only 22.3% of the farms used some type of bacterial inoculant to ensure better silage fermentation (Table 2). Any other type of silage additive was unknown to them. Our finding is similar to a previous survey in Minas Gerais state, where 72.2% of the farmers did not use bacterial inoculants (SANTOS et al., 2020).

Most farmers had their own equipment for silage making (56.4%; Fig. 9A), which may allow greater control over the timing of harvest considering the plant maturity. Some farmers (38.3%) used shared forage harvesters with neighbors or relied of

municipal and association services, while others (5.3%) used outsourced services. Moreover, farms predominantly used pull-type harvesters being 80.9% of one-row and 18% of total area; only one farm used self-propelled harvester (Fig. 9B). These results are close to those found throughout Brazil (BERNARDES & RÊGO, 2014; BERNARDES et al., 2013; SANTOS et al., 2020). The sale of pull-type harvesters has decreased overtime worldwide in order to increase the utilization of self-propelled harvesters for silage making (MUCK AND SHINNERS, 2001). In Brazil, the growth in the number of self-propelled silage harvesters has been driven mainly by outsourced services (DANIEL et al., 2019). However, this trend was not observed in Southeast RS yet because the areas used for silage production are small, making it difficult the hire of custom services. The main advantage of using self-propelled harvesters is the control over length and uniformity of particle size and kernel processing, besides to harvest much more forage per time compared to pull-type ones (DANIEL et al., 2019).

The majority of farms sharpen the forage harvester knives one (48.9%) or two times (44.7%) per day (Fig. 9C). A good management of knives and the counter-knife is crucial to well-cut the forage instead to be torn in order to avoid increased particle length (SHINNERS, 2003). Moreover, the forage should be harvested up to 34% of DM to make easier the cut and kernel processing by pull-type harvester (SALVATI et al., 2021). It is worth highlight that increased particle length make difficult the silage packing and allow higher sorting by dairy cows (SALVATI et al., 2021).

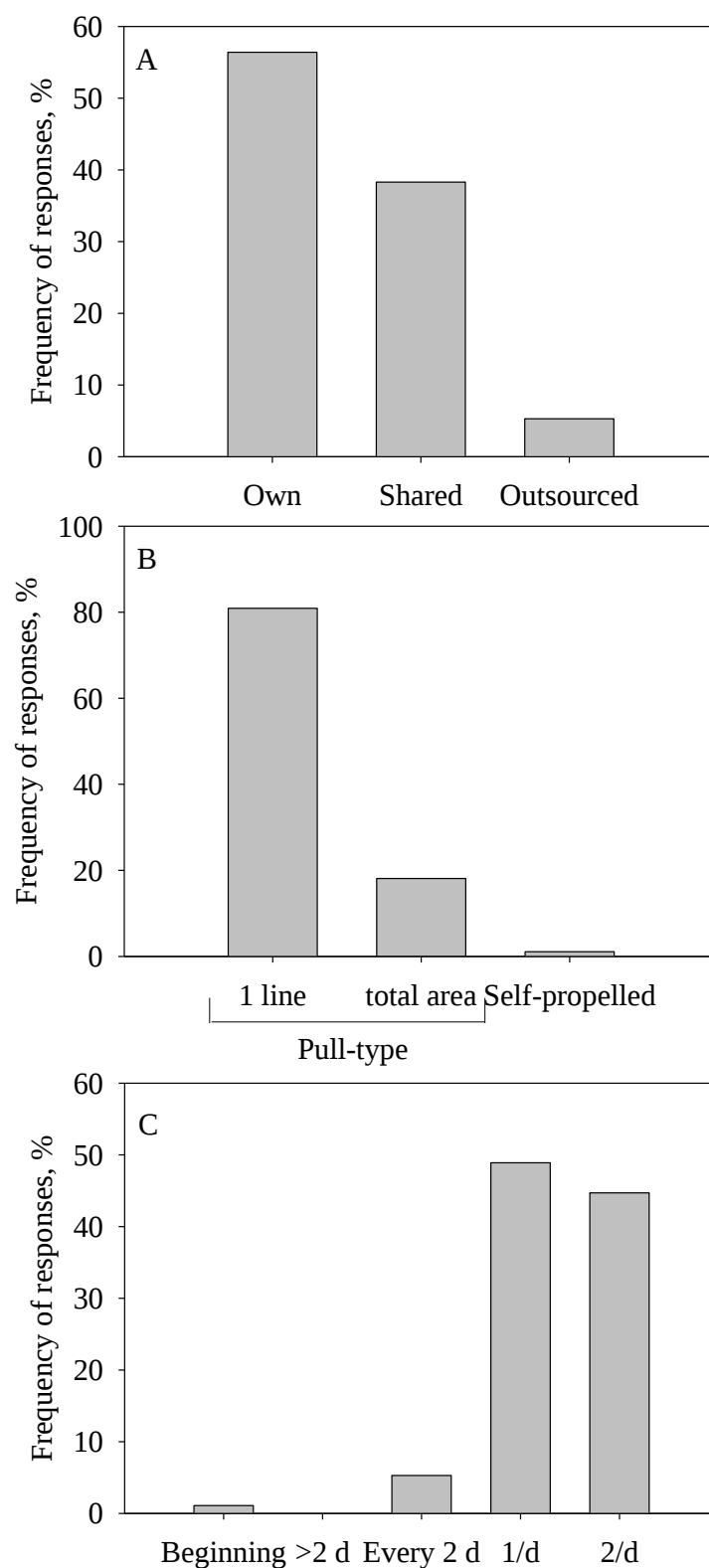


Figure 9. Type of service (A) and forage harvester (B). and frequency of knife sharpening (C) for silage production on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).

*Equipment shared by neighbors. city hall or cooperative.

*>2 d = more than 2 d; 1/d = once a day; 2/d = twice a day

Despite the predominance of small herds, most farms had 3 or more silos (78.7%; Figure 10A). This finding is interesting because more silos can reduce silage spoilage, once the silo can be sized to be longer in length and lower in height, resulting in a higher silage removal rate per day. Furthermore, the majority of farms (91.5%) have stored the silage between 30 and 60 d (Fig. 10B). In Southeast RS is often to find farmers opening the silos with one month or less due to lack of forage. However, as mostly farms used at least 3 silos for silage storage, is probably that the farmers considered a mean of the silos about the storage time to answer this question. Few farms have stored the silage for periods longer than 60 d (8.5%) and then, exploring the potential benefits of improving starch digestibility. Increasing storage length is well-recognized to enhance starch availability, and the farmers of the region could explore more this strategy to increase feed efficiency in dairy cows (SANTOS *et al.*, 2019).

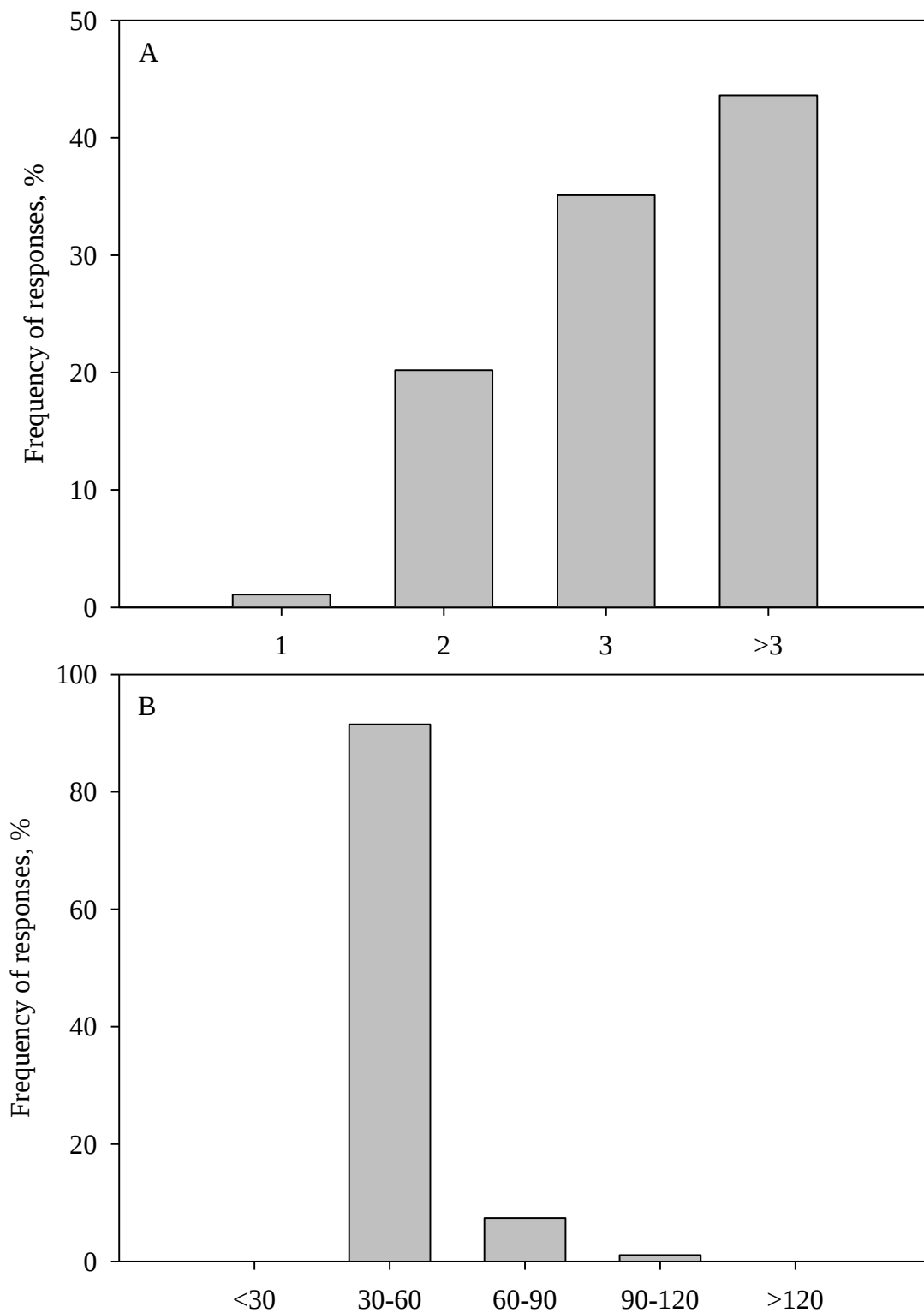


Figure 10. Number of silos (A) and storage length of silage (B) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).

Regarding the silo unloading, there was a low adoption of technologies and 85.1% of farmers unloaded manually the silo, while only 14.9% have some type of silage unloader (Fig. 11). This reality is widespread throughout Brazil, where 84.0–85.5% of dairy farms unloaded manually the silo (BERNARDES & RÊGO, 2014; CARVALHO *et al.*, 2021). However, more intensive dairy farms predominantly (87.5%) use some mechanical method for unloading (OLIVEIRA *et al.*, 2017), likely due to the large number of animals in the herd, which makes manual unloading impractical.

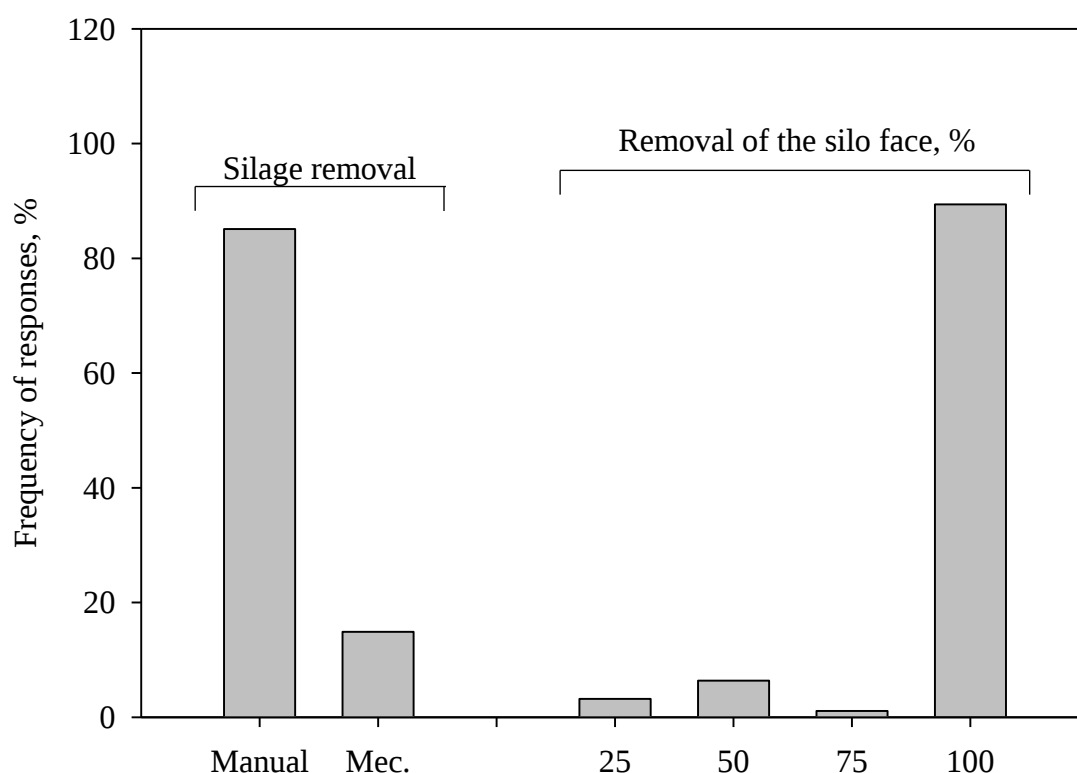


Figure 11. Characteristics of silage removal (A) and discard of spoiled silage (B) on dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul ($n = 94$).

*Mec. = mechanical.

About 89.4% of farmers daily removed the entire front layer of the silo, while 1.1% removed three-quarters, 6.4% removed half, and 3.2% removed a quarter (Fig. 11). Removing the entire face of the silo is crucial to reduce silage spoilage. After the silos are opened there is a re-entry of oxygen and then, yeasts initiate the aerobic deterioration process reducing the nutritive value of the silage (Wilkinson and Davies, 2013). A good management of silo unloading usually is associated with more intensive dairy farms (OLIVEIRA *et al.*, 2017), but the knowledge and tools to provide a desired management are also available for small farms (mainly through technical assistance).

As described earlier, approximately 10% of the farms did not unload the entire face of the silo in Southeast RS, and the reason for that likely is related to a failure in sizing the silo based on the herd size.

2.3.3. Practices of silage production and utilization considering the milk production groups

Some variables were analyzed comparing the groups differing in milk production when at least 5 responses were taken from each group. Overall, 16.0% of the farms used no-tillage system for silage production (Table 3). However, the frequency of responses was different ($P = 0.046$) between groups, in which none farm used no-tillage planting when the daily milk production was < 100 L. In contrast, 36.4% of the farms producing > 500 L milk/d used no-tillage planting. Such finding suggests that farmers producing more milk per day are more concerned about the soil quality and conservation. It is well-recognized that no-tillage system is better than conventional planting to preserve soil structure, organic matter, microbiology, and moisture (HANKE *et al.*, 2022). Organic fertilization was similar ($P = 0.630$) between groups, and 45.7% of the farms have used it for silage production.

Table 3. Characteristics about the planting system and utilization of organic fertilization for silage production on dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul according to the daily milk production (data are given in %; $n = 94$).

Item	Overall	Milk production (L/day)				P-value
		<100	100–250	250–500	>500	
Planting system						0.046 ¹
No-tillage	16.0	0.00	19.4	13.8	36.4	
Conventional	84.0	100	80.6	86.2	63.6	
Organic fertilization						0.630 ²
No	54.3	66.7	50.0	55.2	45.5	
Yes	45.7	33.3	50.0	44.8	54.5	

¹Fisher's exact test.

²Pearson χ^2 test.

The difference between groups about the utilization of winter forages (i.e., C3 or cool-season plants) was very significant ($P < 0.001$), and groups producing more milk considerably used more winter forages for silage production in southeast RS (Table 4). Winter forages can be harvested either for haylage or direct cut silage production and its utilization is crucial to give farmers more safety about feed production and nutritional flexibility to formulate diets for dairy cows. The low utilization of such forages by farms producing less milk may be associated with the limited access to self-propelled or pull-type harvesters having a total area, as described earlier. Although winter forages have been cultivated by farmers producing more milk, in

general, 85.3% of the farms did not use it. A substantial portion of the land used for summer crops is believed to remain fallow during the winter season in the states of PR, SC and RS (Embrapa, unpublished data). Encourage more winter forages cultivation for silage production in south Brazil is crucial to 1) explore idle lands during this period in order to increase efficiency of land use, 2) broken cycles of pests and diseases for other summer crops, mainly soybean, 3) increase feed safety and nutritional flexibility to dairy herds, and 4) increase capital turnover and profitability of the farms.

There was no difference about the groups for texture of corn kernels ($P = 0.678$; Table 4), and in general, 71.3% of farms used either semi-dent or semi-flint corn hybrids. Farms using dent hybrids were not reported. In Brazil there is a prevalence of marketing flint or semi-flint hybrids due to a better adaptation to tropical climate and higher resistance to pest attacks (SALVATI *et al.*, 2021). However, flint corn hybrids have higher proportion of vitreous endosperm and lower starch availability (PEREIRA *et al.*, 2004). Additionally, the proportion of harvesters having cracker was not different between groups ($P = 0.262$), and in general, 77.7% of that did not contain cracker for a desired corn kernel processing. The kernel fraction represents about 45% of the whole plant's DM (PHILIPPEAU & MICHALET-DOREAU, 1998) and contains ~ 72% of starch (on DM basis; HUNTINGTON, 1997), which accounts for more than half of the digestible energy content from whole-plant corn silage. Thus, a good kernel processing is crucial to improve milk production and feed efficiency (SALVATI *et al.*, 2021), and it is affected also by the interaction between forage harvester and DM content of the plant at harvest (FERRARETTO & SHAVER, 2012), and the storage length (DER BEDROSIAN, NESTOR JÚNIOR & KUNG JÚNIOR, 2012). The cracker is still rarely adopted by farmers because it is more present in self-propelled harvesters, which contains more technology and often exceeds the budget of small farmers. However, pull-type harvesters having cracker were recently launched on the market, which may be more accessible to small farms.

Table 4. Characteristics of the practices for production and utilization of silages on dairy farms in southeastern Rio Grande do Sul according to the daily milk production (data are given in %; $n = 94$).

Item	Overall	Milk production (L/day)				P-value
		<100	100–250	250–500	>500	
Winter forages						<0.001 ¹
No	85.3	100	88.9	93.1	27.3	
Yes	14.7	0.00	11.1	6.90	72.7	
Corn hybrid texture						0.678 ¹
Dent	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Semi-dent	41.5	33.3	38.9	48.3	45.5	
Semi-flint	29.8	33.3	30.6	27.6	27.3	
Flint	9.60	0.00	16.7	6.90	9.10	
Unknown ³	19.1	33.3	13.9	17.2	18.2	
Cracker						0.262 ²
No	77.7	77.8	80.6	82.8	54.5	
Yes	22.3	22.2	19.4	17.2	45.5	
Stack silo						0.032 ²
No	–	77.8	58.3	34.5	54.5	
Yes	–	22.2	41.7	65.5	45.5	
Bunker silo						0.381 ²
No	–	16.7	36.1	24.1	18.2	
Yes	–	83.3	63.9	75.9	81.8	
Black plastic film						0.001 ²
No	–	22.2	52.8	75.9	81.8	
Yes	–	77.8	47.2	24.1	18.2	
Black-on-white plastic film						<0.001 ²
No	–	77.8	47.2	20.7	18.2	
Yes	–	22.2	52.8	79.3	81.8	
Soil on the plastic film						0.404 ¹
No	–	11.1	11.1	10.3	30.0	
Yes	–	88.9	88.9	89.7	70.0	
Bacterial inoculant						0.006 ²
No	–	100	80.6	72.4	45.5	
Yes	–	0.00	19.4	27.6	54.5	
Silage removal of the face						0.030 ¹
<15 cm	25.5	44.4	27.8	17.2	9.10	
15–30 cm	58.5	55.6	61.1	62.1	45.5	
>30 cm	16.0	0.00	11.1	20.7	45.5	
Chemical analyses of silage						<0.001 ¹
No	87.2	100	91.7	93.1	36.4	
Yes	12.8	0.00	8.30	6.90	63.6	

¹Fisher's exact test.

²Pearson χ^2 test.

³Farmers did not know respond which type of corn hybrid was used.

There was no difference between groups regarding the utilization of bunker silos ($P = 0.381$; Table 4), but in general, farms producing more milk per day used more stack silos ($P = 0.032$). Stack silos were used likely when bunker silos were insufficient on the property; however, some producers preferred the use of stack instead bunker silos due to lower costs (needs only plastic covering). Because the improvements in plastic film quality and knowledge about a good silage packing, the use of stack silos has the potential to become one of the most efficient, economical, and versatile options (SAVOIE & JOFRIET, 2003).

To cover the silage, it was reported a clear replacement of black to black-on-white film as milk production of the farm increased ($P < 0.01$; Table 4). It suggests that farmers consider the black-on-white film having higher quality rather the black film, which is recognized as poor quality and associated with undesirable practice for silage production (BERNARDES AND RÊGO, 2014). Indeed, the color of plastic film was found to influence the temperature of the film surface (Snell et al., 2003). The authors reported that temperature peaks were up to 16°C higher for black film compared with white film. However, both black and black-on-white films are composed of polyethylene and under elevated temperature these types of films allow higher re-entry of oxygen into the silo (BERNARDES, 2016; BERNARDES, NUSSIO & AMARAL., 2012). Consequently, the silage becomes prone to aerobic deterioration caused by yeasts (WILKINSON & DAVIES, 2013). Thus, in practical conditions the change of black to black-on-white film may produce no or little impact on silage preservation. The use of soil to cover the plastic film was not different between groups ($P = 0.404$).

Our survey revealed that dairy groups producing more milk has used more bacterial inoculant ($P = 0.006$; Table 4), which means adopting more technology for silage production. Indeed, the use of inoculants remains a challenge for small-scale farms likely because the farms seen it like an expensive input instead a beneficial tool to improve silage preservation. The bacterial inoculant can be very useful to enhance silage preservation depending of the management adopted in the farm. For example, corn silages produced with high DM content ($> 36\%$) are more prone to spoilage and then, heterofermentative inoculants are claimed to increase the aerobic stability (BERNARDI *et al.*, 2019). In cases where farmers suffered with inadequate climate and harvested the forage earlier than desired, homofermentative inoculants can decrease clostridial fermentation and DM losses (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Silage removal of the silo face was different for dairy groups ($P = 0.030$; Table 4). All farms producing < 100 L/d removed less than 30 cm/d (minimum value recommended) of the silo face per day, which is a poor practice. The sizing of the silo is a critical factor in the final quality of silage. The dimensions of the silo should be calculated based on daily silage consumption, herd size and number of days to feeding. In opposite, 45.5% of the farms producing > 500 L/d removed > 30 cm/d. This practice reduces silage spoilage preserving its nutritive value, which may result in enhanced animal performance (BOLSEN *et al.*, 2002). A study considering the silage density as key factor to influence feed-out rate recommended a daily removal rate of over 250 kg of silage/m² (BERNARDES *et al.*, 2021).

In southeast RS, 63.6% of the farms producing > 500 L/d sent samples of silage to commercial labs ($P < 0.001$) in order to determine the chemical composition, while less than 10% of farms producing 100–500 L/d did it (Table 4). Farms producing < 100 L/d did not determine the chemical composition of the silage. More intensive dairy farms have demonstrated more concerns to know the chemical composition of the silages used to feed dairy cows. A correct formulation of diets to dairy cows is crucial to increase milk production and feed efficiency, prevent metabolic acidosis, and reduce feeding costs. Such results aid to understand the differences in efficiency of daily milk production between the groups assessed.

2.4. Conclusion

Dairy farms in southeastern region of Rio Grande do Sul are predominantly of small-scale operations (< 50 ha; < 30 animals) and typically dependent of family agriculture. Silage production is widespread, with corn being the primary crop used; however, the silage management practices are generally of low quality. Stratification of farms based on daily milk production revealed that higher-producing farms are more likely to adopt good silage practices, including the use of no-tillage systems for soil conservation, greater utilization of winter forages, and enhanced silage management (particularly in terms of silage unloading and the application of chemical analyses for silage quality control).

In general, the findings highlight a significant gap in technical assistance for dairy producers in the region. Strengthening extension services and promoting access to agricultural technologies could play a crucial role in enhancing silage production practices, thereby improving both milk yield and production efficiency.

References

- AOAC. **Association of Official Analytical Chemist**. Official methods of analysis, 15th ed. Washington DC: AOAC, 1990.
- BALCÃO, L.F., LONGO, C., COSTA, J.H.C., ULLER-GÓMEZ, C., MACHADO FILHO, L.C.P., HÖTZEL, M.J. Characterisation of smallholding dairy farms in Southern Brasil. **Animal Production Science**. 2016.
- Bastos, M., Lima, L. M., Gusmão, J., Cardoso, M., Chiarini, T., Avila, C., & Bernardes, T. F. (2018). A survey of maize hybrids for wholeplant silage in a hot climate. In K. Gerlach & K.-H. Südekum (Eds.), **Proceedings of the XVIII International Silage Conference**, (pp. 458–459). Bonn, Germany
- BERNARDES, T. F. Advances in silage sealing. *In: **Advances in Silage Production and Utilization***, v. 1, p. 53–62. Editora: InTech, Rijeka, Croatia. 2016
- BERNARDES, T.F., DE OLIVEIRA, I.L., CASAGRANDE, D.R., FERRERO, F., TABACCO, E. BORREANI, G. Feed-out rate used as a tool to manage the aerobic deterioration of corn silages in tropical and temperate climates. **Journal of Dairy Science**. v. 104, n. 10, 2021.
- BERNARDES, T.F.; NUSSIO, L.G.; AMARAL, R.C. Top spoilage losses in maize silage sealed with plastics films with different permeabilities to oxygen. **Grass and Forage Science**, v.67, p.34- 42, 2012.
- BERNARDES, T.F., RÊGO, A.C. do, CASAGRANDE, D.R., LARA, M.A.S., LIMA, L.M., SILVA, N.C. da. Produção e uso de silagens em fazendas leiteiras em três mesorregiões do Estado de Minas Gerais. **Revista Ciências Agrárias**. v.56, n.2, p. 133-138, 2013.
- BERNARDES, T.F.; RÊGO, A.C.do. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**. v. 97, p. 1852-1861. 2014.
- BERNARDI, A., HÄRTER, C.J., SILVA, A.W.L. REIS, R.A. A meta-analysis examining lactic acid bacteria inoculants for maize silage: Effects on fermentation, aerobic

stability, nutritive value and livestock production. **Grass na Forage Science**, v.74, n.4, p. 1 – 17, 2019.

BORREANI, G., TABACCO, E., SCHMIDT, R.J., HOLMES, B.J., MUCK, R.E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, pag. 3952-3979, 2017.

BRASIL. LEI Nº 11.326. 2006. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm

BRASIL. Lei nº 14.638, de 25 de julho de 2023. Diário Oficial da União - Seção 1 - 26/7/2023, Página 14 (Publicação Original). Poder Legislativo. Câmara dos Deputados. Brasília. 2023.

BOLSEN, K.K., MOORE, K.J., COBLENTZ, W.K., SIEFERS, M.K. WHITE, J.S. Sorghum Silage. **In:** BUXTON, D. R., MUCK, R.E, HARRISON, J.H. (org.). Silage Science and Technology. 1. ed. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. 2003. p. 609 – 632.

BUXTON, D.R. O'KIELY, P. Preharvest Plant Factors Affecting Ensiling. **In:** BUXTON, D. R., MUCK, R.E, HARRISON, J.H. (org.). Silage Science and Technology. 1. ed. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. 2003. p. 547-608.

CAMPANHA, M.M., MATRANGOLO, W.J.R., DUARTE, J. de O., PIMENTEL, M.A.G., DE SOUZA, F.A., COELHO, A.M., LANDAU, E.C., GOMES, J.T., DE SOUSA, L.C.A. Produção orgânica de milho crioulo: Fazenda Vista Alegre. **Documentos / Embrapa Milho e Sorgo**, n. 269. 2022.

CARVALHO, I.Q. de, JOBIM, C.C., OSMARI, M.P., DANIEL, J.L.P. Occurrence of visible losses and relationship with corn silage management in dairy farms in the State of Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.43, 2021.

DANIEL, J.L.P., BERNARDES, T.F., JOBIM, C.C., SCHMIDT, P., NUSSIO, L.G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**. p. 1-13. 2019.

DER BEDROSIAN, M.C., NESTOR JÚNIOR, K.E., KUNG JÚNIOR, L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.9, p. 5115 – 5126, 2012.

FERRARETTO, L.F.; SHAVER, R.D. Meta-analysis: Effect of corn silage harvest practices on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **The Professional Animal Scientist**. v. 28, n. 2, p. 141-149. 2012.

EMATER. Rio Grande do Sul/ASCAR. Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no Rio Grande do Sul: 2021. Porto Alegre, RS: Emater/RS-Ascar, 2021. 98 p.

GIACHINI, J.C., BARRETA, D.A., DANIELI, B., SCHOGOR, A.L.B. Adequação da silagem de milho para uso em propriedades leiteiras familiares. **Ciência Animal**, v. 30, n. 1, p.23-35, 2020.

GIOMBELLI, L.C. di D., ROSCAMP, E., GOMES, F.J., ZOTTI, C.A., SCHOGOR, A.L.B. Qualitative monitoring of corn silage stored in commercial bunker silos and used as feed for dairy cattle in the western region of Santa Catarina State, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.40, n. 4, p. 1695 – 1708, 2019.

HANKE, D., MACHADO, M.S., NASCIMENTO, S.G. da S., ÁVILA, M.R. de, PILLON, C.N. Produção de soja sob plantio direto e convencional: Análise de atributos químicos e físicos do solo. **Revista Cultura Agronômica**, v.31, n.2, p.64-76, 2022.

HEYNDRICKX, Marc. The importance of endospore-forming bacteria originating from soil for contamination of industrial food processing. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2011, n. 1, p. 561975, 2011.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v.75, p. 852–867, 1997.

IBGE. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/rs>

INCRA – Instituto Nacional da Colonização e Reforma Agrária. Instrução especial nº 5, de 29 de julho de 2022. **Diário Oficial da União**, ed. 144, seção 1, pág. 51, 2022.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

MEDEIROS, F. M.; BRUM, A. L. O mercado do leite no rio grande do Sul: evolução e tendências. Biblioteca Digital Unijuí, 2016. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/3318>. Acesso em: 10 de jun de 2023.

MUCK, R. E., SHINNERS, K. J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: **INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19**, 2001. Piracicaba. Proceedings. Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p. 753-762, 2001

OLIVEIRA, A. S., WEINBERG, Z. G., OGUNADE, I. M., CERVANTES, A. A., ARRIOLA, K. G., JIANG, Y., KIM, D., LI, X., GONÇALVES, M.C.M., VYAS, D., ADESOGAN, A. T. 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(6), 4587-4603. 2017.

PEREIRA, M.N., VON PINHO, R.G., BRUNO, R.G.S., CALESTINE, G.A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola** 61, 358–363. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000400002>.

PHILIPPEAU, C., AND B. MICHALET-DOREAU. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**. 81:2178–2184. 1998.

PINTO, A.C.J.; MILLEN, D.D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science*. Ottawa. v. 99, p. 392-407. 2018.

RESENDE, A. V. de; GIEHL, J.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C. dos; ABREU, S. C. Manejo da fertilidade do solo e adubação do milho na região Centro Oeste. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, p. 18-27, 2020.

Rio Grande do Sul. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul/Rio Grande do Sul. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental.** – 6. Ed. – Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental, 2021.

SALVATI, G. G. D. S., SANTOS, W. P., SILVEIRA, J. M., GRITTI, V. C., ARTHUR, B. A. V., SALVO, P. A. R., FACHIN, L., RIBEIRO, A.P., MORAIS JÚNIOR, N.N., FERRARETTO, L.F., DANIEL, J.L.P., BEAUCHEMIN, K.A., SANTOS, F.A.P., NUSSIO, L. G. Effect of kernel processing and particle size of whole-plant corn silage with vitreous endosperm on dairy cow performance. **Journal of Dairy Science**, v.104, n.2, p.1794 - 1810, 2021.

SANTOS, A. DE O. DOS, DIAS JUNIOR, G.S. PEREIRA, M.N. SCHWAN, R.F., ÁVILA, C.L. DA S. A survey of whole-plant corn silages from Minas Gerais dairy farms. **Scientia Agricola**, v.77, n.2, 2020.

SANTOS, W. P. D., SALVATI, G. G. D. S., SILVEIRA, J. M., SALVO, P. A. R., ARTHUR, B. A. V., GRITTI, V. C., OLIVEIRA, K. da S., FERRAZ, M.V., DANIEL, J.L.P., NUSSIO, L. G. The effect of length of storage and sodium benzoate on the nutritive value of reconstituted sorghum grain silages for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.102, n.10, p.9028 - 9038, 2019.

SAVOIE, P., JOFRIET, J.C. Silage Storage. In D. R. Buxton, R. E. Muck & J. H. Harrison (Ed.), *Silage science and technology*. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. p. 405 - 467, 2003.

SENGER, C.C.D.; KOZLOSKI, G.V.; BONNECARRÈRE SANCHEZ, L.M., MESQUITA, F.R.; ALVES, T.P.; CASTAGNINO, D.S. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, p. 169–174., 2008.

SHINNERS, K. J. Engineering principles of silage harvesting equipment. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds.). **Silage Science and Technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 361-404.

VERISSIMO, M. A. A.; OLIVEIRA, R. A. D.; SILVA, S. D. A.; DAROS, E.; HÄRTER, A. Genetic parameters and performance of sugarcane families under cold stress in the South of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 583-592, 2018.

WENDLING, A.V.; MACHADO FILHO, L.C.P. Characterization of silage production and the use by dairy farmers in the West of Santa Catarina state. **Ciências Agrárias**. Londrina, v.39, n.4, p. 1639-1652, 2018.

WILKINSON, J. M., & DAVIES, D. R. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and forage Science**, v.68, n.1, p. 1 – 19, 2013.

3. Capítulo 3 - Aplicações Práticas

Os resultados deste estudo mostram a necessidade de fortalecer a assistência técnica e a transferência de tecnologias entre os produtores de leite da região sudeste do Rio Grande do Sul. A grande quantidade de pequenas propriedades com predominância de mão de obra familiar, aliada à baixa qualidade das práticas de manejo da silagem, aponta para um potencial expressivo de melhoria nos sistemas produtivos.

A produção de silagem tem início com a escolha da cultura forrageira, sendo o milho a mais utilizada devido às suas características ideais de produtividade e valor nutricional. A seleção adequada do híbrido é o primeiro passo, seguida por um manejo eficiente da lavoura, com atenção à adubação, controle de plantas daninhas e definição do momento de colheita. O ponto ideal de corte varia conforme o equipamento disponível. Na região de estudo, há predominância do uso de ensiladeiras de arrasto, que possuem limitações para o processamento das plantas de milho. Por isso, recomenda-se a colheita do milho com teor de matéria seca entre 33 e 35%, o qual pode ser estimado de forma prática utilizando micro-ondas ou “Air Fryer”. Para garantir o bom processamento, é essencial manter a distância entre faca e contra-faca ajustada e realizar a afiação das facas ao menos duas vezes ao dia. Isso assegura o processamento eficiente da forragem antes do transporte ao silo e posterior compactação.

A compactação deve ser realizada por tratores cujo peso represente, no mínimo, 40% da massa de silagem descarregada por hora no silo. Para estimar essa necessidade, basta multiplicar o volume médio transportado por cada vagão pela quantidade de vagões que chegam por hora. O trator de compactação deve operar por um tempo equivalente a aproximadamente 1,2 vezes o turno de corte. Após a compactação, o silo deve ser vedado imediatamente com lona de alta qualidade, preferencialmente com barreira de oxigênio. O uso de uma segunda lona e a aplicação de pesos sobre toda a superfície são recomendados para manter o contato da lona com a massa ensilada e evitar a entrada de ar. A aplicação de inoculantes pode ser benéfica, desde que todo o processo de ensilagem seja corretamente executado, assegurando o retorno sobre o investimento. O silo deve permanecer fechado por no mínimo 30 dias para que a fermentação se complete. Após a abertura, a taxa de retirada da silagem influencia diretamente sua qualidade; recomenda-se consumir

diariamente uma fatia de pelo menos 30 cm de toda a face do silo. A amostragem frequente da silagem e sua análise bromatológica auxiliam na identificação de falhas no processo e permitem, em conjunto com assistência técnica, ajustar a dieta dos animais, otimizando o uso da silagem e a produção de leite na propriedade.

A estratificação das propriedades com base na produção diária de leite demonstrou que produtores com maiores volumes tendem a adotar práticas mais adequadas, como o uso do plantio direto, a utilização de forragens de inverno e a adoção de ferramentas de controle da qualidade da silagem, como análises bromatológicas e manejo correto de descarregamento do silo.

Esses resultados sugerem que a disseminação dessas práticas, por meio de programas de extensão rural e capacitação técnica, focadas principalmente em pequenos produtores, pode contribuir significativamente para o aumento da produtividade e da eficiência da bovinocultura leiteira da região. Além disso, o incentivo ao uso de forrageiras de inverno em áreas atualmente ociosas no período entre safras pode ampliar a oferta de volumoso, reduzindo custos com alimentação concentrada e aumentando a sustentabilidade das propriedades.