

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**RELAÇÕES SOLO-PLANTA-ANIMAL NUM SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA EM SEMEADURA DIRETA
COM CALCÁRIO NA SUPERFÍCIE**

Tese de Doutorado

Luís César Cassol

Porto Alegre, 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**RELAÇÕES SOLO-PLANTA-ANIMAL NUM SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA EM SEMEADURA DIRETA
COM CALCÁRIO NA SUPERFÍCIE**

LUÍS CÉSAR CASSOL
Engenheiro Agrônomo (UFSM)
Mestre em Ciência do Solo (UFRGS)

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Doutor em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil
Outubro/2003

Ela enfrentou muitas dificuldades nesses últimos quatro anos, que prefiro guardá-las só para nós. Por vezes achei que não conseguiria superá-las. Tive medo. Mas, mesmo com toda sua sensibilidade, foi tomada por uma força suprema e assumiu o planejamento de todo um futuro familiar.

Ele é simplesmente demais. Modificou minha vida e com ele gostaria de estar sempre junto, vivendo as maiores e melhores emoções, mesmo nas pequenas coisas.

À Maria Julia e Leonardo Antônio, minha esposa e meu filho, com todo meu amor, DEDICO este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Um trabalho dessa natureza só poderia se concretizar com uma intensa participação coletiva. Muitas são as pessoas a serem citadas, certamente algumas serão esquecidas. Todas, sem distinção, farão parte da minha memória.

Começo agradecendo ao Ser Supremo que, lá na longínqua Fazenda do Espinilho, nunca me abandonou, mesmo nos momentos de maiores dificuldades. À Deus por guardar os meus passos e mostrar-me o caminho.

Trabalhar com dois orientadores pode trazer algumas dificuldades, mas eles, cada qual a sua maneira foram extremamente importantes ao longo de todo o processo. Professor Ibanor Anghinoni, cuja amizade já vem desde os tempos do mestrado, obrigado apenas por confirmar tudo aquilo que eu já sabia, obrigado pelo exemplo profissional e acima de tudo de cidadão, os quais procurarei segui-los. Professor Paulo Carvalho, que grata surpresa conhecê-lo, serás eternamente meu amigo e irmão, obrigado por acreditar no trabalho, pelo incentivo, pela alegria de ver a coisa acontecer e, acima de tudo, obrigado pelo convívio.

Aos demais professores dos Departamentos de Solos e de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da FA-UFRGS, pelos ensinamentos ao longo deste curso. Aos funcionários do Departamento de Solos, especialmente ao Zé, Adão, Agostinho e Jader, que nunca mediram esforços para ajudar na concretização desse sonho.

À CAPES/PICDT, pela bolsa de doutorado e à FAPERGS, pelo auxílio financeiro para execução do trabalho.

À Cabanha Cerro Coroadó, pela cedência da área experimental e por fornecer todo o apoio e infra-estrutura necessária ao experimento.

Muitas pessoas participaram no processo de condução do experimento. Quero destacar e agradecer de forma especial ao Christian, pelo auxílio inicial e ao Tiago Pavoni que, no momento de maior dificuldade, conseguiu encontrar uma palavra de incentivo. A lista segue e faço questão de registrar o inestimável apoio que tive dos amigos Leonardo, Gustavo (Roraima), Júlio, Guilherme Velleda, Gustavo (Cavanha), Ângelo, Gustavo (Caçapa), Arnaldo (Itaqui), Enri, Pilau, João Paulo, Mariel, Alaerto e João Guilherme.

Aos demais colegas dos Departamentos de Solos e de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, simplesmente por serem amigos

Aos funcionários da Fazenda do Espinilho, especialmente aos senhores Luiz Carlos, Alcebíades e sua esposa, Rita, seu Zeca e Libério que, com toda a simplicidade que os caracteriza, foram fundamentais para sucesso do trabalho.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), pela liberação para realização do curso de doutorado, e aos colegas do Curso de Agronomia desta Instituição que, aumentando a carga de trabalho, também auxiliaram na realização desse curso.

Ao Elemar, Mariza, Márcio e Francis, minha família de sangue aqui em Porto Alegre, pelo convívio e presença em todos os momentos importantes vividos nos últimos anos. Tenham a certeza que sentirei saudades.

À Antonio e Magdalena, meus sogros, e à Pilar e Andres, meus cunhados, família por adoção, a quem recorri em muitos momentos e onde sempre encontrei apoio e carinho.

À Valentim Cassol (*in memoriam*) que, esteja onde estiver, deve se sentir orgulhoso pela conquista. Pai, obrigado por tudo, mesmo distante fisicamente sua presença espiritual é constante. Minha querida mãe, Dona Ayres, a quem ainda tenho o prazer de conviver, a senhora tem sido fantástica e nos dado exemplos de como encarar a realidade dura e cruel da vida. À vocês minha eterna gratidão, extensiva aos demais familiares.

À Maria Julia, minha esposa, e à Leonardo Antônio, meu filho, que suportaram a ausência durante o experimento e as longas viagens ao Espinilho. Obrigado por me acompanharem em oração, obrigado por proporcionarem os momentos de maior felicidade vividos ao longo de minha vida, obrigado por serem exatamente como são, mesmo que às vezes isso possa parecer difícil. Vocês são extraordinários e só posso agradecer-lhes com oito letrinhas: EU VOS AMO!

À todos os que não foram aqui citados, mas que viveram esse momento. Obrigado!!!

RELAÇÕES SOLO-PLANTA-ANIMAL NUM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA EM SEMEADURA DIRETA COM CALCÁRIO NA SUPERFÍCIE^{1/}

Autor: Luís César Cassol

Orientadores: Ibanor Anghinoni

Paulo César de Faccio Carvalho

RESUMO

A desfolhação e o pisoteio animal podem afetar a cobertura vegetal e alterar a dinâmica do calcário no solo. Este trabalho estudou um sistema de integração lavoura-pecuária com níveis de biomassa de pastagem e seu reflexo sobre o solo, o desenvolvimento da soja e a dinâmica da correção da acidez a partir da superfície do solo. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho, em uma pastagem de aveia preta + azevém manejada sob diferentes alturas. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos (10, 20, 30 e 40 cm de altura de manejo) e três repetições. Utilizou-se terneiros jovens em pastejo contínuo, com lotação variável, em dois períodos de pastejo (2001 e 2002). No final do primeiro período aplicou-se 4,5 Mg ha⁻¹ de calcário na área, implantando-se a cultura da soja. As alturas da pastagem afetaram a massa de forragem e o desempenho dos animais. Na média dos dois anos, maiores rendimentos individuais e por área foram obtidos com pastagem manejada nas alturas médias de 25 e 10 cm, respectivamente. Após o pastejo, somente no manejo a 10 cm a densidade e a macroporosidade do solo atingiram valores que podem limitar o desenvolvimento da soja na camada de 0-2,5 cm. Efeitos sobre os atributos químicos manifestaram-se até 5 cm de profundidade, cinco meses após a calagem, avançando com o tempo, independentemente da condição anterior de pastejo. A população de plantas e o rendimento da soja diminuíram com a redução da altura de manejo da pastagem. Houve equivalência de rendimento econômico entre todos os tratamentos, sendo a diminuição do rendimento de soja, em situação de alta intensidade de pastejo, compensada pelo aumento do rendimento animal por unidade de área. O rendimento de soja na área sem pastejo foi similar àquele obtido em áreas com intensidade de pastejo leve.

^{1/} Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil. (144 p.) – Outubro, 2003. Trabalho realizado com apoio financeiro da FAPERGS e da Cabanha Cerro Corado.

SOIL-PLANT-ANIMAL RELATIONSHIPS IN A ANIMAL-CROP INTEGRATION SYSTEM WITH SURFACE LIME APPLICATION IN NO-TILLAGE^{1/}

Author: Luís César Cassol

Advisers: Ibanor Anghinoni

Paulo César de Faccio Carvalho

ABSTRACT

The defoliation and the animal treading can affect vegetation cover and the soil lime dynamics. This research studied an animal-crop system with pasture biomass levels and its influence in the soil, soybean growth and in dynamics of soil acidity correction by surface lime application. The experiment was conducted in a Rhodic Hapludox (Oxisol) with black oat + ryegrass grazed at different heights. The experimental design was a randomized block with four pasture height treatments (10, 20, 30 e 40 cm) and three replicates. Young steers were used in continuously grazing with variable stocking in two grazing periods (2001 and 2002). At the end of the first period, 4,5 Mg ha⁻¹ of lime were applied in the experimental area followed by soybean growth. The pasture height treatments affected the forage biomass and the animal performance. The soil density and macroporosity reached values that can affect soybean growth only in the 0-2,5 cm layer.at the end of the grazing period. Chemical attributes effects on soil were observed up to 5 cm depth, five months after liming and reached deeper layers with time independently of pasture height. The plant population and soybean yield decreased with the reduction of the pasture height. There was similar economical yield among all treatments, with soybean yield reduction by increasing the grazing intensity, which was compensated by the increase of the animal yield per unit area. The soybean yield in the no-grazing area was similar to that observed in the light grazing areas .

1/ Doctoral Thesis in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brazil. (144 p.) – October, 2003. Research supported by FAPERGS and Cabanha Cerro Coroado.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1. Conceito, vantagens e limitações da integração lavoura-pecuária	04
2.2. O modelo conceitual proposto	05
2.3. A produção de forragem, o desempenho animal e o rendimento de grãos num contexto de integração lavoura-pecuária	08
2.4. Características físicas do solo no contexto da integração lavoura-pecuária em semeadura direta	11
2.5. A calagem no sistema de semeadura direta	15
2.6. A calagem em sistemas de integração lavoura-pecuária	18
2.7. Definição do problema	20
2.8. Hipóteses do estudo	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Localização do experimento	23
3.2. Clima	23
3.3. Solo e histórico da área	24
3.4. Área experimental	24
3.5. Tratamentos e delineamento experimental	26
3.6. Animais experimentais e método de pastejo	27
3.7. Condução do experimento	27
3.8. Avaliações efetuadas	29
3.8.1. Na pastagem	29
3.8.1.1. Altura da pastagem	29
3.8.1.2. Massa de forragem	30
3.8.1.3. Taxa de acúmulo diária e produção total de matéria seca	30
3.8.1.4. Oferta de forragem total	31
3.8.1.5. Eficiência de utilização da pastagem	31
3.8.1.6. Composição estrutural da pastagem	31
3.8.2. Nos animais	32
3.8.2.1. Carga animal, ganho médio diário e ganho por área	32
3.8.3. Na soja	33
3.8.3.1. Nodulação	33
3.8.3.2. População de plantas e rendimento de grãos	33

3.8.4. No solo	33
3.8.4.1. Atributos físicos	33
3.8.4.2. Atributos químicos	34
3.9. Análises estatísticas	35
3.10. Análise econômica do sistema de integração lavoura-pecuária	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. A altura da pastagem	38
4.2. A altura de manejo da pastagem e a produção de forragem	43
4.3. A altura de manejo da pastagem e os atributos físicos do solo ...	60
4.4. A altura de manejo da pastagem e os atributos da acidez do solo	70
4.4.1. Atributos da acidez do solo no perfil após pastejo sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário	70
4.4.2. Atributos da acidez do solo no perfil após calagem superficial em área anteriormente submetida a pastejo sob diferentes alturas de manejo	77
4.5. A altura de manejo da pastagem e o desempenho animal	93
4.6. A altura de manejo da pastagem e o rendimento de soja	101
4.7. Análise econômica do sistema de integração lavoura-pecuária com manejo da pastagem sob diferentes alturas	107
5. CONCLUSÕES	115
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
7. APÊNDICES	127

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Características químicas do solo da área experimental, em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento. Fazenda do Espinilho, novembro/2000	24
2. Resultados da análise do calcário utilizado na área experimental ..	28
3. Taxa de acúmulo média e produção total de matéria seca de pastagem de aveia + azevém submetida a diferentes alturas de manejo, nos dois anos de condução do experimento	55
4. Atributos físicos do solo, em profundidades, seis meses antes da implantação do experimento. Novembro/2000	60
5. Atributos físicos do solo, em profundidades, após 104 dias de pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo. Novembro/2001	61
6. Atributos físicos do solo, em profundidades, após a colheita da soja, em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo. Maio/2002	63
7. Nodulação de plantas de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo	102
8. Custo da pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas	107
9. Custo de produção da cultura da soja	108

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Modelo conceitual do sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta	06
2. Croqui da área experimental. Fazenda do Espinilho, São Miguel das Missões – RS.	25
3. As alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém (10, 20, 30 e 40 cm) submetida a pastejo por bovinos.	26
4. Dinâmica da altura da pastagem de aveia + azevém nos diferentes tratamentos, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.	39
5. Relação entre a altura de manejo pretendida dos tratamentos e a altura de manejo real observada na pastagem de aveia + azevém ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002	42
6. Massa de forragem média de pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002. ● = Sem pastejo	44
7. Massa de forragem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002	46
8. Resíduo remanescente na superfície do solo, determinado na última avaliação de matéria seca, em função de diferentes alturas de manejo da pastagem, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002. ● = Sem pastejo	48
9. Massa de forragem de aveia + azevém e resíduo remanescente na superfície do solo, determinados na última avaliação de matéria seca, em função de diferentes alturas de manejo da pastagem, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002. Médias seguidas de mesma letra, nos diferentes compartimentos da matéria seca, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade	49
10. Composição estrutural e produção de matéria seca da pastagem de aveia + azevém manejada em diferentes alturas, (a) 36 dias (29/08/01) e 79 dias após o início do pastejo de 2001 (11/10/01) ...	52
11. Composição estrutural e produção de matéria seca da pastagem de aveia + azevém manejada em diferentes alturas, 43 dias após o início do pastejo (28/08/02)	54
12. Taxa de acúmulo de matéria seca de pastagem de aveia + azevém manejada em diferentes alturas ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002	57
13. Eficiência da utilização da pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas ao longo dos períodos	

experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002	58
14. Densidade do solo, na camada de 0-2,5 cm, em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém, (AP) antes do pastejo; (PP1) após 104 dias de pastejo – novembro/2001; (PCS) após o ciclo da soja – maio/2002 e (PP2) após 120 dias de novo pastejo – novembro/2002	64
15. Compactação superficial em (a) área pastejada à 10 cm de altura e (b) em área próxima ao cocho de água dos animais	66
16. Taxa de infiltração (a) e infiltração acumulada de água no solo (b) após 104 dias de pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo	68
17. Carbono orgânico do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	71
18. CTC efetiva do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	71
19. pH do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	72
20. Teor de Al trocável após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	72
21. Teor de Ca trocável após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	73
22. Teor de Mg trocável após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	73
23. Saturação por bases do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	74
24. Saturação por alumínio após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001)	74
25. Carbono orgânico do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	79
26. CTC efetiva do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	80
27. pH do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	81
28. Teor de Al trocável (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem	

pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	82
29. Teor de Ca trocável (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	83
30. Teor de Mg trocável (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	84
31. Saturação por bases do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	85
32. Saturação por alumínio (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo	86
33. Carga animal média na pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002	94
34. Ganho médio diário (GMD) e ganho por área (GP ha ⁻¹) de bovinos em pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002	96
35. Oferta total de matéria seca em pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002	100
36. População final de plantas de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo, comparada à uma testemunha sem pastejo (SP). Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade	103
37. Rendimento de grãos de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo.....	104
38. Rendimento de grãos de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém em resposta ao acúmulo de diferentes massas de forragem	106
39. Receita bruta da pecuária e da soja em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém	109
40. Margem bruta da pecuária e da soja em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém	110
41. Margem bruta do sistema de integração soja-pecuária de corte com pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas	111
42. Margem bruta da pecuária e da soja comercializada a um preço baixo (R\$ 22,10 saca ⁻¹), em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém	113

1. INTRODUÇÃO

A ocupação de terras agrícolas no sul do Brasil vem sofrendo profundas transformações nas últimas décadas, caracterizada por mudanças na filosofia de uso, buscando a sua sustentabilidade. O modelo trigo-soja da década de 70 está superado. Atualmente, o sistema de semeadura direta está consolidado ocupando, aproximadamente, quatro milhões de hectares, o que representa cerca de 70% da área agrícola do Estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, existe um vazio no tocante a quais culturas utilizar e com que finalidades, num esquema de rotação, principalmente no período de inverno. O que se tem claro, no entanto, é que o novo modelo buscado deve garantir a biodiversidade, a proteção do solo, o aporte de biomassa e a manutenção da renda dos produtores durante o ano inteiro.

A utilização de pastagens cultivadas ou melhoradas, no inverno, aproveitando a área disponível, associada à integração com a lavoura num sistema conhecido como integração lavoura-pecuária, pode elevar os índices de produtividade da pecuária gaúcha (natalidade, mortalidade, desfrute), tornando viável a terminação de bovinos durante a entressafra e promover melhorias no solo que poderão favorecer o desenvolvimento das culturas de verão.

Porém, o sucesso do sistema de integração lavoura-pecuária depende de diversos fatores que, por sua vez, são dinâmicos e interagem entre si. Dentre os componentes do sistema, os principais são o solo, a planta e o animal. Esse último, através de sua ação desfolhadora, pode afetar o nível de biomassa de forragem que servirá de base para a implantação da lavoura de verão no sistema de semeadura direta. Além disso, pode influenciar a dinâmica do calcário aplicado superficialmente, através do pisoteio (compactação) e da produção de excrementos (urina e fezes).

O nível de biomassa não deve ser o mesmo para a lavoura e para a pecuária pois, para o estabelecimento do sistema de semeadura direta, exige-se uma alta quantidade de biomassa, ao passo que para a produção pecuária, quanto maior a biomassa menor a eficiência de pastejo. Assim, em sistemas integrados, é provável que não exista um nível único de biomassa de forragem que promova, ao mesmo tempo, elevados ganhos individuais e por área dos animais, altos rendimentos de grãos da cultura de verão e beneficie o deslocamento vertical do calcário aplicado em superfície.

No sistema de semeadura direta envolvendo apenas lavoura, a dinâmica do calcário já foi bem estudada, inclusive no que diz respeito aos mecanismos responsáveis pela sua ação em profundidade. Apesar do calcário ser um produto de baixa solubilidade e mobilidade no solo, sua aplicação em superfície, no sistema de semeadura direta, têm sido eficiente em corrigir a acidez no perfil e já é uma prática consagrada. No entanto, num sistema de integração lavoura-pecuária essa dinâmica pode ser alterada, dependendo da lotação, carga, pressão de pastejo ou altura que for manejada a pastagem. Poucos são, porém, os estudos que exploram o tema calagem num ecossistema envolvendo o solo, a planta e o animal.

Tendo por base essas duas grandes temáticas, conduziu-se o presente trabalho objetivando, num primeiro momento, avaliar o efeito de diferentes níveis de biomassa aérea residual de pastagem sobre o desenvolvimento da cultura da soja estabelecida no sistema de semeadura direta. Num segundo momento, pretendeu-se também estudar a dinâmica da correção da acidez a partir da superfície do solo, numa área anteriormente submetida a pastejo sob diferentes alturas de manejo. Além desses, buscou-se avaliar a produtividade final de um sistema de integração lavoura-pecuária, através do somatório do desempenho animal com o rendimento de grãos de soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, cerca de seis milhões de hectares são cultivados com soja, milho, arroz e feijão, no estado do Rio Grande do Sul. Apesar de expandir em cerca de 20% a sua área (safra 2003), apenas 950 mil hectares foram destinados para a cultura do trigo principalmente devido à falta de garantias de custeio e comercialização e ao risco de adversidades climáticas como as registradas na safra de 2002, os quais, somados ao cultivo com outras espécies produtoras de grãos (aveia, triticales, cevada, etc.), atingem pouco mais de um milhão de hectares. Nos demais estados do sul do Brasil, a situação se repete e a cultura da aveia, cultivada de forma isolada ou em consórcio com azevém e algumas leguminosas, predomina no período do inverno, cujo destino é a cobertura do solo com vistas à manutenção do sistema de semeadura direta.

Por outro lado, três milhões de terneiros, aproximadamente, nascem anualmente no Rio Grande do Sul, os quais poderiam ser engordados na pastagem, reduzindo os custos de produção, desde que as áreas já cultivadas com forrageiras de inverno fossem usadas para pastejo.

Apesar dos elevados ganhos obtidos pelos produtores com a cultura da soja (safra 2002/03), é comum a ocorrência de déficit hídrico, no verão, que compromete a produção e a sustentabilidade da propriedade. Das últimas quatro safras, duas tiveram seus rendimentos reduzidos devido à estiagem e o prejuízo só não foi maior devido aos altos preços pagos pela saca de soja.

A diversificação das atividades de uma propriedade, adicionando uma atividade que gere renda, no período de inverno, é fundamental para assegurar uma eficiente, produtiva e estável agricultura no futuro. É nesse contexto que situa-se a integração lavoura-pecuária, porque entende-se que lavoura e pecuária, praticadas de forma isolada, podem ser sustentáveis em determinado

momento, mas não se perpetuam no tempo, uma vez que são atividades cíclicas, onde ora o lavoureiro tem melhores retornos, ora a situação se inverte e privilegia o pecuarista.

Entretanto, é característico de cada indivíduo a preferência pela simplificação, inclusive dos sistemas de produção, fundamentalmente porque, ao integrar atividades, a complexidade do sistema aumenta. É importante destacar que as produções vegetal e animal devem tornar o Brasil, até o final de 2003, o maior exportador mundial de soja, superando os Estados Unidos, e de carne bovina, ultrapassando a Austrália.

2.1. Conceito, vantagens e limitações da integração lavoura-pecuária

O termo integração lavoura-pecuária é utilizado para designar a alternância temporária (rotação) de cultivo de grãos e pastejo de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas e seus consórcios, podendo ser utilizado de maneiras distintas, dependendo dos interesses individuais (Moraes et al., 1998). A rotação pastagens-culturas de grãos torna-se uma das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e, por sua vez, mais sustentáveis no tempo.

Este sistema não é novo e já vem sendo praticado há anos em muitos países. No Brasil, existe um certo preconceito e, por uma questão cultural, uma dificuldade do produtor de grãos passar a produzir carne e/ou leite e vice-versa. No entanto, o potencial que o país possui para produzir carne e leite somente a pasto é imenso, pois apenas no Brasil Central, mais o oeste da Bahia e norte do Mato Grosso, existem cerca de 50 milhões de hectares com pastagens cultivadas. No Rio Grande do Sul são, pelo menos, 2 milhões de hectares cultivados com aveia para cobertura do solo e que poderiam ser maximizados com produção animal, sem prejuízos para a cultura de verão na seqüência, desde que devidamente manejados.

Na Ásia, por exemplo, a integração lavoura-pecuária em pequenas propriedades é o sistema que tende a ser dominante no futuro próximo e é utilizado diferentemente dos modelos de integração conhecidos no sul do Brasil. Alguns exemplos de sistemas de integração cultura anual-animal

incluem arroz/trigo/gado/ovelhas/cabras na Índia, arroz/cabras/patos/peixes na Indonésia, arroz/búfalos/porcos/galinhas/patos/peixes nas Filipinas, arroz/vegetais/porcos/patos/peixes na Tailândia e, no Vietnã, o uso de vegetais/cabras/porcos/patos/peixes (Devendra & Thomas, 2002). Percebe-se, com isso, a diversidade do sistema, podendo ser utilizado de diferentes maneiras nas diferentes partes do mundo.

Dentre os benefícios da integração, alguns se destacam: 1) possibilidade de introduzir, renovar ou recuperar as pastagens a custos menores; 2) aproveitamento do residual do adubo aplicado nas culturas de grãos pelas pastagens que se desenvolvem na seqüência, criando condições para se trabalhar com pastagens de qualidade e elevado potencial produtivo; 3) produção de forragem na época mais crítica; 4) redução da incidência de pragas, doenças e plantas indesejáveis, devido à rotação pastagens-culturas, imprescindível para o sistema de semeadura direta; 5) aumento da rentabilidade e diminuição da dependência dos produtores, do cultivo de grãos; e 6) aumento da liquidez pela possibilidade de realização financeira imediata com o gado.

Apesar das vantagens ressaltadas, alguns entraves dificultam a expansão do sistema de integração, entre os quais se destacam: 1) a escolha da combinação de culturas e pastagens ligadas aos interesses dos sistemas de produção em uso; 2) o risco de compactação adicional do solo promovido pela entrada dos animais; 3) o aumento da complexidade do sistema, exigindo maior preparo dos técnicos e produtores; e 4) a aceitação da pecuária por agricultores tradicionais e vice-versa.

2.2. O modelo conceitual proposto

Visando melhor entender as relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária e destacar as variáveis envolvidas no presente estudo, elaborou-se o modelo conceitual da Figura 1. Esse modelo busca compreender melhor o sistema em todas as suas variáveis, até chegar-se à quantificação da produtividade final do sistema como um todo.

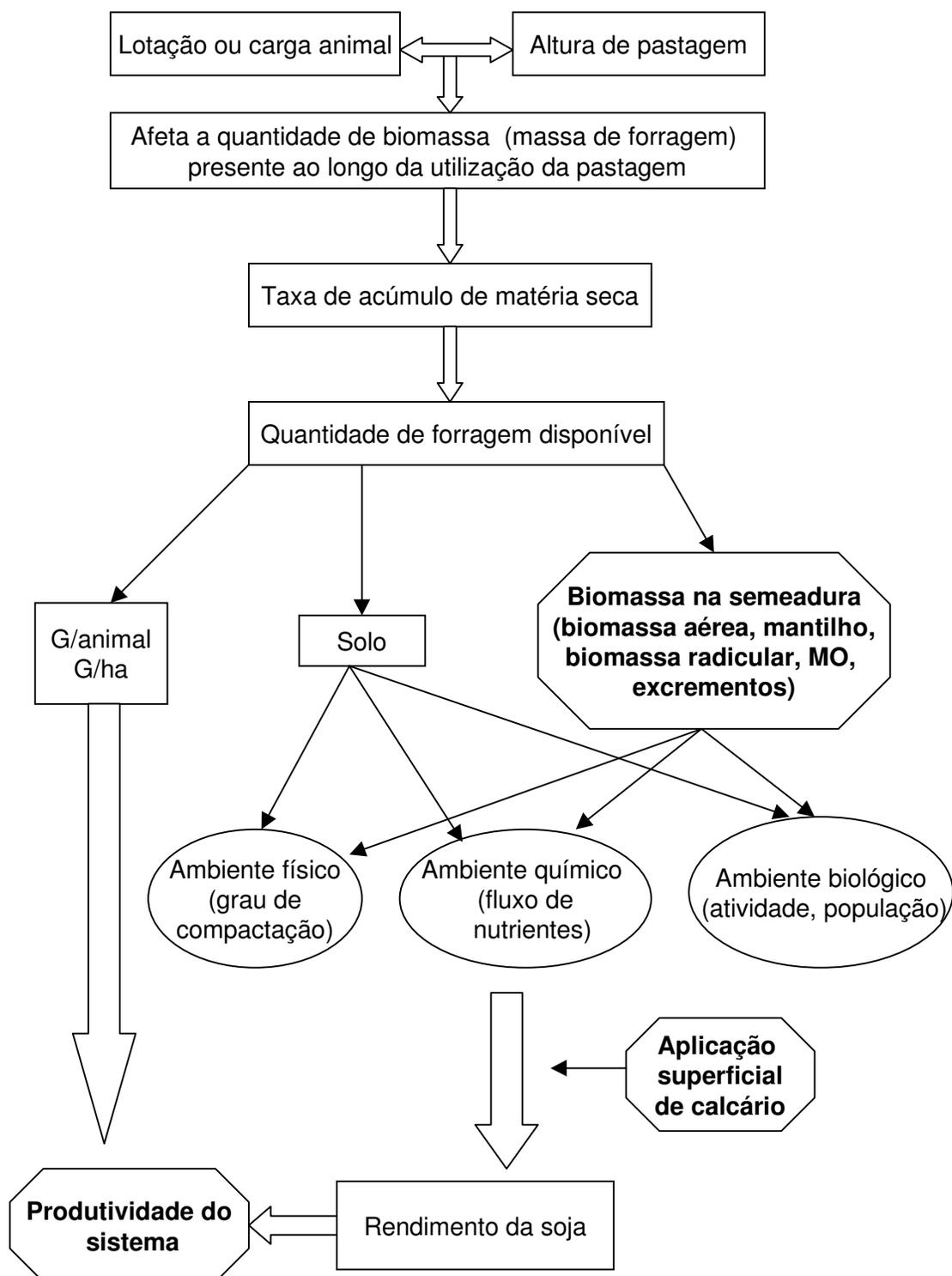


FIGURA 1. Modelo conceitual do sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta.

O modelo proposto apresenta a intensidade de pastejo, representada pelas alturas de manejo da pastagem, como uma variável fundamental e determinante da produtividade de um sistema de integração lavoura-pecuária. A obtenção de diferentes alturas é feita através de ajustes na carga animal a que a pastagem é submetida. Isso é importante, porque diferentes alturas afetarão a massa de forragem ao longo do período de pastejo, através de modificações no índice de área foliar, ocasionadas pela maior ou menor capacidade de interceptação de luz. Alterações no processo fotossintético (interceptação da radiação solar), determinadas por variações na altura de manejo da pastagem, devem afetar a taxa de acúmulo de matéria seca e a quantidade de forragem disponível. Por outro lado, planta e animal competem pelo mesmo recurso, a folha. Assim, para a planta, a folha é a principal responsável pela fotossíntese, ao passo que, para o animal, a folha é o melhor componente para uma dieta adequada. Equilibrar as exigências da planta com as exigências do animal em termos de produção de forragem é um dos desafios a ser perseguido.

A utilização de diferentes alturas de manejo da pastagem pode contribuir para o estabelecimento de diferentes graus de compactação do solo. A densidade do solo é alterada pela pressão exercida sobre o mesmo (Baver et al., 1972). Uma maior intensidade de pastejo determina uma menor altura da pastagem, refletindo-se em redução da cobertura vegetal, aumento do tempo de pastejo dos animais em decorrência da menor ingestão de forragem e aumento do deslocamento dos animais na busca pela forragem. Dessa forma, numa pastagem manejada à menores alturas, o pisoteio animal, através do número de cascos por unidade de área, aumenta e, por conseqüência, determina uma maior probabilidade de ocorrer pressão do casco numa mesma área repetidas vezes ao longo do período de utilização da pastagem. Quanto maior a pressão exercida sobre a superfície do solo, mais facilmente ele tende a se comprimir, aumentando sua densidade e reduzindo seu volume (Gupta & Allmaras, 1987).

Ao final do pastejo, estarão criadas situações distintas em termos de biomassa residual (aérea e radicular) que permanecerá sobre o solo e que servirá como base para a implantação da cultura que virá na seqüência sob o sistema de semeadura direta. Quando o calcário é aplicado na superfície do

solo em área anteriormente submetida a pastejo sob diferentes alturas de manejo da pastagem, encontrará diferenças na biomassa residual e na condição física do solo, as quais poderão determinar uma dinâmica diferenciada desse produto no solo, quando comparado a uma condição exclusiva de lavoura.

O resultado disso é que estarão sendo criados diferentes ambientes para a implantação da cultura de verão que poderão influenciar positiva ou negativamente o seu rendimento, em razão de alterações nos atributos físicos e químicos do solo (reciclagem de nutrientes) promovidos pelo pastejo anterior. O rendimento de grãos da cultura de verão, somado ao desempenho animal, que tende a ser diferenciado nas diferentes alturas, devido à mudanças na quantidade e na qualidade da forragem ingerida e, conseqüentemente, na oportunidade de seletividade da forragem oferecida ao animal, determinarão a produtividade do sistema como um todo.

Em síntese, percebe-se que alterações na carga animal ou na altura de manejo da pastagem irão interferir na produção animal e na produção vegetal (forragem e grãos), devido a efeitos diferenciados sobre as características físicas e químicas do solo.

Ao longo deste trabalho, a ênfase se dará na produção de forragem e seus reflexos sobre o rendimento da soja e a dinâmica do calcário aplicado em superfície, numa condição em que, além do solo e da planta, existe o animal e sua possível ação compactadora, fornecedora de excrementos e recicladora de nutrientes do solo.

2.3. A produção de forragem, o desempenho animal e o rendimento de grãos num contexto de integração lavoura-pecuária

Quando se pensa em integrar atividades, a produtividade final do sistema é o somatório da produção animal por área com o rendimento de grãos da cultura de verão. Assim, um sistema de integração lavoura-pecuária eficiente é aquele que consegue elevados índices de produtividade, tanto pecuária como de grãos.

Uma das ações do animal é a desfolha da pastagem, a qual age diretamente sobre a cobertura vegetal. Ao se trabalhar com diferentes alturas

de manejo da pastagem, propicia-se condições para o estabelecimento de diferentes quantidades de massa de forragem ao longo do período de utilização da pastagem (Figura 1), além de favorecer a formação de distintos níveis de compactação de solo, devido a variações na lotação animal utilizada para manter as diferentes alturas.

Estabelecer um nível ótimo de biomassa que garanta cobertura de solo e não comprometa o desenvolvimento da lavoura em sistemas integrados, não é tarefa fácil. Dependendo do interesse esse nível pode ser diferente. Pensando-se apenas no controle da erosão, a utilização de 4.000 kg ha⁻¹ de resíduos, que correspondeu a 65% de cobertura do solo, reduziu a erosão em 90 a 95%, em solo com 7,5% de declive (Lopes et al., 1987). Por outro lado, se o interesse é manter ou aumentar o teor de carbono do solo, é necessário uma taxa de aporte de resíduos entre 10 e 12 Mg de MS ha⁻¹ ano⁻¹ (Bayer, 1996), no sistema de semeadura direta.

Além disso, quando se considera a produção animal, a complexidade aumenta, uma vez que a biomassa aérea define o ganho por animal e o ganho por área, por afetar a ingestão de forragem e oportunizar ao animal a possibilidade de selecionar sua dieta. O nível ótimo de biomassa, para a produção animal (individual e por área), também tem seus pontos ótimos, os quais, muito provavelmente, serão diferentes entre si e dos pontos ótimos para cobertura do solo e rendimento de grãos.

Trabalhos que relacionam a massa de forragem no inverno e o rendimento de grãos da cultura de verão são muito escassos na literatura brasileira e passaram a ser produzidos, fundamentalmente, no final da década passada. A massa média de forragem de aveia + azevém em área pastejada e não pastejada foi de 1.996 e 3.043 kg de MS ha⁻¹, respectivamente, em um Podzólico Bruno-Acinzentado, textura fraco siltosa, da Depressão Central do Rio Grande do Sul (Bassani, 1996). Ao se implantar a cultura do milho sob essas condições no sistema de semeadura direta, o autor observou rendimentos de grãos de 5.246 kg ha⁻¹ (área pastejada) e de 5.636 kg ha⁻¹ (área não pastejada), não sendo, essa diferença, significativa (P>0,05). Assim, a aplicação de uma carga animal média de 775 kg de PV ha⁻¹ ao longo do período de pastejo, permitiu o estabelecimento de uma massa de forragem ao redor de 2.000 kg de MS ha⁻¹ e ofereceu condições adequadas ao

desenvolvimento da cultura do milho, que não se diferenciou da área sem pastejo e que possuía uma massa de forragem ao redor de 3.000 kg MS ha⁻¹.

A presença dos animais, em diferentes níveis de oferta de forragem (5, 10 e 15% do PV) também não prejudicou as produções de soja e milho cultivados na seqüência, quando comparadas à testemunha sem pastejo (Lustosa, 1998), numa situação de solo argiloso de Guarapuava – PR. A produção animal por hectare, no entanto, reduziu com o aumento da oferta de forragem, atingindo 701, 505 e 403 kg de PV ha⁻¹, para as ofertas de 5, 10 e 15% do PV, respectivamente.

Essa constatação leva a pressupor que manejar uma pastagem com baixa oferta de forragem pode ser vantajoso para aumentar a lucratividade de um sistema de integração lavoura-pecuária. Entretanto, é importante salientar que, embora não significativo ($P>0,05$), o rendimento de grãos de milho passou de 7.400 para 8.400 kg ha⁻¹ quando o nível de oferta de forragem subiu de 5 para 15% do PV. Assim, deve-se pensar na segurança e sustentabilidade do sistema a longo prazo, onde, necessariamente, baixas ofertas de forragem no inverno podem comprometer o sucesso do sistema de semeadura direta que está centrado, em grande parte, na cobertura do solo. Ao se trabalhar com altas ofertas de forragem diminuem-se os riscos, tanto na produção de grãos como na produção animal. O ganho médio diário, por exemplo, aumenta com a elevação da oferta de forragem, sendo particularmente importante quando se está trabalhando com terminação de bovinos.

Numa associação Latossolo Bruno álico + Cambissolo álico de Guarapuava – PR, Assmann (2001) obteve rendimentos de grãos de milho em torno de 9.000 kg ha⁻¹ sobre uma massa de forragem de aveia branca, azevém e trevo branco de 2.383 kg de MS ha⁻¹ após pastejo e com aplicação de 231 kg de N ha⁻¹ no inverno. Essa adubação nitrogenada proporcionou um adequado nível de forragem e condições para obtenção de elevados patamares de produtividade de milho. Outro aspecto importante é que essa pastagem foi manejada numa altura única de 14 cm durante todo o período experimental, monitorada através do uso do disco medidor, e, comparando-se os rendimentos de milho com a área não pastejada, esse autor também não encontrou diferença ($P>0,05$). Sobre essa mesma pastagem, no inverno, Assmann (2002) obteve ganhos de peso, para novilhas da raça Charolês e/ou

mestiças, que variaram de 480 a 656 kg de PV ha⁻¹, para 0 e 300 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

Em solo com textura superficial franca da Depressão Central do RS e controlando a carga animal de forma a manter uma massa de forragem em torno de 1.000 kg de MS ha⁻¹ de aveia + azevém durante todo o período de pastejo, Silva et al. (2000) obtiveram rendimento de grãos de milho de 4,67 Mg ha⁻¹ no sistema de semeadura direta, o qual não se diferenciou (P>0,05) da condição sem pastejo, que produziu 4,82 Mg ha⁻¹ de grãos de milho.

Na região Oeste do Estado de São Paulo, Mello (2003) cita que, em áreas comerciais, observa-se produtividades de 60 sacas ha⁻¹ de soja, 150 sacas ha⁻¹ de milho e 45 t ha⁻¹ de silagem, em culturas sobre pasto irrigado. A produtividade animal sobre esses pastos, após três anos de lavoura, tem sido da ordem de 70 arrobas ha⁻¹ ano⁻¹.

Os números apresentados permitem concluir que, do ponto de vista da produção de forragem e de grãos, é possível integrar-se lavoura e pecuária numa mesma área. Trabalhando-se com cargas animais adequadas, têm-se a garantia de boa oferta de forragem ao longo do ciclo de pastejo, adequada cobertura do solo para implantação da lavoura de grãos no sistema de semeadura direta e, por conseqüência, altos índices de produtividade.

2.4. Características físicas do solo no contexto da integração lavoura-pecuária em semeadura direta

Um estudo elaborado em 1995 pela Cooperativa Agrária de Entre Rios, Guarapuava – PR e por pesquisadores da UFPR, constatou que o principal entrave para a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária seria uma possível compactação do solo devido ao pisoteio animal (Moraes et al., 2002). Na opinião dos produtores, o estudo do efeito da entrada dos animais nas áreas agrícolas e sua possível ação compactadora deveria ser prioridade, uma vez que, em áreas compactadas, haveria comprometimento ao desenvolvimento da lavoura de verão, conduzida no sistema de semeadura direta.

De forma geral, pode-se dizer que todos os solos com pastagem sofrem compactação devido ao tráfego de animais, principalmente quando úmidos

(Tanner & Mamaril, 1959; Trein et al., 1991). O preparo excessivo do solo em condições inadequadas de umidade e o pisoteio animal durante o pastejo são as principais práticas agrícolas que levam à compactação superficial e/ou subsuperficial do solo. Os efeitos do pisoteio variam com o tipo de solo (textura), a espécie de planta, a intensidade e o tempo de pastejo e a espécie e categoria animal (Frame & Newbould, 1986; Correa & Reichardt, 1995; Moraes, 1991; Salton et al., 2002).

Existe uma relação entre a pressão aplicada ao solo por qualquer uma das práticas citadas acima e os parâmetros relacionados com o arranjo de partículas e/ou agregados do solo, como, por exemplo, o índice de vazios ou a densidade do solo. Quando o solo não sofre nenhuma pressão prévia, essa relação é linear e a aplicação de qualquer pressão resultará em deformações não recuperáveis (Larson et al., 1980; Gupta & Allmaras, 1987), causando, portanto, compactação adicional do solo. Entretanto, quando o solo já experimentou pressões prévias e/ou ciclos de secagem e umedecimento, adquire, em conseqüência, um estado de compactação mais elevado, em que a compactação adicional poderá ou não ocorrer com novas aplicações de cargas (Stone & Larson, 1980).

Assim, um aumento da densidade do solo em conseqüência de uma redução no seu volume pode ou não causar compactação adicional. É por isso que a literatura cita efeitos benéficos e adversos da compactação do solo. Os efeitos benéficos talvez possam ser causados pela aplicação de pressões menores do que a maior pressão à qual o solo esteve submetido no passado, enquanto os efeitos adversos talvez sejam provocados pela aplicação ao solo de pressões maiores do que sua maior pressão sofrida no passado.

Em geral, a compactação modifica a estrutura do solo, diminuindo a porosidade, o tamanho e a continuidade dos poros (Moraes, 1984) e aumentando a resistência à penetração (Hill & Meza-Montalvo, 1990). Essas alterações limitam a absorção de nutrientes, a infiltração e a redistribuição de água, as trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular (Smucker & Erickson, 1989; Bicki & Siemens, 1991), refletindo-se sobre a parte aérea e o rendimento de grãos (Canarache et al., 1984). Um aumento de densidade do solo de 1,30 para 1,45 g cm⁻³ afetou a taxa fotossintética de plantas de milho, reduzindo o comprimento de raízes, a área foliar e a taxa de assimilação de

carbono. Isso se refletiu numa diminuição da biomassa de raízes e da parte aérea de plantas de milho (Tubeileh et al., 2003).

Após medirem a resistência à penetração, a densidade do solo, a permeabilidade ao ar e a porosidade, Tanner & Mamaril (1959) concluíram que alterações nessas variáveis após pastejo animal afetaram os rendimentos de alfafa. Entretanto, após aplicarem uma alta lotação (200 novilhas ha^{-1}) num curto espaço de tempo (36 horas), num Argissolo Vermelho cultivado com aveia e trevo, Trein et al. (1991) observaram aumento na densidade e na resistência do solo ao penetrômetro, com conseqüente diminuição da macroporosidade e da infiltração de água no solo apenas na camada superficial (0-7,5 cm), não tendo sido, no entanto, observadas modificações nas camadas subsuperficiais.

Uma significativa diminuição na taxa de infiltração de água no solo e uma tendência de diminuição da porosidade e aumento da densidade aparente do solo nas menores ofertas de forragem (4 e 8%), quando comparadas com as maiores ofertas (12 e 16%), ocorreu em pastagem natural sobre um Argissolo Vermelho da Depressão Central do RS (Bertol et al., 1998).

Por sua vez, trabalhando com uma carga animal média de 775 kg de PV ha^{-1} , aplicada continuamente de julho até a segunda quinzena de outubro, e uma massa de forragem de aveia + azevém de 1.996 kg de MS ha^{-1} , Bassani (1996) não observou influência do pisoteio animal na compactação da camada superficial até 8,6 cm de profundidade, uma vez que não ocorreram alterações na densidade do solo antes e após pisoteio contínuo pelo gado.

Numa condição de solo argiloso do município de Guarapuava – PR, classificado como uma associação Latossolo Bruno álico + Cambissolo álico, trabalhando com diferentes níveis de oferta de forragem de azevém, aveia, trevo branco e trevo vermelho, Moraes & Lustosa (1997) avaliaram a densidade do solo em três momentos distintos. Esses autores encontraram, no nível mais baixo de oferta de forragem (5%) que é mais suscetível a compactação, valores de densidade de 1,01, 1,08 e 1,04 g cm^{-3} após dois meses de pastejo, após a saída dos animais e quando o milho estava na fase de enchimento de grãos, respectivamente. Isso demonstra que, além dos valores de densidade serem baixos, os possíveis efeitos negativos do pisoteio foram rapidamente revertidos após o cultivo da lavoura de verão no sistema de semeadura direta.

O pisoteio animal teve pequeno efeito sobre as características físicas do solo, avaliadas no estágio fenológico "5" (pendoamento) do milho (Silva et al., 2000), em Podzólico Vermelho-Amarelo com textura superficial franca. A análise de densidade e porosidade do solo demonstrou que a semeadura direta e o preparo convencional, aplicados após o pastejo para implantação da cultura do milho, tiveram efeitos mais pronunciados sobre as variáveis citadas do que o manejo dos animais durante o inverno/primavera. Nesse trabalho, os autores mantiveram um resíduo de matéria seca de aveia + azevém em torno de 1.000 kg de MS ha⁻¹ durante todo o período de pastejo. Além disso, as avaliações foram efetuadas quatro meses após o término do pastejo (pendoamento do milho) corroborando os resultados encontrados por Moraes & Lustosa (1997) que, na fase de enchimento de grãos de milho, também não verificaram efeitos negativos do pisoteio sobre a densidade do solo, demonstrando a capacidade de recuperação do solo durante o ciclo da lavoura de verão.

Avaliando a camada de 0-10 cm, em um solo franco siltoso do Rio Grande do Sul, Boeni et al. (1995) também não encontraram efeito do pisoteio animal, em pastejo contínuo de junho a outubro sobre pastagem de aveia + azevém, no sentido de alterar o estado de compactação do solo comparando com uma situação anterior ao pastejo.

Salton et al. (2002) confirmam a necessidade de se integrar produção de grãos com produção de forragens e que é bastante usual o cultivo de espécies para pastejo direto por bovinos na entressafra, porém ressaltam que o pisoteio dos animais pode causar alterações em atributos físicos do solo. Trabalhando com pastejo rotacionado entre junho a agosto e utilizando um lote de 15 novilhos com peso médio de 250 kg, esses autores encontraram elevação na densidade do solo, na camada de 0-5 cm, em cerca de 60% da área de aveia, num Latossolo Vermelho distroférico típico, muito argiloso.

Dessa forma, percebe-se que, além da intensidade de pastejo, variações na textura do solo podem promover resultados diferenciados do pisoteio animal, fato que já havia sido destacado por Correa & Reichardt (1995) ao observarem que solos argilosos com muita umidade tornam-se plásticos e, com a compressão causada pelo pisoteio dos animais, aumentam sua densidade. Da mesma forma, Tanner & Mamaril (1959) avaliando, em diferentes solos,

alguns atributos físicos em áreas pastejadas e não pastejadas, não observaram efeitos do pastejo apenas no solo contendo 100 g kg^{-1} de argila.

Assim, sistemas integrados apresentam, de um lado, o animal e sua possível ação compactadora e, de outro lado, a ação regeneradora da própria pastagem no sentido de reverter o processo de compactação. A resultante desse conjunto de forças vai depender das práticas de manejo adotadas no ecossistema solo-planta-animal. Práticas, como a calagem e a adubação, que visam garantir uma boa condição nutricional para as plantas, associadas a um correto ajuste da lotação e do método de pastejo, são fundamentais para garantir a produtividade do sistema.

Os resultados apresentados nessa revisão indicam que a compactação pelo pisoteio, de forma geral, é superficial e reversível, seja pela própria pastagem, seja pela cultura em sucessão e fortemente influenciada pela textura do solo. Além disto, a compactação está diretamente associada à lotação empregada, que define o nível de compactação, de forma direta pelo número de animais transitando por unidade de área, e de forma indireta por meio da quantidade de massa de forragem (resíduo) presente durante o pastejo e, posteriormente, durante o próximo plantio. Isso é particularmente importante quando a lavoura de verão for conduzida no sistema de semeadura direta, onde a cobertura do solo representa a questão-chave para o sucesso do sistema, pois sem palha é praticamente impossível estabelecer uma agricultura eficiente, com aumento de produtividade e redução de custos.

2.5. A calagem no sistema de semeadura direta

Um dos pontos que suscitaram grandes discussões, no sistema de semeadura direta, diz respeito à reaplicação de calcário após alguns anos de estabelecimento do sistema, pelo fato do mesmo não admitir uma mobilização do solo além da linha de semeadura. A aplicação superficial de calcário, sem incorporação, é antagônica com o que se conhecia sobre sua solubilidade, pois um produto muito pouco solúvel, como o calcário, teria suas reações maximizadas quanto maior fosse o seu contato com o solo, fato que não ocorre quando o calcário é mantido na superfície.

Entretanto, atualmente, a aplicação de calcário na superfície, sem incorporação ao solo, é considerada uma prática eficiente para a correção da acidez nas lavouras estabelecidas no sistema de semeadura direta. Vários trabalhos têm demonstrado o efeito significativo do calcário aplicado na superfície do solo em aumentar o pH, os teores de cálcio e magnésio e a saturação por bases e reduzir a acidez potencial na camada superficial do solo (Blevins et al., 1977; Blevins et al., 1983; Merten, 1988; Cassol, 1995; Amaral, 1998; Pöttker & Ben, 1998; Rheinheimer et al., 2000). Em relação à produtividade das culturas, somente tem sido observado efeitos positivos do calcário quando a saturação por alumínio for alta (>10%).

A resposta das pastagens à aplicação superficial de calcário é mais rápida do que das culturas de lavoura, pois a maior parte do sistema radicular encontra-se na superfície (0-5 cm). Os rendimentos acumulados de massa seca de uma mistura de forrageiras em quatro anos de cultivo foram semelhantes quando 4,5 t ha⁻¹ de calcário foram aplicadas superficialmente ou incorporadas na camada arável do solo (Macedo et al., 1979). No entanto, os efeitos do calcário aplicado em cobertura sobre as características químicas do solo, como pH, alumínio, cálcio e magnésio, foram mais acentuados na profundidade de 0-5 cm, indicando que sua percolação no perfil foi pequena.

Em campo nativo, Petreire & Anghinoni (2001) observaram que a aplicação de 6,0 t ha⁻¹ de calcário na superfície de um Latossolo Vermelho distrófico típico textura média, seguida de seu cultivo com plantas anuais por 42 meses, no sistema de semeadura direta, afetou o pH, alumínio, cálcio e magnésio trocáveis até a profundidade de 12,5-15,0 cm, 15,0-17,5 cm, 15,0-17,5 cm e 20,0-22,5 cm, respectivamente. O resultado surpreende, mesmo considerando que este experimento tenha iniciado a partir de um solo com alto teor de matéria orgânica, alta taxa de infiltração de água e grande número de macroporos. Outro resultado surpreendente foi encontrado por Oliveira & Pavan (1996), que observaram diminuições nos teores de alumínio trocável até a profundidade de 40 cm, 32 meses após a aplicação do calcário na superfície de um Latossolo Vermelho-Escuro de textura muito argilosa. Em outro Latossolo Vermelho-Escuro de textura média, Caires et al. (1999) encontraram aumento de pH e redução de alumínio trocável até a profundidade de 10 cm e em camadas mais profundas de solo (40-60 e 60-80 cm), 18 meses após a

aplicação do calcário; esse mesmo fato não se repetiu após 40 meses, mostrando efeitos pouco duradouros em subsuperfície.

Entre os fatores determinantes da possibilidade do calcário aplicado em superfície, no sistema de semeadura direta, atingir as camadas subsuperficiais, destacam-se: o tipo de solo (textura, estrutura e drenagem), o clima (precipitação e temperatura), o tempo de adoção do sistema (volume e continuidade dos macroporos, bioporos e consistência do solo), o sistema de rotação de culturas (quantidade e qualidade dos resíduos vegetais e matéria orgânica), o próprio calcário (dose e granulometria) e o manejo do solo (Amaral, 2002).

Independentemente de corrigir a acidez superficial ou subsuperficial, a aplicação superficial de calcário no sistema de semeadura direta tem sido eficiente em promover aumentos de rendimentos das culturas ou, no mínimo, manter os patamares de produtividade. Os mecanismos envolvidos na dinâmica do calcário sob semeadura direta, citados por Amaral (2002), foram: descida do calcário através dos bioporos do solo; transporte de cálcio e magnésio por ânions solúveis; transporte de cátions divalentes por ligantes orgânicos e neutralização da acidez do solo e amenização da toxidez de alumínio por resíduos vegetais. Dependendo da situação, esses mecanismos participam de forma diferenciada, porém, sempre simultaneamente, sendo muito difícil quantificá-los.

Aplicando diferentes doses de calcário em dois Latossolos do Planalto do RS sob semeadura direta, Pöttker et al. (1998) constataram que, num sistema envolvendo sete cultivos, estes responderam ao calcário já nas menores doses (1/8 e 1/16 SMP), proporcionando aumento de rendimento. Para soja, milho, trigo, aveia branca e cevada, a partir da aplicação de 1/4 ou 1/2 da dose indicada pelo método SMP para pH 6,0, praticamente não se observou incrementos no rendimento, concluindo-se, com isso, que a necessidade de calcário no sistema de semeadura direta é menor que a requerida no sistema convencional, devido à redução dos efeitos nocivos do Al pela formação de complexos orgânicos (Salet et al., 1996).

Após quatro semanas da aplicação de 13 Mg ha⁻¹ de calcário (PRNT 76%) na superfície de um Cambissolo Húmico argiloso, em colunas indeformadas e submetido a adição de água semanalmente em quantidade

equivalente a uma chuva de 35 mm, foram observados por Amaral (2002), aumentos nos valores de pH, cálcio e magnésio trocáveis e CTC efetiva e diminuição do teor de alumínio trocável, em relação à testemunha sem calcário, em todas as camadas amostradas, porém, com maior intensidade até 10 cm.

Esses resultados caracterizam a importância do mecanismo de transporte do calcário através da água da chuva, que se infiltra e percola no solo pelos bioporos (Amaral, 2002). No sistema de semeadura direta, os bioporos (canais ou galerias) surgem a partir da decomposição de raízes das culturas anteriores e da intensa atividade de insetos, minhocas e outros organismos da macro e mesofauna do solo, sendo fundamental a sua manutenção para facilitar a descida física do calcário e seus subprodutos até maiores profundidades.

Em sistemas integrados, o animal, ao promover o pisoteio e a desfolhação, pode afetar as características físicas do solo e diminuir a cobertura vegetal, restringindo o efeito corretivo do calcário aplicado superficialmente. De outra parte, a atividade de minhocas, besouros, termitas e microrganismos dentro das placas de fezes oriundas das dejeções animais é aumentada, auxiliando na decomposição e incorporação dos nutrientes, inclusive do calcário.

2.6. A calagem em sistemas de integração lavoura-pecuária

Aplicações de corretivos e fertilizantes têm aumentado a produção de pastagens nativas. Quando se introduz pastagens cultivadas ou melhoradas, que exigem condições de alta fertilidade, a correção da acidez e da fertilidade são condições imprescindíveis para o desenvolvimento dessas plantas, uma vez que as mesmas têm potencial para alta produção de forragem.

Além disso, o Rio Grande do Sul apresenta uma área de, aproximadamente, 10,5 milhões de hectares sob pastagem natural, uma parte da qual pode potencialmente ser incorporada ao processo produtivo de grãos, quer na forma de lavouras permanentes ou através da integração lavoura-pecuária. Nessas áreas, normalmente ácidas, a aplicação de calcário na superfície do solo tem se mostrado um método viável para uso no sistema de semeadura direta (Pöttker & Ben, 1997).

O método de aplicação de calcário na superfície também tem sido eficiente em relação ao cultivo de forrageiras. Estudando uma mistura de leguminosas com gramíneas, em solo franco-arenoso com pH inicial de 5,6, Koch & Estes (1986) relataram que as produções das leguminosas e do total de forragem, no ano de seu estabelecimento, foram maiores com calcário incorporado em comparação ao calcário aplicado na superfície do solo. Nos anos seguintes, no entanto, as produções anuais e a produção total de seis anos, no tratamento que recebeu $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, não diferiram entre os métodos de aplicação.

Um dos grandes efeitos da pastagem é o de incrementar o conteúdo de matéria orgânica na superfície do solo. A taxa de acúmulo de matéria orgânica e o tempo para se alcançar a estabilidade, caracterizado pelo balanço entre adição de matéria orgânica e mineralização e/ou perdas, varia consideravelmente com o nível inicial de matéria orgânica do solo, o tipo de solo, o clima e o manejo (Whitehead, 1970).

Em áreas sob pastejo existe uma tendência de redução de pH com o tempo (Russell, 1960; Williams, 1980), em taxas que variam conforme o solo e manejo adotados. O incremento no conteúdo de matéria orgânica do solo resulta em aumento da sua capacidade de troca catiônica, favorecendo a presença de H^+ no complexo de troca (Williams, 1980). A excreção de H^+ da rizosfera das pastagens devido à absorção de cátions, associada à nitrificação de amônio das placas de urina e subsequente lixiviação de nitrato (Helyar, 1976), contribuem para uma maior acidificação do solo. A aplicação de calcário tem sido recomendada em intervalos de 2-4 anos, em pastagens cultivadas na Nova Zelândia, para manter o pH em níveis adequados ao crescimento das pastagens (During, 1984), fundamentalmente devido a alta participação de leguminosas nessas pastagens.

Quando o sistema inclui a presença do animal como parte integrante, os excrementos (urina e fezes) depositados sobre o solo deverão contribuir para manter ou aumentar o teor original de carbono, atuando positivamente sobre os atributos do solo que afetam sua qualidade.

No que diz respeito à dinâmica da correção da acidez a partir da superfície do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária, os excrementos, principalmente as fezes, podem contribuir de duas maneiras: a)

através do aumento da atividade da macro e mesofauna, responsáveis pela abertura de um grande número de galerias no solo (Edwards et al., 1988) e, por consequência, pelo deslocamento vertical de partículas de calcário; e b) através da mobilidade “orgânica” dos produtos originados da dissociação do calcário (Miyazawa et al., 1993; Franchini et al., 1999; Franchini et al., 2000; Miyazawa et al., 2000), uma vez que, semelhantemente aos resíduos vegetais, espera-se que os resíduos animais também contribuam com compostos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular que venham a atuar como ligantes orgânicos, favorecendo aumentos de cálcio e magnésio e redução de alumínio em profundidade.

No entanto, quando os níveis de biomassa sobre o solo forem muito baixos, os efeitos do pisoteio animal serão maximizados. Neste caso, a taxa de infiltração de água passa a ser muito baixa (Humpheys, 1994; Bertol et al., 1998) e, devido à redução no tamanho do espaço poroso do solo, ocorre uma baixa concentração de oxigênio disponível para as raízes, que se tornam superficiais, diminuindo assim o volume de exploração do solo por água e nutrientes (Blaser, 1966).

Portanto, diferenças na dinâmica do calcário aplicado superficialmente sobre o solo, quando este for submetido a altas ou baixas pressões de pastejo, podem ocorrer. No entanto, poucos são os estudos que exploram o tema calagem num ecossistema envolvendo o solo, a planta e o animal.

2.7. Definição do problema

O sistema de semeadura direta tem, geralmente, sido estabelecido sobre uma lavoura anteriormente cultivada no sistema convencional, com freqüentes problemas de compactação e erosão hídrica, ou sobre o campo nativo, com características próximas às condições naturais. É possível que a dinâmica do calcário aplicado superficialmente, quando assim necessário, apresente diferenças em ambas as situações.

Nesses dois casos, subentende-se a utilização da área apenas com culturas anuais para produção de massa e/ou grão. No entanto, um outro sistema está sendo estudado neste trabalho, que consiste na utilização da cultura de inverno com a finalidade de pastejo direto por bovinos, alternada

com a cultura de verão, ambas cultivadas no sistema de semeadura direta. Portanto, além do solo e da planta, inerentes aos sistemas antes apresentados, um terceiro componente passa a fazer parte do meio, o animal.

Do ponto de vista da dinâmica do calcário aplicado superficialmente, o animal pode apresentar diferentes efeitos. Seu efeito negativo pode decorrer da utilização de uma carga excessivamente alta que promova uma intensa desfolhação e pisoteio. Isto implica numa pastagem com baixo índice de área foliar e menor produção total de forragem, causando prejuízos para o estabelecimento do sistema de semeadura direta da cultura de verão, além de promover uma compactação superficial do solo que poderá dificultar a movimentação do calcário.

Por outro lado, os animais contribuem com excrementos, principalmente fezes, as quais, de forma semelhante aos resíduos vegetais, liberam ácidos orgânicos de baixo peso molecular que, ao se ligarem ao cálcio e magnésio provenientes da dissociação do calcário, aumentam a sua mobilidade no perfil, além de formarem um complexo com o alumínio, neutralizando sua toxidez.

O animal pode interferir na dinâmica do calcário de duas maneiras e que estão relacionadas com os efeitos descritos acima: a) dificultando o deslocamento vertical de partículas finas de calcário, devido ao entupimento de poros; e b) favorecendo a mobilidade “orgânica” dos produtos originados da dissociação do calcário.

Os possíveis efeitos negativos ou positivos dependerão do manejo empregado na pastagem, através da carga animal adotada. É preciso encontrar uma situação que não dificulte a descida física de partículas finas de calcário e, ao mesmo tempo, contribua de alguma forma com excrementos que favoreçam a liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular que, ao se ligarem ao cálcio e magnésio, possam percolar no perfil do solo.

Encontrar a conjugação ideal não é tarefa fácil, pois, possivelmente, os máximos ganhos por animal e por área ocorram em níveis distintos de biomassa, os quais, além disso, podem não ser os mesmos para determinar a máxima descida de calcário e o máximo rendimento de grãos da cultura de verão. Discutir essas questões constitui-se no desafio deste trabalho.

2.8. Hipóteses do estudo

Esse trabalho está centrado em duas grandes temáticas envolvendo biomassa de forragem ao longo do período de pastejo e dinâmica do calcário aplicado superficialmente após o pastejo.

Em relação ao nível ótimo de biomassa que deve permanecer sobre o solo após a retirada dos animais do pasto, sabe-se que não deve ser o mesmo para a lavoura e para a pecuária, pois para o estabelecimento do sistema de semeadura direta exige-se uma alta quantidade de biomassa, ao passo que para a produção pecuária, quanto maior a biomassa menor a eficiência de pastejo.

Em relação à dinâmica do calcário aplicado superficialmente em sistemas integrados, sabe-se que os principais efeitos do pastejo animal são a desfolhação e o pisoteio, agindo diretamente sobre a cobertura vegetal e sobre as propriedades físicas do solo, como a porosidade e a densidade, que aumentam a resistência do solo e diminuem a taxa de infiltração de água, restringindo o efeito corretivo do calcário aplicado superficialmente. Além disso, porém, o pastejo animal contribui, além dos resíduos vegetais, com excrementos, principalmente as fezes, as quais favorecem a atividade de minhocas, besouros, termitas e microrganismos, permitindo a formação de canais e galerias no solo, além de liberarem, durante o processo de decomposição, ácidos orgânicos de baixo peso molecular.

Dentro desse contexto, estabeleceram-se as duas hipóteses de estudo:

1. A presença do animal, em cargas adequadas, não afeta a massa de forragem e não compromete o rendimento de soja cultivada na seqüência.
2. A dinâmica do calcário aplicado superficialmente após pastejo é dependente da altura de manejo da pastagem. Assim, quanto menor a altura ou maior a carga animal aplicada, maior o risco de compactação do solo e, conseqüentemente, menor o efeito em profundidade do calcário aplicado na superfície.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é o resultado de um esforço conjunto dos Departamentos de Solos e de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em área pertencente a Cabanha Cerro Coroado, para o desenvolvimento de uma pesquisa multidisciplinar envolvendo o setor produtivo.

3.1. Localização do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda do Espinilho, de propriedade da Cabanha Cerro Coroado, no município de São Miguel das Missões, região fisiográfica do Planalto Médio - RS. A área experimental faz divisa com os municípios de Tupanciretã e Jóia.

3.2. Clima

Não se tem informações precisas sobre o clima da área experimental, pois a estação meteorológica mais próxima fica localizada no município de Júlio de Castilhos, distante, aproximadamente, 100 km da área experimental. No Apêndice 1, estão contidos os valores de precipitação ocorridos durante os dois anos de realização do experimento. Esses dados foram obtidos por pluviômetro de campo, localizado próximo à sede da Fazenda, portanto, não são informações precisas, servindo apenas para se ter uma idéia de que o volume de chuvas na região é bastante elevado, tendo sido constatado uma pequena restrição hídrica nos meses de dezembro de 2001 e de janeiro e fevereiro de 2002, durante o ciclo de desenvolvimento da soja (safra 2001/2002).

3.3. Solo e histórico da área

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, desenvolvido a partir de rochas eruptivas básicas, sendo profundo, bem drenado, com coloração vermelho-escura e textura muito argilosa ($> 600 \text{ g kg}^{-1}$ de argila). O relevo é ondulado a suavemente ondulado. A área experimental vem sendo trabalhada há dez anos no sistema de semeadura direta, usando-se aveia no inverno para produção de sementes, e a cultura da soja, no verão. No inverno de 2000, pela primeira vez, esta área foi utilizada com pastejo animal durante três semanas, no mês de julho, retirando-se os animais na seqüência para permitir a rebrota da pastagem e nova produção de sementes.

Em novembro de 2000, fez-se uma amostragem de solo, com vistas à caracterização química e física da área experimental. Os dados da análise química em profundidade encontram-se na Tabela 1, ao passo que os dados da análise física serão apresentados no próximo capítulo, Resultados e Discussão.

TABELA 1. Características químicas do solo da área experimental, em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento. Fazenda do Espinilho, novembro/2000

Prof.	pH	Índ. SMP	MO ¹	Ca ²	Mg ²	Al ²	H+Al	P ³	K ³	V ⁴	m ⁵
cm	H ₂ O		g dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³	-----		mg dm ⁻³		---- % ----	
0-5	4,9	5,2	42,2	6,20	1,26	0,30	8,68	13,39	240	48	4,3
5-10	4,6	5,1	34,8	4,80	1,78	0,59	9,72	9,76	119	41	9,0
10-15	4,6	5,1	25,5	4,10	2,15	0,72	9,72	5,18	88	40	10,8
15-20	4,6	5,0	25,5	4,00	1,10	1,01	10,13	3,70	55	34	16,9

¹ Matéria orgânica; ² Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (KCl 1M); ³ Fósforo e potássio disponíveis (Mehlich-1); ⁴ Saturação por bases; ⁵ Saturação por alumínio.

3.4. Área experimental

As unidades experimentais foram constituídas por 12 poteiros (parcelas), com área variando de 1 a 3 hectares, aproximadamente, totalizando cerca de 23 hectares de área experimental total (Figura 2). As parcelas foram separadas umas das outras por meio de cerca elétrica de dois fios. Um corredor lateral era utilizado para conduzir os animais, sempre que necessário. Também, utilizando-se cerca elétrica, isolou-se uma pequena área, contígua ao experimento, que não recebeu pastejo, constituindo-se na área testemunha. Em todas as parcelas foram fornecidos água e sal mineral.

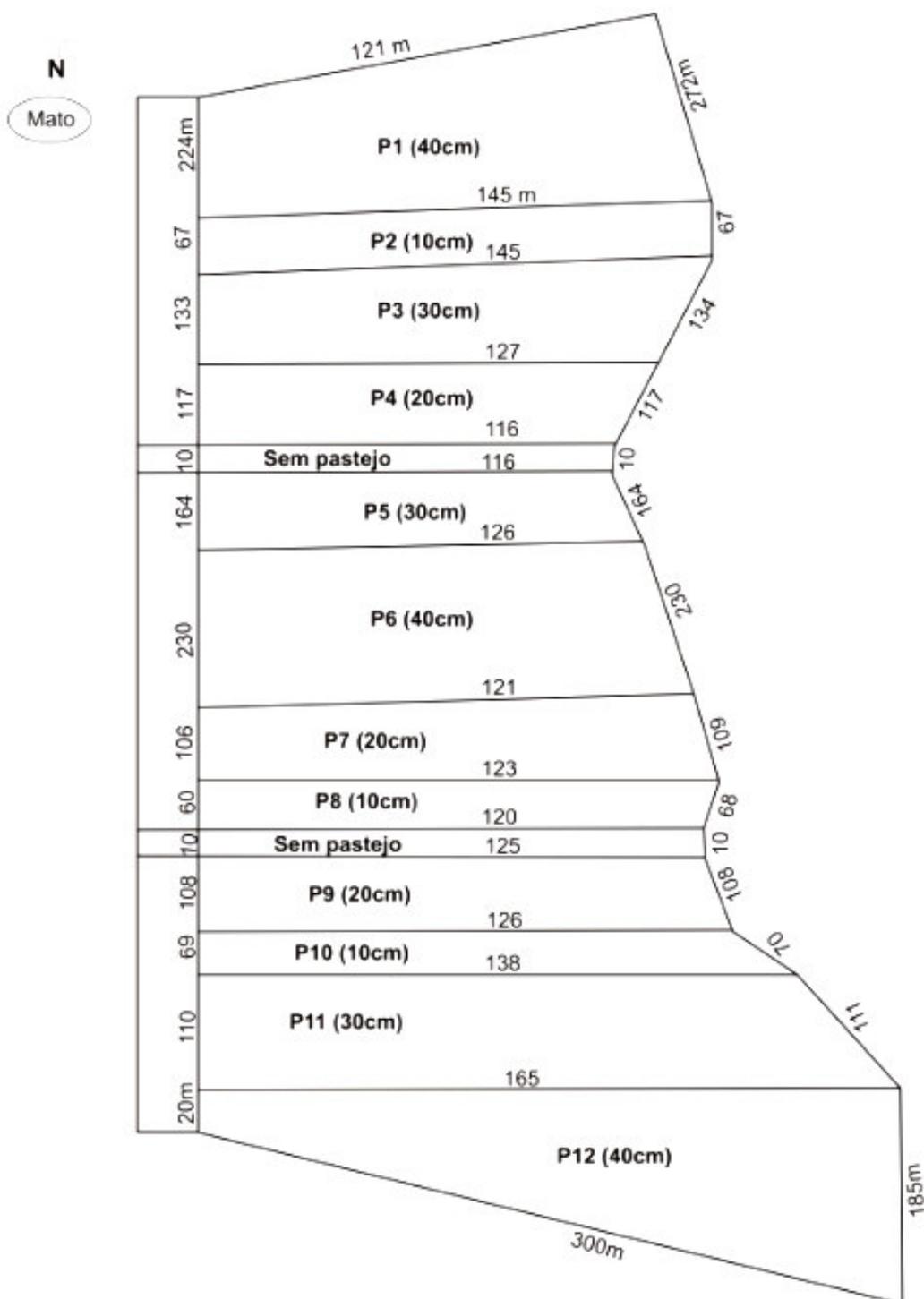


FIGURA 2. Croqui da área experimental. Fazenda do Espinilho, São Miguel das Missões – RS.

3.5. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram de quatro diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém, 10, 20, 30 e 40 cm (Figura 3), obtidas através da aplicação de diferentes cargas animais, sobre áreas aproximadas de 1, 1,5, 2 e 3 hectares, respectivamente, a qual teve por objetivo reduzir o número de animais a serem utilizados.

Os tratamentos foram dispostos num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 12 unidades experimentais. O experimento teve início em maio de 2001 e término em novembro de 2002, totalizando dois ciclos de pastejo (aveia + azevém) e um ciclo de lavoura de verão (soja). A aplicação dos tratamentos, portanto, foi feita apenas no período de inverno.

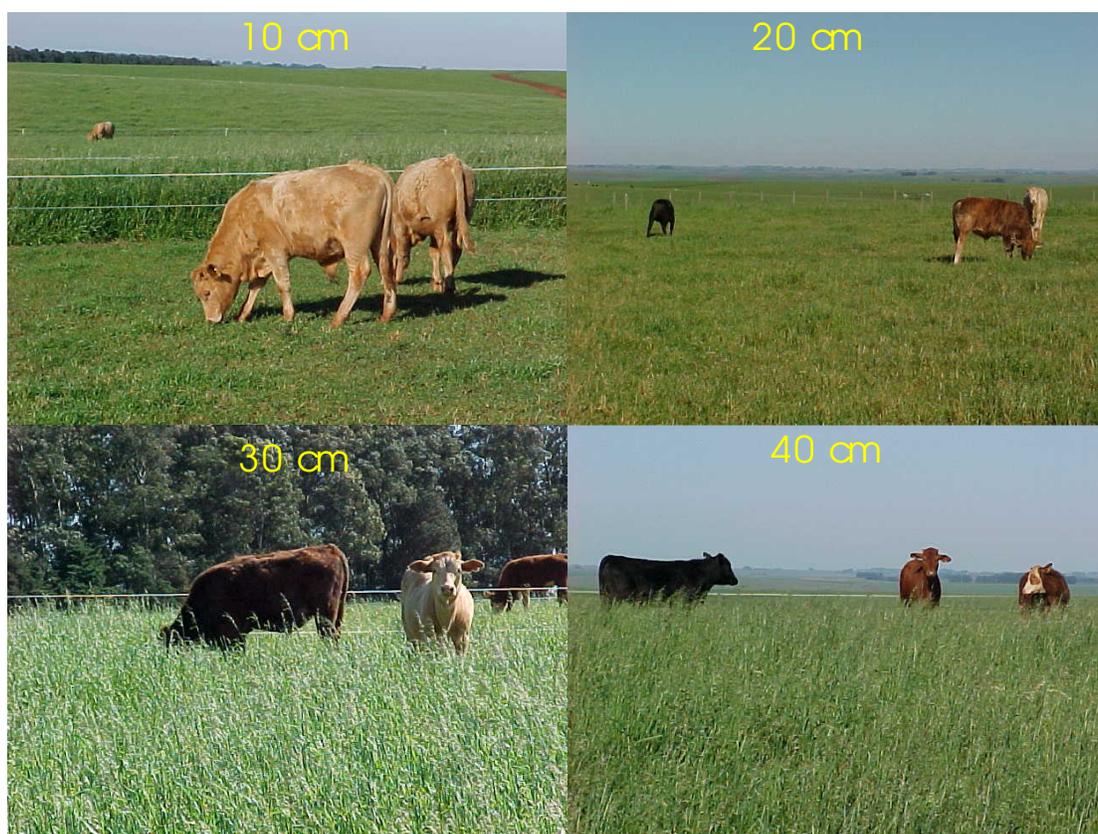


FIGURA 3. As alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém (10, 20, 30 e 40 cm) submetida a pastejo por bovinos.

3.6. Animais experimentais e método de pastejo

Foram utilizados animais jovens, de aproximadamente 8-9 meses, machos sem padrão racial, provenientes da própria Fazenda do Espinilho. O peso médio inicial dos animais, nos invernos de 2001 e de 2002, foi de 222 e 187 kg, respectivamente. No dia imediatamente anterior ao início do pastejo, em ambos os períodos, os animais foram pesados após jejum prévio de 15 horas, vermifugados com aplicação de Ivermectina na dosagem de 5 mL/animal e identificados com brincos.

O método de pastejo empregado foi o contínuo utilizando-se três animais *testers* por unidade experimental e um número variável de animais reguladores, que eram utilizados sempre que havia necessidade de ajustar as alturas pretendidas. Ao todo, participaram do experimento, em cada ano, cerca de 60 animais.

3.7. Condução do experimento

Após a colheita da soja (safra 2000/2001), procedeu-se a implantação da pastagem hibernal, em 18/05/2001. Esta constituiu-se de uma mistura de aveia preta (*Avena strigosa*) na quantidade de 100 kg de sementes ha⁻¹ e de azevém (*Lolium multiflorum*), obtido por ressemeadura natural, pois havia sido implantado em anos anteriores. Não se procedeu nenhum tipo de adubação de base, apenas aproveitando-se o residual da adubação fornecida para a soja na safra anterior. Uma adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no dia 29/08/2001, utilizando-se 45 kg de N ha⁻¹ e uréia como fonte.

A entrada dos animais nas diferentes unidades experimentais, no primeiro período de pastejo, ocorreu no dia 24/07/2001, quando a pastagem apresentava uma altura média de 25 cm e um acúmulo de 1.707 kg ha⁻¹ de matéria seca. Os mesmos permaneceram na área até o dia 05/11/2001, totalizando 104 dias de pastejo e de aplicação dos tratamentos.

Aproximadamente 10 dias após o término do pastejo, a pastagem de aveia + azevém foi dessecada, aplicando-se uma solução contendo 2,5 L ha⁻¹ do herbicida Glifosate.

No dia 08/12/2001 fez-se a aplicação de 4,5 Mg ha⁻¹ de calcário comercial (Tabela 2), com PRNT 62%, correspondendo a 2,8 Mg ha⁻¹ (PRNT

100%), em toda a área experimental, utilizando-se um caminhão esparramador. A área testemunha (sem pastejo) foi dividida, sendo que uma parte recebeu a mesma quantidade de calcário do restante do experimento e a outra parte não recebeu calcário.

TABELA 2. Resultados da análise do calcário utilizado na área experimental

Análise granulométrica				ER ¹	VN ²	PRNT ³	CaO	MgO
>2 mm	2,0-0,84 mm	0,84-0,3 mm	<0,3 mm					
%								
3,28	15,33	43,01	38,38	67	93	62	30	19

¹ Eficiência relativa; ² Valor de neutralização; ³ Poder relativo de neutralização total.

No dia 10/12/2001 procedeu-se a semeadura da soja, variedade Iguaçu, de ciclo precoce e de crescimento indeterminado. As sementes foram inoculadas com Seltec, um inoculante líquido, utilizando-se uma dose por saca de 60 kg de soja. Foram utilizadas 14 sementes por metro linear, num espaçamento de 45 cm entre linhas. Nesse momento, fez-se uma adubação de base, utilizando-se 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples.

A cultura da soja foi implantada no sistema de semeadura direta utilizando-se uma semeadora-adubadora PSM HY-TECH 8000 SFIL, com oito linhas e 2.800 kg de peso. A mesma apresenta um disco liso de corte da palha (17"), um sulcador de adubo do tipo facão e um sulcador de sementes do tipo discos duplos desencontrados. A velocidade de semeadura foi de 5,5 km h⁻¹. É importante antecipar, neste momento, que no tratamento de menor altura da pastagem (10 cm) e, por conseguinte, de maior carga animal, o sulcador de adubo teve dificuldades para penetrar no solo, atuando até 7 cm de profundidade, ao passo que, nos demais tratamentos, a profundidade de atuação do sulcador foi de 13 cm.

O controle de invasoras, pragas e doenças foi realizado em três momentos distintos, utilizando-se os seguintes produtos e doses: 1) Aos 25 dias pós-plantio: 1 L Pivot ha⁻¹; 2) aos 45 dias pós-plantio: uma mistura de 250 mL de Select ha⁻¹ (herbicida) + 250 mL de Derosal ha⁻¹ (fungicida) + 16 g de Dimilin ha⁻¹ (inseticida) e 3) na floração e início da formação de vagem: 200 mL de Derosal ha⁻¹ + 100 g de Palisade ha⁻¹ (fungicidas) + 20 g de Dimilin ha⁻¹.

A colheita da soja ocorreu no dia 06/05/2002, totalizando 147 dias de ciclo.

O segundo período de pastejo teve início no dia 13/05/2002 com a implantação de 100 kg de aveia preta ha^{-1} e 25 kg de azevém ha^{-1} , no sistema de semeadura direta. A adubação de base foi de 300 kg de superfosfato simples ha^{-1} e, 39 dias após a semeadura (21/06/2002), fez-se uma adubação nitrogenada de cobertura aplicando-se 45 kg de N ha^{-1} na forma de uréia.

Os poteiros (parcelas) foram novamente separados por cerca elétrica, isolando-se uma área a fim de não se permitir o pastejo. A área experimental e os tratamentos foram reaplicados da mesma forma e nos mesmos locais do pastejo anterior (Figura 2). O início do pastejo ocorreu no dia 16/07/2002 após pesagem, vermifugação e identificação dos animais. Nesse momento, a pastagem de aveia + azevém apresentava uma altura média de 20 cm e um acúmulo de matéria seca de 1.471 kg ha^{-1} . O período de pastejo estendeu-se até o dia 13/11/2002, totalizando 120 dias.

3.8. Avaliações efetuadas

3.8.1. Na pastagem

3.8.1.1. Altura da pastagem

Manejar a pastagem sob diferentes alturas foi a premissa básica desse experimento, conforme pode ser visualizado no modelo conceitual da Figura 1. Essa altura foi estimada a partir da superfície do solo até a superfície das lâminas foliares verdes (Hodgson, 1990), utilizando-se um bastão graduado conhecido como “sward stick”, cujo marcador corre por uma “régua” até tocar no topo da superfície da pastagem, no toque da primeira folha, quando, então, faz-se a leitura da altura, em cm (Barthram, 1985).

O controle da altura da pastagem foi feito em intervalos de 20 dias, aproximadamente, totalizando sete avaliações durante o primeiro período de pastejo e seis avaliações no segundo período de pastejo. Em ambos os períodos, procedeu-se a leitura da altura em 100 pontos dentro de cada unidade experimental, em caminhamento aleatório, a fim de se definir a altura média da pastagem.

3.8.1.2. Massa de forragem

A amostragem para determinação da massa de forragem foi realizada, de forma aleatória, em quatro pontos por parcela, utilizando-se um quadrado nas dimensões de 0,50 x 0,50 m, totalizando 0,25 m². A pastagem era cortada rente ao solo usando tesoura de esquilar, embalada em sacos de papel e levada a estufa a uma temperatura de 65° C, para determinação da matéria seca, a qual foi transformada em kg de MS ha⁻¹. Foram feitas cinco avaliações nos anos de 2001 (23/07, 09/08, 12/09, 11/10 e 06/11/2001) e 2002 (13/07, 08/08, 28/08, 12/10 e 20/11/2002). Na última avaliação, em ambos os anos, além da massa seca de aveia + azevém, também foi coletado e quantificado o resíduo presente na superfície do solo, que era formado, fundamentalmente, pelo mantilho de aveia e pela soja da safra anterior.

3.8.1.3. Taxa de acúmulo diária e produção total de matéria seca

A estimativa da taxa de acúmulo diária de matéria seca da pastagem foi avaliada a cada período de 30 dias, aproximadamente, com uso de três gaiolas de exclusão por potreiro, empregando o método do triplo emparelhamento (Moraes et al., 1990). Neste método, na alocação de novas áreas, por ocasião de uma avaliação, antes de proceder o corte da área fora da gaiola alocada na avaliação anterior, procura-se duas áreas semelhantes àquela e entre si. Desta forma, faz-se o emparelhamento entre a área fora da gaiola, da gaiola e mais uma área que fica demarcada, servindo de ponto de amarração para a próxima alocação de gaiola.

Para o cálculo da taxa de acúmulo de matéria seca (MS) utilizou-se a equação descrita por Campbell (1966):

$$T_j = G_i - F (i - 1)/n \quad (1)$$

onde:

T_j = taxa de acúmulo diária de MS ha⁻¹, no período j;

G_i = matéria seca ha⁻¹ dentro das gaiolas na avaliação i;

F = matéria seca ha⁻¹ fora das gaiolas na avaliação i - 1;

n = número de dias do período j.

A produção total de matéria seca foi calculada pelo somatório das produções dos períodos (taxa de acúmulo diária x número de dias do período) somada à massa de forragem no início do pastejo.

3.8.1.4. Oferta de forragem total

A estimativa da oferta de forragem foi obtida pela razão entre a produção total de matéria seca de forragem e a carga animal média do período de pastejo, nos dois anos de avaliações.

3.8.1.5. Eficiência de utilização da pastagem

A eficiência de utilização da pastagem foi obtida através da razão entre a produção total de matéria seca (kg de MS ha⁻¹) e a produção de peso vivo por área (kg de PV ha⁻¹).

3.8.1.6. Composição estrutural da pastagem

No período de pastejo de 2001, aos 36 (29/08/2001) e aos 79 dias (11/10/2001) após o início do pastejo, no mesmo material coletado para determinação da massa de forragem, fez-se a quantificação dos componentes da pastagem através de separação manual de lâmina foliar e de colmo de aveia e de lâmina foliar e de colmo de azevém, além do material senescente. O mesmo procedimento foi repetido no período de pastejo de 2002, porém, apenas em uma data de avaliação, aos 43 dias (28/08/2002) após o início do pastejo. Os componentes da pastagem obtidos através da separação manual foram acondicionados em sacos de papel, identificados e levados a estufa com circulação de ar forçada à temperatura de 65° C, até atingirem peso constante, quando, então, determinou-se a quantidade de matéria seca de cada componente.

3.8.2. Nos animais

3.8.2.1. Carga animal, ganho médio diário e ganho por área

Para avaliar a produção animal foram feitas quatro pesagens, tanto no ciclo experimental de inverno de 2001 como no de 2002. Nas duas pesagens intermediárias os animais foram retirados da pastagem e pesados, imediatamente, sem prévio jejum. Portanto, estas pesagens serviram apenas para controle do desempenho dos animais. O ganho de peso médio diário (GMD) dos *testers* foi obtido pela diferença entre a última e a primeira pesagem, dividido pelo número de dias de pastejo, uma vez que nas pesagens inicial e final os animais sofreram um jejum prévio, de sólidos e líquidos, de 15 horas, aproximadamente.

A carga animal média do período de pastejo, expressa em kg de peso vivo $ha^{-1} dia^{-1}$ foi calculada, para cada unidade experimental, pela adição do peso médio dos animais *testers* (Pt), com o peso médio de cada animal regulador (Pr), multiplicado pelo número de dias que este permaneceu na pastagem (D), dividido pelo número total de dias de pastejo (NTDP), conforme a fórmula:

$$\text{Carga animal} = Pt + \frac{(Pr_1 \times D_1)}{NTDP} + \frac{(Pr_2 \times D_2)}{NTDP} + \frac{(Pr_n \times D_n)}{NTDP} \quad (2)$$

O número de animais x dia ha^{-1} estimado, foi calculado da seguinte forma:

$$\text{N}^\circ \text{ de animais x dia/potreiro} = \sum (n^\circ \text{ de animais no d1} + n^\circ \text{ de animais no d2} + \dots + n^\circ \text{ de animais no dn})$$

onde:

D = Número do dia (1,2, 3, 4, 5, ..., 104, ..., 120)

$$\text{N}^\circ \text{ de animais x dia } ha^{-1} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de animais x dia/potreiro}}{\text{área}}$$

O ganho de peso total por hectare (kg de PV ha^{-1}) foi obtido multiplicando-se o número de animais x dia ha^{-1} pelo ganho médio diário dos *testers*.

3.8.3. Na soja

3.8.3.1. Nodulação

Quando a soja encontrava-se no pleno florescimento (12/03/2002), fez-se uma coleta de suas raízes para determinação da nodulação. De forma casualizada, foram coletadas 16 plantas (raízes) de soja por unidade experimental. Estas foram levadas ao laboratório quando, então, fez-se a catação manual dos nódulos, os quais foram posteriormente lavados e contados para determinação do número de nódulos por planta. Na seqüência, os nódulos foram secos em estufa à 65° C até peso constante, determinando-se a massa seca de nódulos.

3.8.3.2. População de plantas e rendimento de grãos

No final do ciclo da soja, em 10 pontos por unidade experimental, escolhidos ao acaso, coletou-se uma linha de 1 m de soja. Neste metro de soja, foi feita uma contagem da população de plantas, sendo o resultado expresso em número de plantas por metro linear e, em seguida, as plantas foram cortadas com foice rente ao solo e o material colhido foi embalado, debulhado manualmente, seco em estufa e, após a umidade ser corrigida a 13%, determinado o rendimento de grãos. Uma área contígua ao experimento foi isolada a fim de não se permitir o pastejo durante o ciclo da aveia + azevém. Nesta área, que recebeu aplicação de calcário como a área total, também determinou-se a população de plantas e o rendimento de grãos de soja, servindo como uma área testemunha (sem pastejo), a fim de comparar-se com a área pastejada.

3.8.4. No solo

3.8.4.1. Atributos físicos

Foram avaliadas a densidade, a macroporosidade, a microporosidade e a porosidade total do solo, nas profundidades de 0,0-2,5 cm, 2,5-5,0 cm e 5,0-10,0 cm. Coletou-se amostras de solo indeformadas, utilizando-se anéis de alumínio, em três pontos distribuídos ao acaso dentro de cada unidade experimental. Essas avaliações foram efetuadas em três momentos distintos ao

longo do ciclo experimental: antes do pastejo (novembro de 2000) para caracterizar a situação original do solo, imediatamente após o primeiro ciclo de pastejo (novembro de 2001) para verificar o efeito da aplicação de diferentes cargas animais sobre o solo e imediatamente após o ciclo da soja (maio de 2002) para verificar uma possível recuperação do solo pela cultura de verão. O processamento das amostras, em laboratório, seguiu metodologia descrita em Embrapa (1997).

Após o término do primeiro pastejo, nos dias 06 e 07/11/2001 e também nos dias 13 e 14/11/2001, determinou-se a taxa de infiltração de água no solo, utilizando-se o método dos cilindros concêntricos, conforme metodologia descrita por Cauduro & Dorfman (1986), em dois pontos dentro de cada unidade experimental.

3.8.4.2. Atributos químicos

A caracterização química do solo foi realizada em três momentos distintos ao longo do período experimental: imediatamente após o primeiro ciclo de pastejo e antecedendo a aplicação do calcário (novembro de 2001) e aos cinco (maio de 2002) e onze meses (novembro de 2002) após a aplicação do calcário. Em todas essas datas, coletaram-se oito subamostras dentro de cada unidade experimental, visando obter uma amostra composta. Os pontos foram escolhidos ao acaso, utilizando-se uma pá-de-corte, em nove diferentes profundidades: 0,0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-7,5; 7,5-10,0; 10,0-12,5; 12,5-15,0; 15,0-17,5; 17,5-20,0 e 20,0-25,0 cm. Nessas amostras, foram determinados o pH em H₂O, os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (KCl 1M), o fósforo e potássio disponíveis (Mehlich-1), seguindo metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Também determinou-se o Índice SMP com a finalidade de obter-se os valores de H + Al, através da equação $\log (H + Al) = 3,020 - 0,371 \text{ SMP}$ (Kaminski et al., 2002). De posse desses dados calculou-se a capacidade de troca de cátions efetiva e as saturações por bases e por alumínio.

3.9 Análises estatísticas

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste de Tukey ($P < 0,05$) para a comparação entre médias, considerando o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições.

Entretanto, em relação às características físicas e químicas do solo, a análise de variância incluiu uma restrição ao fator profundidade de amostragem. O modelo estatístico utilizado para esta análise foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \text{erro } a(i,j) + P_k + \text{erro } b(i,k) + AP_{jk} + \text{erro } c(i,j,k) \quad (3)$$

onde: B = blocos ($i = 1,2,3$); A = alturas de manejo da pastagem ($j = 1,2,3,4$, parâmetros físicos; $j = 1,2,3,4,5,6$, parâmetros químicos); P = profundidades de amostragem ($k = 1,2,3$, parâmetros físicos; $k = 1,2,3,4,5,6,7,8,9$, parâmetros químicos).

Análises de regressão também foram efetuadas para os dados relativos à produção da pastagem, desempenho animal e rendimento de grãos de soja, utilizando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_1 A_i + b_2 A_i^2 + \text{erro}(i,j) \quad (4)$$

onde: A = alturas de manejo da pastagem ($i = 1,2,3,4$); b_1 = coeficientes lineares de regressão da variável Y em função da altura da pastagem, b_2 = coeficientes quadráticos de regressão da variável Y em função da altura da pastagem.

3.10. Análise econômica do sistema de integração lavoura-pecuária

No cálculo do custo total da pecuária foram considerados:

- Operações para semeadura da pastagem e para aplicação de uréia: considerando um trator com potência entre 91-110 cv, uma semeadora de 19 linhas e um distribuidor de fertilizante pendular. No custo por hectare foi

incluído o custo de depreciação, seguro, juros, mão-de-obra, combustível, lubrificantes e manutenção dos implementos;

- Semente de aveia preta. A semente de azevém não foi considerada, pois o mesmo foi obtido de ressemeadura natural;
- Adubação de cobertura com uréia;
- Uma aplicação de vermífugo (Ivermectina) no início do experimento e sal grosso utilizado durante todo o período experimental.

No cálculo do custo total da soja foram considerados:

- Operações para aplicação de dessecante, de calcário, de sementeira, de pós emergentes e de colheita: considerando um trator com potência entre 91-110 cv, um pulverizador de 2.000 L, um distribuidor de calcário de 5.000 kg, uma sementeira de oito linhas, uma colhedora com cinco saca palha e uma plataforma de 16' Para o cálculo da Capacidade de Colheita Efetiva também considerou-se uma velocidade de colheita de 5,5 km h⁻¹ e um rendimento operacional de 75%. No custo por hectare foi incluído o custo de depreciação, seguro, juros, mão-de-obra, combustível, lubrificantes e manutenção dos implementos;
- Dessecação da pastagem utilizando Glifosate;
- Uso de calcário dolomítico;
- Inoculação da semente;
- Controle de pragas, doenças e ervas daninhas utilizando os herbicidas Pivot e Select, os fungicidas Derosal e Palisade e o inseticida Dimilin;
- Adubação de base com superfosfato simples.

Para obtenção dos preços dos adubos, defensivos e sementes consultou-se o site www.pr.gov.br/seab/deral com informações sobre o preço médio do mês de julho de 2003. O custo por hectare das operações envolvendo a mecanização agrícola foi obtido consultando-se a Revista Batavo, ano XIII - nº 120 - jun/jul de 2003, páginas 40-41, a qual é uma publicação bimestral das Cooperativas Arapoti, Batavo, Castrolanda.

Para o cálculo da receita bruta da pecuária e da soja utilizou-se o preço atual praticado no mercado, ou seja, R\$ 1,80 por kg de PV e R\$ 34,00 por saca de soja.

A margem bruta, já que não incluiu-se no custo total o custo da terra, foi obtida pela diferença entre a receita bruta e o custo total de ambas as atividades. A margem bruta do sistema de integração lavoura-pecuária foi o somatório da margem bruta da pecuária com a margem bruta da soja nas diferentes alturas de manejo da pastagem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. A altura da pastagem

A entrada dos animais na área experimental ocorreu quando a pastagem apresentava uma altura média de 25 e 20 cm nos pastejos de 2001 e 2002, respectivamente (Figuras 4a e 4b). Em 2001 houve dificuldades iniciais para manutenção dos animais nas suas respectivas unidades experimentais, devido a problemas de sua adaptação à cerca elétrica. Percebe-se, na primeira avaliação realizada 16 dias após o início do pastejo, que as alturas reais ainda estão muito distantes das alturas desejadas (Figura 4a). Superadas as dificuldades iniciais, as diferenças apareceram. Entretanto, as alturas de 10 e 20 cm se consolidaram apenas após 51 e 66 dias de pastejo, respectivamente. Nas maiores alturas, esses problemas não ocorreram, porém, após 80 dias de pastejo, aproximadamente, quando a pastagem de aveia entrou em senescência, foi muito difícil manter as alturas de 30 e 40 cm, havendo uma queda acentuada na altura das mesmas. Ao final do período, os tratamentos terminaram com 5, 8, 14 e 19 cm, muito abaixo do esperado. Na média dos 104 dias de pastejo, porém, as alturas obtidas foram de 12, 22, 28 e 34 cm, distinguindo-se significativamente ($P < 0,00023$) (Apêndice 2) e mostrando que, com exceção da maior altura, nas demais os valores obtidos ficaram muito próximos daqueles desejados.

No ano de 2002, a dinâmica da pastagem de aveia + azevém foi um pouco diferenciada (Figura 4b). Primeiramente, os animais entraram na área quando a altura média da pastagem era de 20 cm e observa-se que, já na primeira avaliação após o início do pastejo, houve diferenças nas alturas entre os tratamentos, com os valores reais estando muito próximos daqueles desejados, fato que perdurou até por volta dos 70 dias de uso da pastagem.

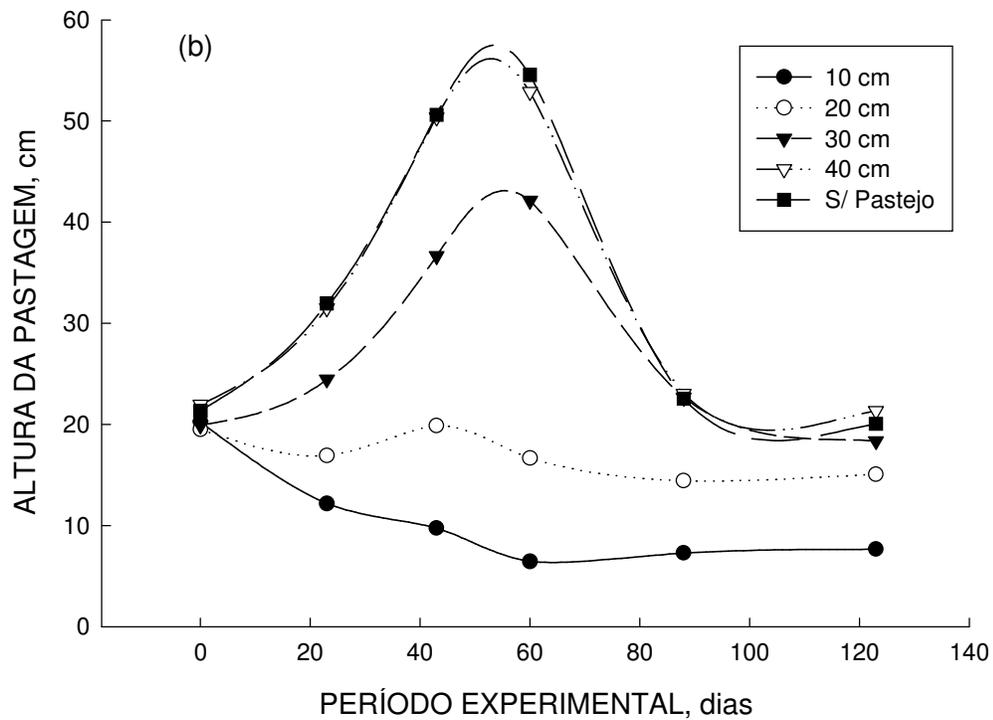
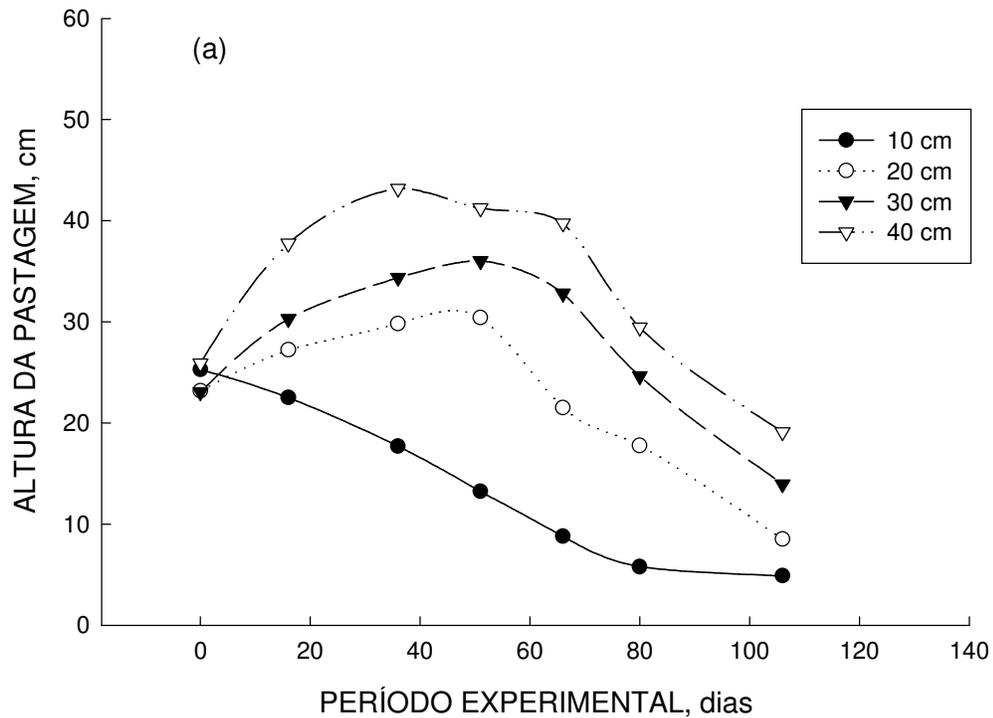


FIGURA 4. Dinâmica da altura da pastagem de aveia + azevém nos diferentes tratamentos, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

Uma segunda diferença do pastejo anterior é que, na maior altura, o valor chegou a ultrapassar os 50 cm num determinado momento. Esse maior crescimento da pastagem no ano de 2002 deve-se ao fato de que, já na implantação, esta recebeu uma adubação com 300 kg SFS ha⁻¹ e, além disso, a adubação nitrogenada de cobertura ocorreu antes da entrada dos animais, diferentemente do ano anterior. Um fato similar ocorrido nos dois anos de avaliações é que, por volta dos 70 dias de pastejo, a pastagem decresceu acentuadamente de altura, principalmente nos tratamentos de 30 e 40 cm, ratificando a dificuldade de manutenção dessas alturas ao longo de todo o período.

Uma observação incluída no ano de 2002 foi a medição de altura também na área não pastejada (S/ Pastejo). Em todo o período experimental ela se confundiu com a altura de 40 cm, demonstrando que a presença do animal, nessa condição de carga, não trouxe qualquer influência sobre a altura da pastagem. Numa observação visual, comparando-se a área sem pastejo daquela com altura de 40 cm, somente percebia-se a presença dos animais, nessa última, devido aos caminhos abertos pelos mesmos, não afetando a altura.

Essa observação é extremamente importante, pois indica que a dificuldade de manutenção de altura de 40 cm ao longo de todo o período de pastejo não foi devido a presença do animal, pois fato semelhante ocorreu na área não pastejada. Em determinado momento, porém, a altura média chegou à 60 cm, tanto na condição sem pastejo como na área pastejada à 40 cm, e o declínio ocorreu simultaneamente, independente do tratamento.

Devido à adubação diferenciada e também ao fato de se proceder a semeadura do azevém, além de sua ressemeadura natural, o ciclo de pastejo foi mais longo, totalizando 120 dias. Na média desse período as alturas reais foram de 9, 16, 27 e 33 cm para os quatro tratamentos, diferindo-se significativamente ($P < 0,00002$) (Apêndice 3) e de 32 cm para a área sem pastejo, a qual, novamente, não diferiu da condição de pastejo à 40 cm de altura, corroborando a informação de que, não pastejar no inverno ou pastejar à 40 cm de altura, não implica em qualquer modificação da altura da pastagem.

Em síntese, percebe-se diferenças marcantes nos dois anos de condução do experimento, principalmente no tocante a resposta da pastagem à

adubação e à duração do ciclo de pastejo, fato muito importante na determinação da produtividade do sistema, uma vez que, quanto maior o ciclo de pastejo, maiores as chances do animal deixar a pastagem em condições de abate. Num sistema integrado, essas diferenças devem ser consideradas, pois afetam a produção animal e a própria utilização da mão-de-obra da propriedade, já que a área fica menos tempo ociosa entre a saída dos animais e a implantação da lavoura de verão.

A relação entre a média da altura pretendida e a altura real é apresentada nas Figuras 5a e 5b.

Pela linha tracejada, percebe-se a dificuldade de manutenção das alturas nos tratamentos de 30 e 40 cm, pois quase todos os pontos estiveram abaixo das alturas pretendidas.

Entretanto, o alto coeficiente de determinação obtido nos dois períodos de pastejo, $r^2 = 0,93$ (2001) e $r^2 = 0,97$ (2002), observado nas regressões da Figura 5, indica a baixa variabilidade entre as repetições, fato extremamente importante, pois as diferenças obtidas devem ser devidas exclusivamente aos tratamentos aplicados.

Analisando-se, também, os Apêndices 2 e 3, percebe-se que as alturas reais estiveram muito próximas das alturas desejadas e, mesmo o tratamento com manejo à 40 cm de altura, apesar de estar mais distante do desejado, ainda assim foi superior e diferenciou-se dos demais.

De uma forma geral, toda e qualquer pastagem, mesmo aquela formada por um único gênero, é heterogênea, se não em espécies, mas em quantidade de massa de forragem. Ao se aumentar a altura de manejo da pastagem, aumentar-se-á, ainda mais, a sua heterogeneidade natural. Esse fator afeta a quantidade e a qualidade da forragem ingerida, contribuindo para a obtenção de diferentes níveis de produção animal para um mesmo valor de oferta de forragem (Carvalho, 1997).

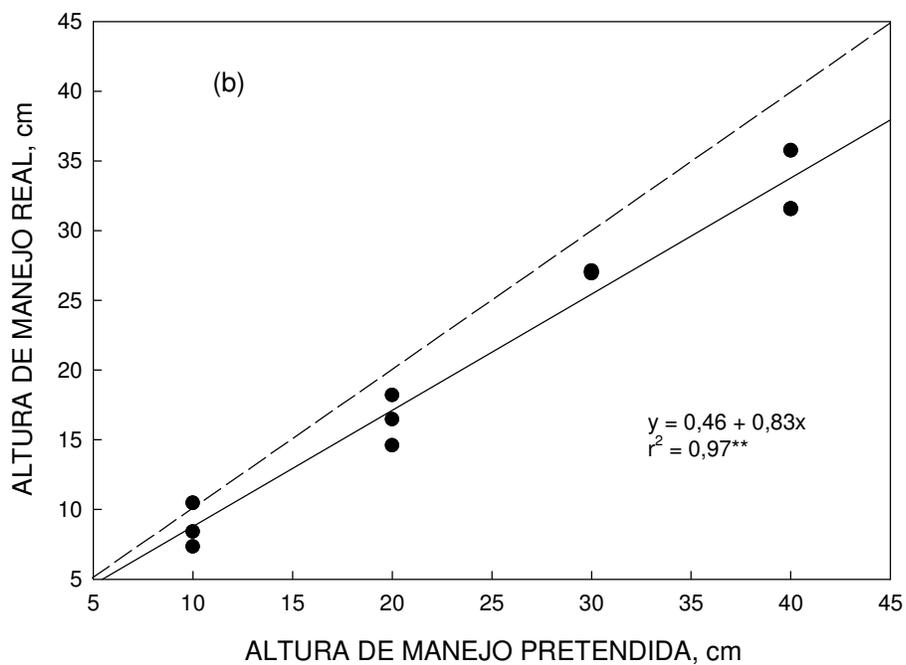
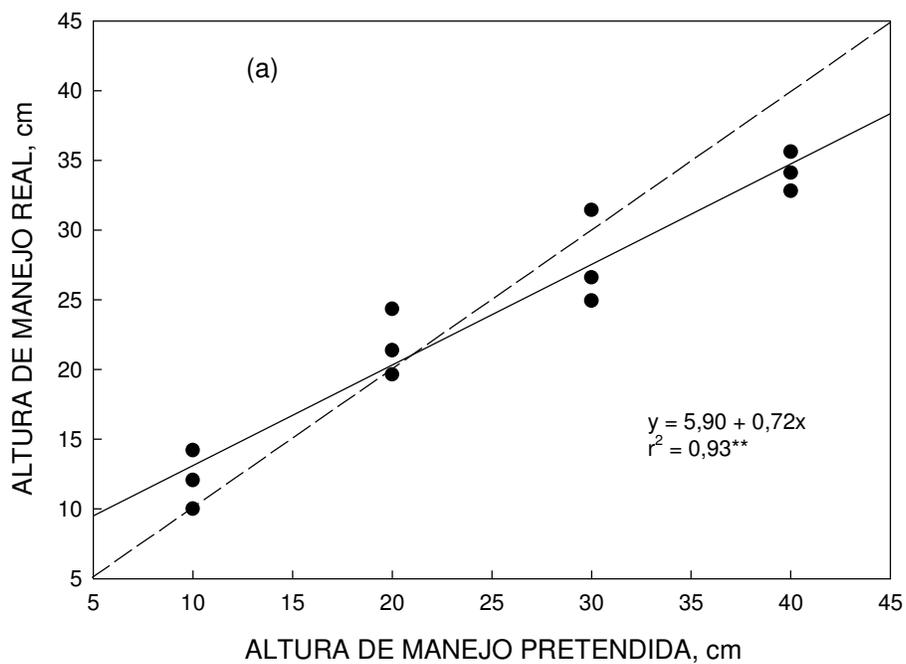


FIGURA 5. Relação entre a altura de manejo pretendida dos tratamentos e a altura de manejo real observada na pastagem de aveia + azevém ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

4.2. A altura de manejo da pastagem e a produção de forragem

De acordo com o modelo conceitual apresentado na Figura 1, espera-se que variações na altura de manejo da pastagem condicionem diferentes níveis de massa de forragem. Um aumento linear da massa de forragem com o aumento da altura de manejo da pastagem de aveia + azevém ocorreu nos dois anos de avaliação do experimento (Figura 6). Conforme as equações de regressão, para cada cm de aumento na altura acima dos 10 cm, aumenta-se a matéria seca da pastagem em cerca de 130 kg de MS ha⁻¹. No ano de 2001 a massa de forragem apresentou valores entre 1.458 e 4.874 kg de MS ha⁻¹, na medida em que a altura da pastagem se elevou de 10 para 35,6 cm. Em 2002 a variação foi muito semelhante, situando-se entre 1.230 e 4.925 kg de MS ha⁻¹, para alturas entre 7,3 e 35,8 cm, respectivamente.

Esses resultados estão em consonância com o modelo teórico da Figura 1. A mesma linearidade entre altura da pastagem e massa de forragem foi obtida por Castro (2002), trabalhando com ovinos sobre uma pastagem de milho manejada nas mesmas alturas desse trabalho. Outras evidências na literatura avaliando, porém, diferentes pressões de pastejo (número de animais por unidade de forragem disponível) (Mott, 1960), também detectaram aumento na massa de forragem com a redução na pressão de pastejo (Burns et al., 1984; Escosteguy, 1990; Moraes, 1991; Moojen & Maraschin, 2002).

Nos Apêndices 4 e 5, são mostrados os valores de massa de forragem nas repetições ao longo do período experimental, nos dois anos de avaliações. Neles, observa-se diferença ($P < 0,00160$ – 2001 e $P < 0,00005$ - 2002) na massa de forragem em função das diferentes alturas. No entanto, em ambas as avaliações, as alturas de 30 e 40 cm não se diferenciaram, reforçando a afirmação de que, numa pastagem dessa natureza, o manejo à 30 cm é o mais indicado. A área sem pastejo, no ano de 2002, não se diferenciou, em massa de forragem, da área pastejada à 40 cm, semelhante ao observado para altura da pastagem, onde esses tratamentos não foram diferentes. As médias de massa de forragem obtidas para os tratamentos com altura de pastejo a partir de 20 cm, estão de acordo com a idéia de manutenção de uma adequada quantidade de palha para implantação da lavoura no sistema de semeadura direta, demonstrando o elevado potencial das espécies aveia e azevém em produção de biomassa.

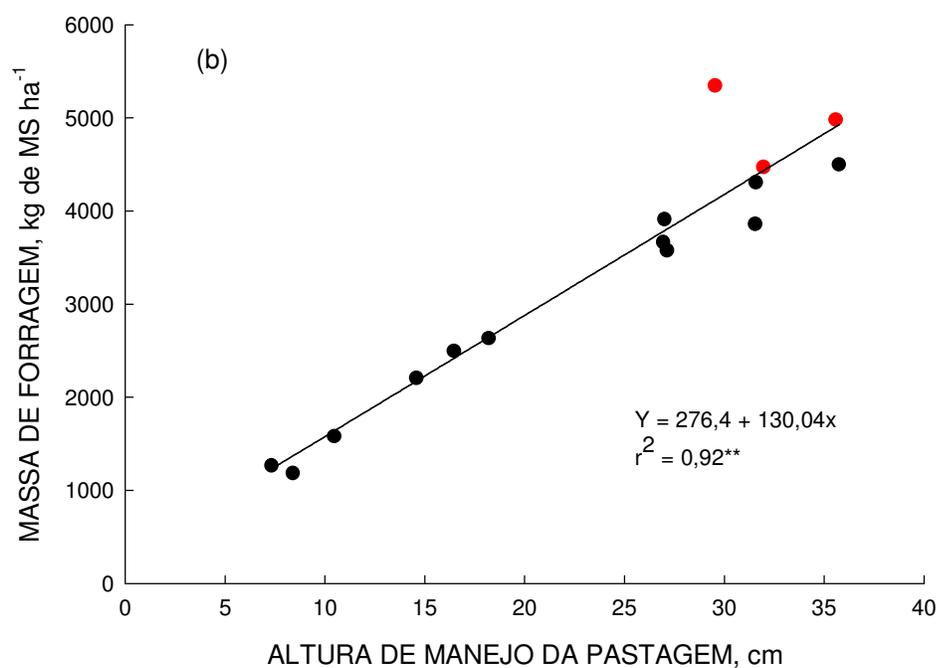
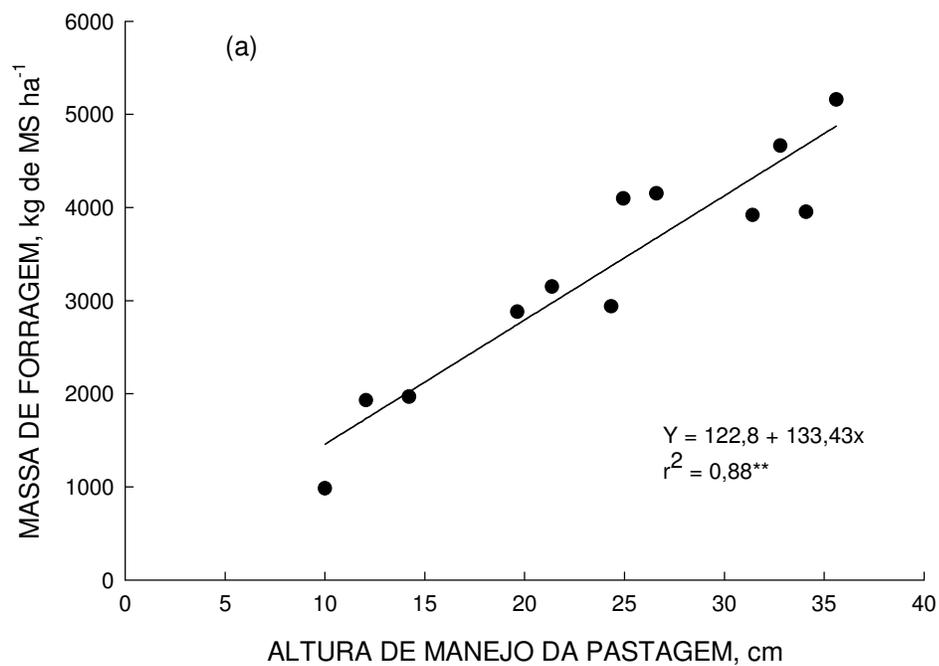


FIGURA 6. Massa de forragem média de pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002. ● = Sem pastejo.

No Centro-Oeste brasileiro, trabalhando com pastejo rotacionado em sorgo forrageiro irrigado, com alta taxa de lotação animal, em três ciclos de pastejo de 28 dias cada, Mello (2001) demonstrou que é possível produzir-se alta quantidade de forragem para pastejo e ainda sobrar uma quantidade de resíduos suficiente para o aporte anual de palha visando a sustentabilidade do sistema de semeadura direta. A produção e o resíduo total acumulado de sorgo, após três ciclos de pastejo, foi de 21.316 e 10.613 kg ha⁻¹, respectivamente.

A massa de forragem média obtida no tratamento de 10 cm de altura, para os anos de 2001 e 2002, foi de 1.626 e 1.344 kg de MS ha⁻¹, respectivamente. Percebe-se que, mesmo nessa situação, foi possível a obtenção de valores superiores aos observados por Assmann (2002) que, ao fixar 14 cm como altura média de manejo de uma pastagem de aveia, azevém e trevo branco, obteve uma massa de forragem média de 1.200 kg de MS ha⁻¹. O diferencial para o trabalho de Assmann (2002) é que este monitorou a altura através do disco medidor e não do “sward stick” e, além disso, apresentava, na composição da pastagem, a presença do trevo branco, espécie que não se destaca pela produção de massa de forragem e sim pela qualidade da forragem.

O comportamento médio da massa de forragem, ao longo do período experimental, é visualizado na Figura 7. No ano de 2001, em razão das dificuldades iniciais para estabelecimento dos tratamentos, diferenças acentuadas na massa de forragem somente se manifestaram a partir do 30^o dia, com acentuada queda na última avaliação. Nesta, os valores de massa de forragem foram de 622, 2120, 4679 e 4744 kg de MS ha⁻¹, para as alturas de 10, 20, 30 e 40 cm, respectivamente (Figura 7a). Esses valores são importantes, porque sobre os mesmos foi aplicado o calcário e implantada a cultura da soja. A dinâmica do calcário e o rendimento de soja sobre essas condições serão discutidos posteriormente.

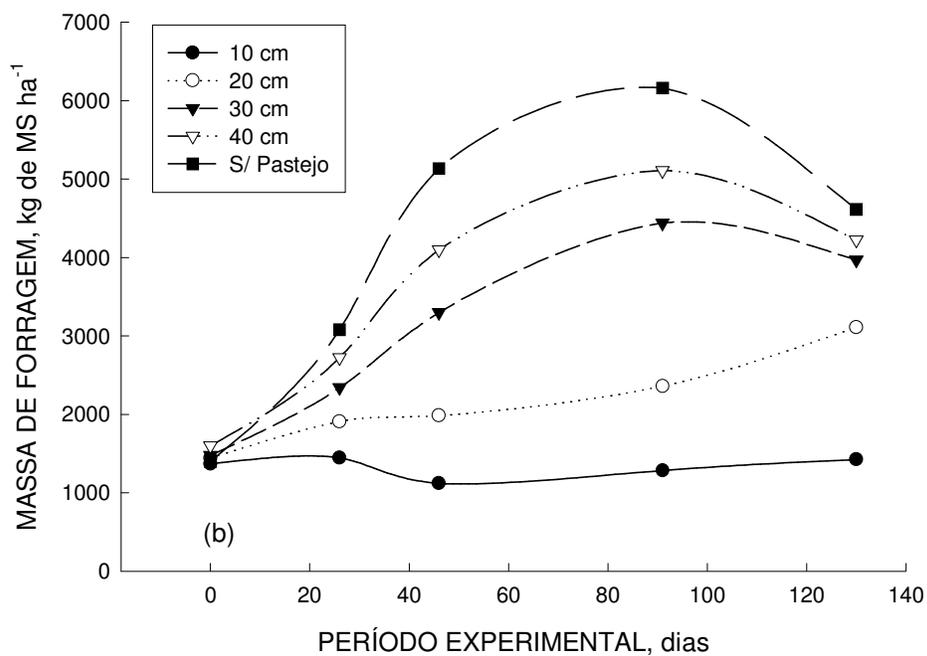
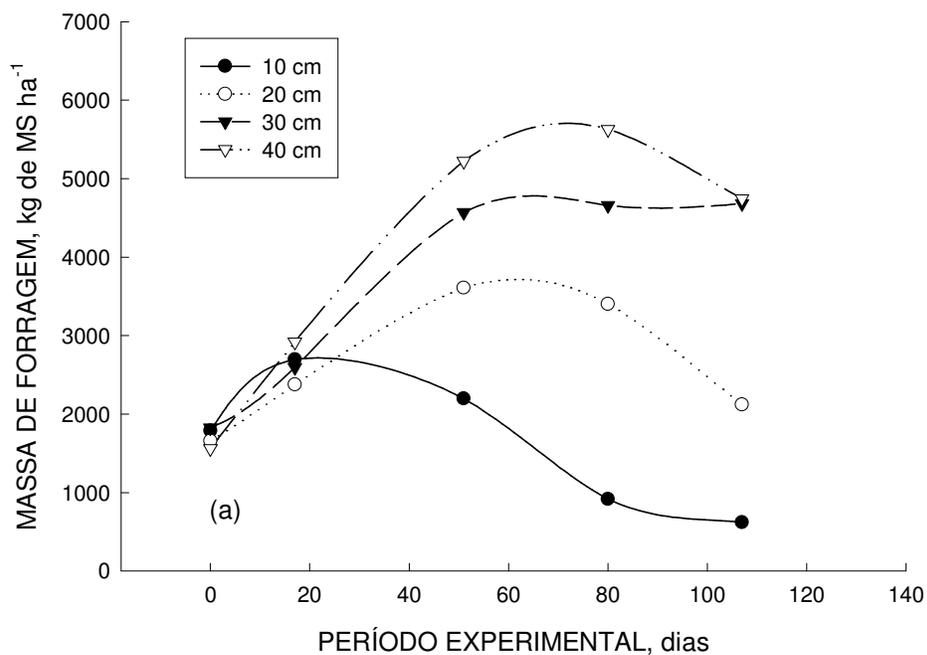


FIGURA 7. Massa de forragem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

Por sua vez, no ano de 2002, diferenças na massa de forragem em função das alturas manifestaram-se nas primeiras avaliações (Figura 7b). De maneira semelhante ao ano anterior, as maiores alturas (30 e 40 cm), além da área sem pastejo, tiveram redução na massa de forragem ao final do ciclo de pastejo, praticamente não se diferenciando entre si. Queda acentuada na massa de forragem ao final do experimento também foi observado por Castro (2002), trabalhando com as mesmas alturas desse experimento, porém, com pastagem de milho pastejada por ovinos.

Além da massa de forragem, composta pela parte aérea de aveia e de azevém, ao final do ciclo de pastejo ou no último corte para avaliação da massa, também coletou-se o resíduo remanescente sobre a superfície do solo, o qual era composto, basicamente, pelo mantilho da aveia e por resíduos de soja ainda não decompostos da safra anterior (Figura 8).

De maneira semelhante à massa de forragem, o resíduo remanescente também teve um aumento linear com o aumento da altura de manejo da pastagem, em ambos os ciclos de avaliações (Figuras 8a e 8b). Assim, quanto maior a altura da pastagem, maior a massa de forragem e, por consequência, maior a quantidade de resíduos que permanecerão sobre a superfície do solo, contribuindo para a matéria orgânica do mesmo.

Um fato que chama a atenção, nessa avaliação, é a alta quantidade de resíduo que fica na superfície do solo após o corte da forragem. Normalmente esse resíduo não é considerado e o cálculo de matéria seca é feito apenas com a massa da parte aérea da pastagem. As equações de regressão da Figura 8 demonstram que para cada cm de aumento na altura de manejo da pastagem, corresponde um aumento de, aproximadamente, 40 kg ha^{-1} de resíduo remanescente.

A soma da massa de forragem da última avaliação com o resíduo remanescente determinado na mesma data, resulta no total de matéria seca que permaneceu sobre o solo, antecedendo a implantação da cultura da soja, nos dois períodos de avaliação (Figura 9).

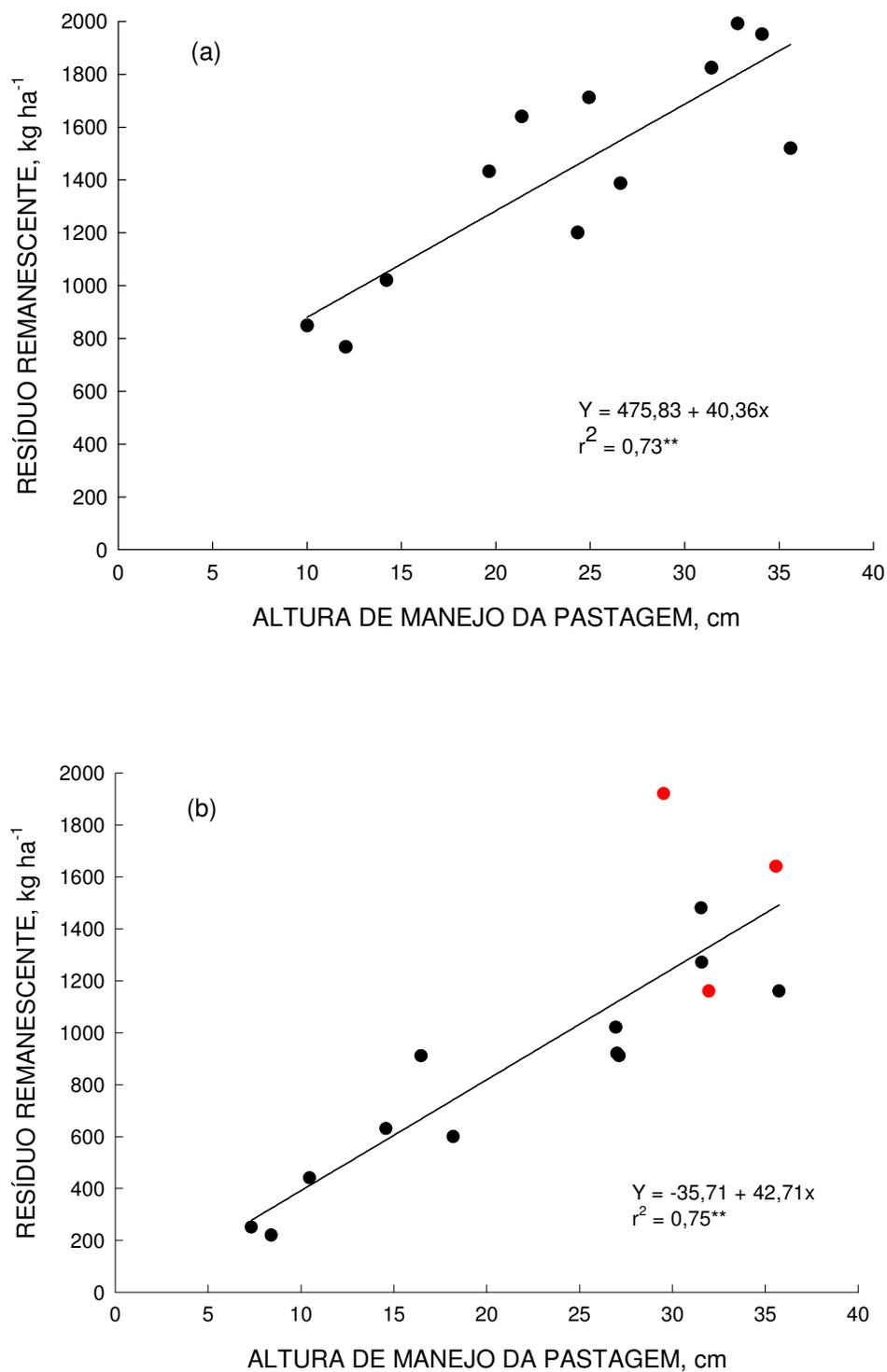


FIGURA 8. Resíduo remanescente na superfície do solo, determinado na última avaliação de matéria seca, em função de diferentes alturas de manejo da pastagem, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002. ● = Sem pastejo.

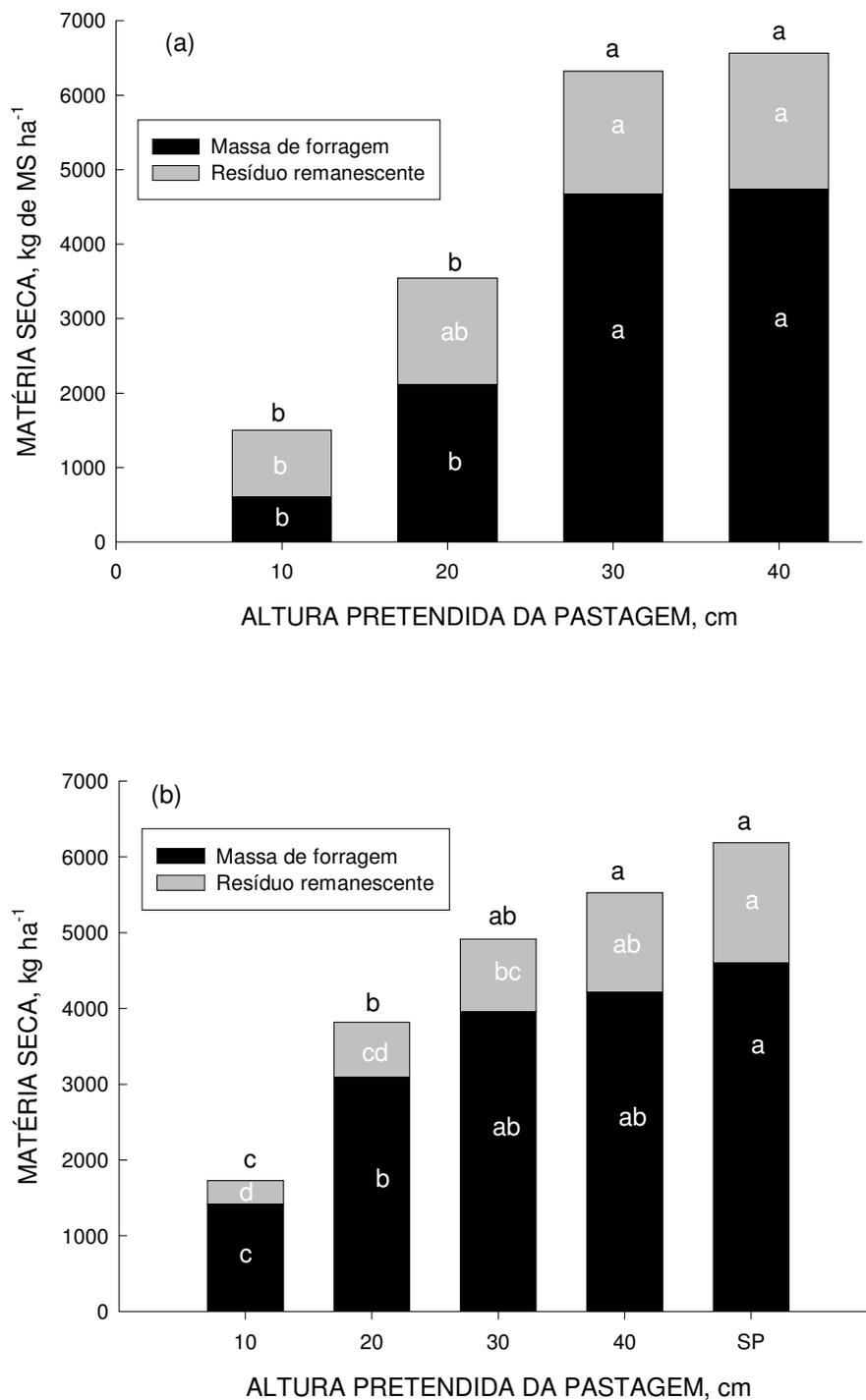


FIGURA 9. Massa de forragem de aveia + azevém e resíduo remanescente na superfície do solo, determinados na última avaliação de matéria seca, em função de diferentes alturas de manejo da pastagem, ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002. Médias seguidas de mesma letra, nos diferentes compartimentos da matéria seca, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar da massa de forragem média ter se diferenciado entre os tratamentos (Apêndice 4), no pastejo de 2001 percebe-se o agrupamento dos tratamentos em dois grupos. Num patamar superior aparecem os manejos à 30 e 40 cm de altura, diferenciando-se das alturas de 10 e 20 cm ($P < 0,0014$), na quantidade total de matéria seca que permaneceu sobre o solo (Figura 9a). Entretanto, o manejo à 30 ou 40 cm não apresentou diferenças entre si, o que indica que, aumentar a altura de manejo acima de 30 cm não implica em acumular uma maior quantidade de matéria seca. Um segundo aspecto é que, no final do período de pastejo, o tratamento de 10 cm terminou com uma altura média de 5 cm (Figura 4a) e isso fez com que a massa de forragem determinada nesse momento apresentasse valores muito baixos ($622 \text{ kg de MS ha}^{-1}$), inferiores, inclusive, ao resíduo remanescente formado pelo mantilho da aveia e pela soja não decomposta da safra anterior (879 kg ha^{-1}).

No pastejo de 2002 os tratamentos não agruparam-se em dois grupos e os resultados da Figura 9b seguiram a mesma tendência observada para a massa de forragem média (Apêndice 5). Tanto a ausência de animais numa pastagem de inverno (SP) como a presença dos mesmos em alturas de manejo de 30 e 40 cm não implicaram em alterações na quantidade total de matéria seca que permaneceu sobre o solo, sobre a qual será implantada a cultura da soja no sistema de semeadura direta.

Os resultados demonstram que a presença de animais em pastagem de inverno, desde que sob cargas adequadas, possibilita a manutenção de massa de forragem e de resíduo total de matéria seca semelhantes aos observados em áreas sem pastejo. O diferencial é que, nas áreas pastejadas, além da cobertura vegetal, os animais conseguem converter essa massa em excrementos prontamente decomponíveis para ser utilizados pela cultura na seqüência.

Para melhor entender o desempenho animal, no entanto, a simples quantificação da massa de forragem pode ser insuficiente, isso porque para uma mesma massa pode-se encontrar distintas combinações de altura, densidade e composição da pastagem (Carvalho et al., 1999). Dessa forma, existe a necessidade de se estimar a quantidade de folhas verdes presentes na massa de forragem, visando indicar possíveis diferenças na facilidade de apreensão da forragem entre os tratamentos (Burns et al., 1989).

Nesse trabalho, em dois momentos distintos ao longo do período de pastejo de 2001, foram quantificadas a massa de colmos + bainha e a massa de lâminas foliares da pastagem de aveia + azevém, além da sua participação percentual em relação a massa de forragem total (Figuras 10a e 10b).

Há um incremento na massa de forragem com o aumento da altura de manejo da pastagem, apesar dos tratamentos de 20 e 30 cm apresentarem valores muito próximos, na avaliação de 29/08/2001 (Figura 10a), o que deveu-se ao fato de que, nesse momento, ambos apresentavam alturas reais semelhantes (Figura 4a). De forma geral, os componentes estruturais da pastagem apresentaram aumento de massa com a elevação da altura de manejo da pastagem. No entanto, a contribuição da aveia (colmos + bainhas + folhas) reduziu drasticamente à medida que transcorreu o período experimental. Com 36 dias de pastejo (29/08/2001), aproximadamente 60% da pastagem era composta pela aveia e o restante dividido entre o azevém e o material senescente (Figura 10a), ao passo que aos 79 dias de pastejo (11/10/2001), mais de 70% da pastagem era formada por material senescente (Figura 10b). Nessa última avaliação a contribuição da aveia era, praticamente, de colmos, enquanto que a quantidade de folhas, material fundamental para ingestão animal, foi insignificante. Com o encerramento do ciclo da aveia, restou apenas o azevém para dar sustentação aos bovinos, especialmente na pastagem manejada à 10 cm de altura.

Assmann (2002), trabalhando com uma mistura de aveia, azevém e trevo branco, também observou dominância da aveia apenas no início do pastejo, reduzindo sua contribuição ao longo do ciclo. Isso deve-se à precocidade da espécie, a qual contribui para a produção inicial de forragem. O azevém, por sua vez, por ter um ciclo mais longo, aparece com maior intensidade quando a aveia começa a encerrar o seu ciclo de crescimento.

A participação do azevém, no período referente a 2001, poderia ter sido maior caso houvesse semeadura da espécie e não se dependesse apenas de sua ressemeadura natural. Dessa forma, aumentar-se-ia o número de plantas por unidade de área e o azevém competiria em igualdade de condições com a aveia, respeitando os seus ciclos de crescimento diferenciados.

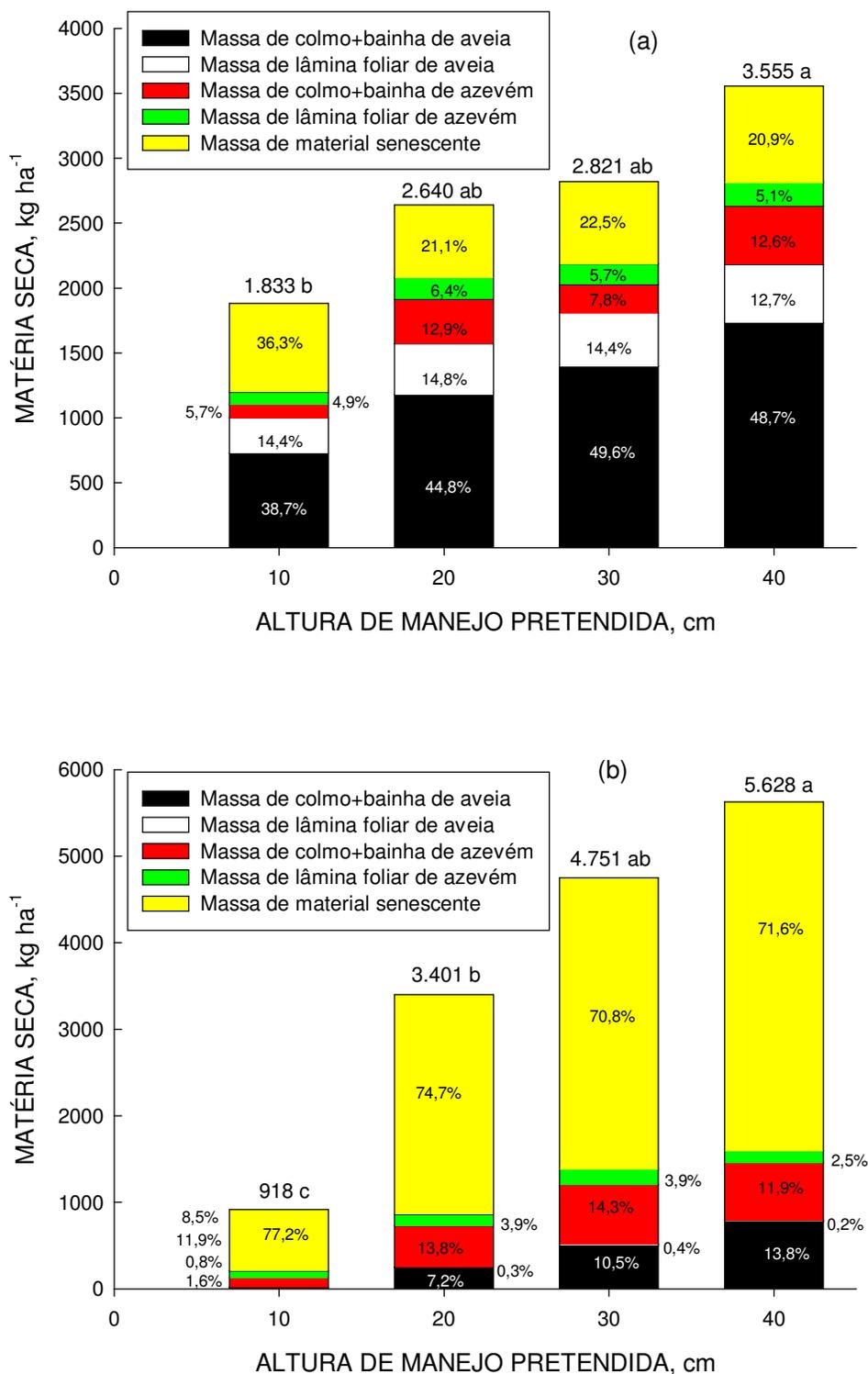


FIGURA 10. Composição estrutural e produção de matéria seca da pastagem de aveia + azevém manejada em diferentes alturas, (a) 36 dias (29/08/01) e (b) 79 dias após o início do pastejo de 2001 (11/10/01).

A redução na contribuição das folhas de aveia, com o avanço do estágio de crescimento também foi observado por Reis et al. (1992). Para o azevém, no entanto, isso não ficou caracterizado e a massa de lâminas foliares manteve-se praticamente constante nas duas avaliações (Figuras 10a e 10b), especialmente na menor altura de manejo, o que pode ser o responsável pela obtenção de um elevado ganho médio diário dos bovinos nesse trabalho, conforme será discutido posteriormente.

A partir de 11/10/2001, no entanto, a massa de lâminas foliares pode ser considerada muito baixa. Nesse momento, os tratamentos de 10, 20, 30 e 40 cm apresentavam, respectivamente, 85, 143, 204 e 149 kg de MS ha⁻¹ de lâminas foliares (aveia + azevém). Apesar de não avaliado, é possível que os animais tenham perdido parte do peso acumulado, nos últimos 25 dias de pastejo, em razão da baixa contribuição desse componente estrutural da pastagem.

O ciclo de pastejo de 2001 foi de 104 dias, entretanto, acredita-se que antecipando a adubação nitrogenada de cobertura e semeando o azevém junto com a aveia, poder-se-ia aumentar a participação dessa última espécie na composição da pastagem e, com isso, prorrogar o ciclo de pastejo para 120 dias, conforme conseguido no ano de 2002. Neste ciclo de pastejo, fez-se apenas uma avaliação da composição estrutural da pastagem, em data equivalente à primeira avaliação do ciclo anterior (Figura 11). O diferencial é que, no ano de 2002, a pastagem foi implantada uma semana antes em relação à de 2001 e recebeu 45 kg N ha⁻¹, 39 dias após a semeadura. Além disso, no momento da avaliação, os tratamentos apresentavam alturas reais bem distintas (Figura 4b).

Diferenças na altura da pastagem (Figura 4b) determinaram massas de forragem diferenciadas para os tratamentos, ocorrendo elevação das mesmas na medida que se aumentou a altura de manejo da pastagem. No pastejo de 2002, todos os componentes da estrutura da pastagem tiveram aumento de massa à medida que elevou-se a altura de manejo da pastagem. Castro (2002), manejando uma pastagem de milho sob diferentes alturas, observou resposta linear da massa de lâminas foliares e da massa de colmo + bainha com o aumento da altura da pastagem.

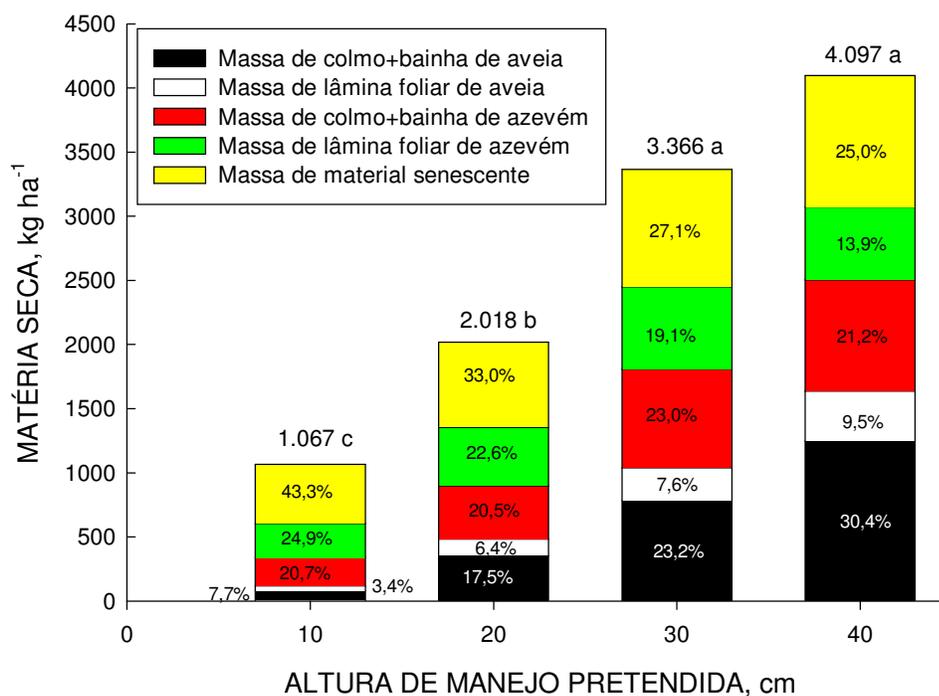


FIGURA 11. Composição estrutural e produção de matéria seca da pastagem de aveia + azevém manejada em diferentes alturas, 43 dias após o início do pastejo (28/08/2002).

O aspecto mais relevante, entretanto, na dinâmica dos componentes estruturais da pastagem de aveia + azevém, no pastejo de 2002, foi a grande contribuição com azevém na avaliação efetuada em 28/08/2002 (Figura 11), superando a aveia. Enquanto em 2001 (Figura 10a), a participação do azevém, nessa fase da pastagem, era de 15%, em média, no ano seguinte, com sua semeadura e antecipação da adubação nitrogenada, passou para cerca de 40%, sendo predominante na pastagem. Isso reforça a afirmação de que, especialmente no tratamento de menor altura de pastejo ou maior carga animal, o azevém foi o grande responsável pela manutenção dos elevados ganhos de peso obtidos, fato que será discutido posteriormente.

Apesar das diferentes alturas e massas de forragem, os tratamentos não se diferenciaram em relação a taxa de acúmulo e a produção total de matéria seca, nos dois anos de avaliações do experimento (Tabela 3), apresentando $P > 0,7337$ e $P > 0,2753$ para a taxa de acúmulo e $P > 0,7218$ e $P > 0,1295$ para a produção total, para os anos de 2001 e 2002, respectivamente.

TABELA 3. Taxa de acúmulo média e produção total média de matéria seca de pastagem de aveia + azevém submetida a diferentes alturas de manejo, nos dois anos de condução do experimento

Parâmetro	Altura de manejo pretendida ^{ns}				
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	S/ Past.
	..... 2001				
Taxa de acúmulo (kg de MS ha ⁻¹ dia ⁻¹)	46,1	47,4	52,5	49,0	-
Produção total (kg de MS ha ⁻¹)	6.613	6.644	7.330	6.711	-
	..... 2002				
Taxa de acúmulo (kg de MS ha ⁻¹ dia ⁻¹)	35,3	43,6	46,5	32,4	36,6
Produção total (kg de MS ha ⁻¹)	5.973	7.118	7.542	5.822	6.160

^{ns} = não significativo.

Na área sem pastejo não utilizaram-se gaiolas de exclusão para determinar-se a taxa de acúmulo diária de matéria seca. Esse cálculo foi feito utilizando-se apenas os valores de massa de forragem determinados num intervalo de tempo e sua diferença foi dividida pelo número de dias do período.

Resposta significativa da taxa de acúmulo e da produção total de matéria seca para com as diferentes alturas de manejo, ocorreu no pastejo de milho por ovinos (Castro, 2002), onde, ambos, aumentaram até 20 cm de altura, estabilizando-se a partir de então. Por sua vez, Moojen & Maraschin (2002) observaram que o aumento da oferta de forragem de um campo nativo incrementou a taxa de acúmulo e a produção total de massa seca até um máximo entre 8 e 12%, reduzindo-se a partir de novos aumentos na oferta.

Os valores das taxas de acúmulo e da produção total de massa seca nos diferentes períodos experimentais, bem como a média, são apresentados nos Apêndices 8 a 11. Os valores demonstram que, no tratamento de 10 cm, apesar da menor massa de forragem média (Figura 6), a quantidade de material reciclada é muito grande, fazendo com que a produção total não se diferencie. Nesse caso, a planta, mesmo com índice de área foliar baixo, manteve sua capacidade fotossintética e sua capacidade de produzir e acumular massa seca. Por outro lado, o método das gaiolas de exclusão fornece dados superestimados em pastagens muito baixas e uma subestimação em pastagens altas, assim, pode ter contribuído para a não diferenciação dessas duas variáveis entre os tratamentos.

Também percebe-se, nos Apêndices citados anteriormente, que o pico de acúmulo e produção de massa seca de uma pastagem de aveia + azevém ocorre, preferencialmente, nos meses de agosto e setembro, decrescendo no decorrer do experimento.

A variação das taxas de acúmulo entre os tratamentos ao longo dos períodos experimentais de 2001 e de 2002 é apresentado na Figura 12.

No pastejo de 2001, as massas de forragem apresentaram valores muito semelhantes nos primeiros 30 dias de pastejo (Figura 7a). Portanto, é de se esperar que aquilo que esteja crescendo dentro da gaiola seja o mesmo que fora dela, ainda que fora da gaiola existissem diferentes cargas animais. Diferenças nas taxas de acúmulo entre os tratamentos só foram observadas na terceira avaliação, com cerca de 80 dias de pastejo (Figura 12a), quando a pastagem começou a entrar em senescência, especialmente a aveia, fazendo com que, a partir desse período, especialmente nas maiores alturas, as taxas de acúmulo fossem muito baixas.

No pastejo de 2002, por sua vez, diferenças nas massas de forragem já apareceram nas primeiras avaliações (Figura 7b). Isso ocasionou efeitos sobre as taxas de acúmulo na avaliação efetuada 46 dias após o início do pastejo (Figura 12b), apresentando maiores valores nas maiores alturas. Porém, com a queda acentuada nas taxas de acúmulo nas maiores alturas, no final do ciclo de crescimento da pastagem, a maior taxa de acúmulo verificada no início do período de pastejo ficou diluída ao longo do período experimental e, na média, os tratamentos não se diferenciaram.

A eficiência de utilização da pastagem relacionou-se de maneira quadrática com as alturas de manejo (Figura 13), nos dois ciclos de pastejo. De acordo com as equações de regressão, para a altura que proporcionou a melhor eficiência de utilização (14,0 cm), no período de pastejo de 2001, foram necessários 13,6 kg de MS para produzir 1,0 kg de PV (Figura 13a), enquanto que, no ciclo de pastejo de 2002, com 11,8 cm de altura obteve-se uma eficiência de utilização de 10,8 kg de MS para cada kg de PV (Figura 13b).

Numa pastagem composta apenas por azevém anual e pastejada por cordeiros, Silveira (2001), para a melhor altura de manejo da pastagem (12,7 cm), havia observado uma necessidade de 26,3 kg de MS para produzir 1,0 kg de PV, sendo, portanto, inferior a do presente trabalho.

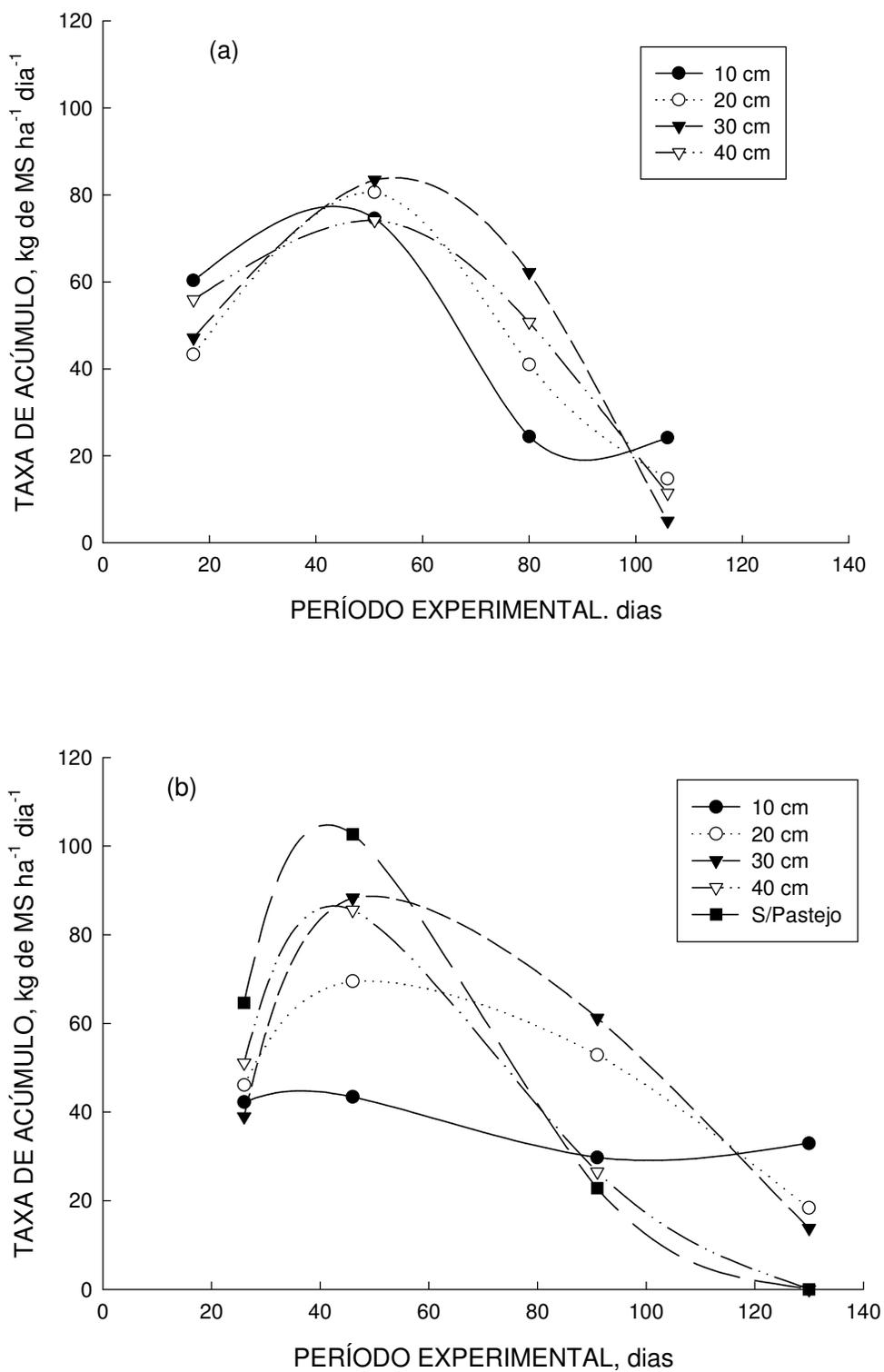


FIGURA 12. Taxa de acúmulo de matéria seca de pastagem de aveia + azevém manejada em diferentes alturas ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

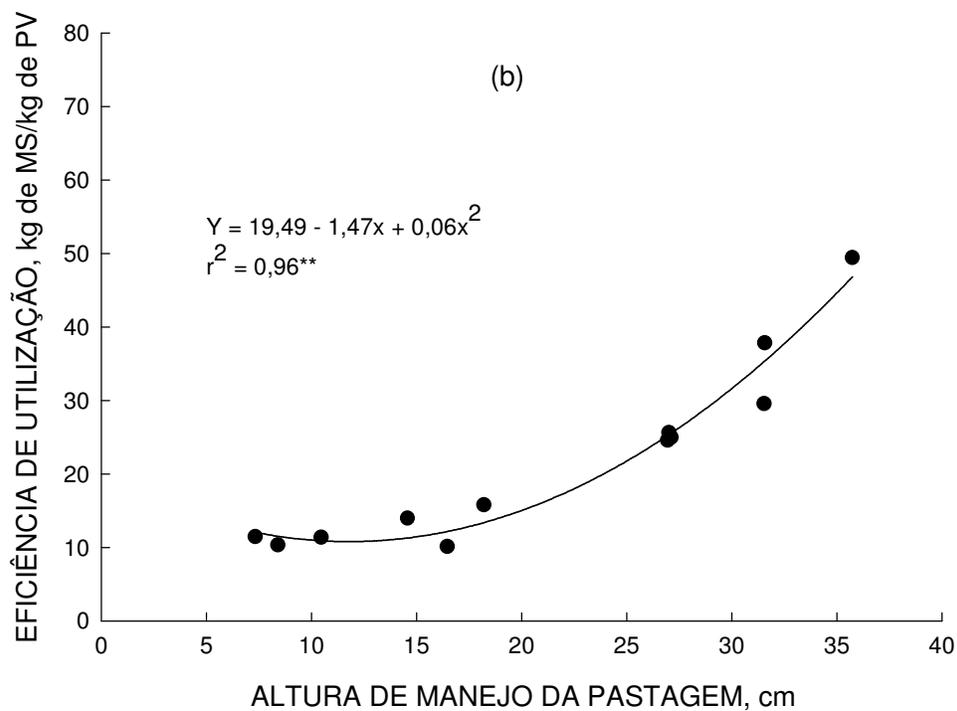
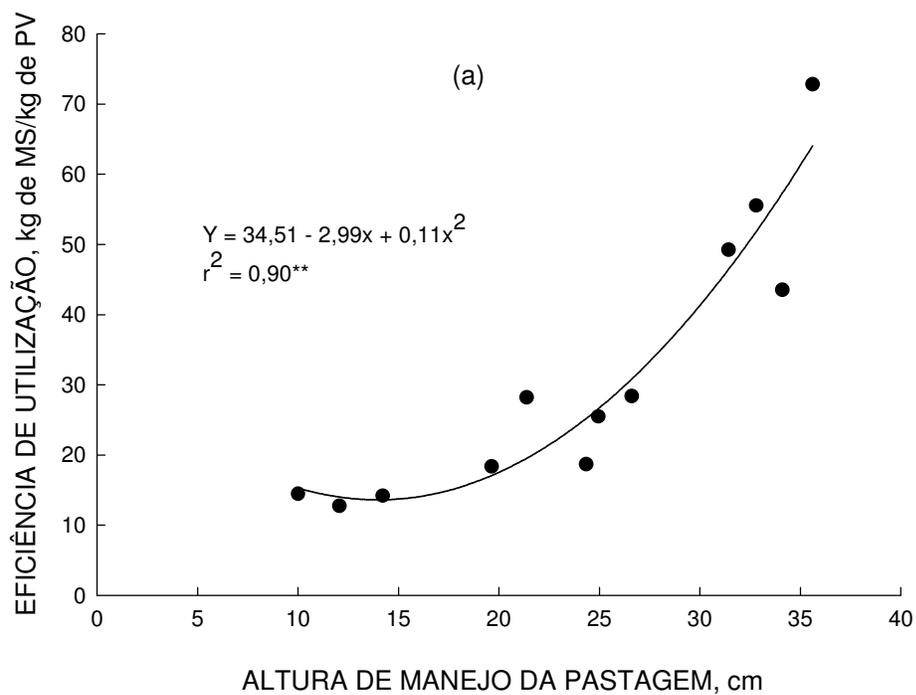


FIGURA 13. Eficiência de utilização da pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas ao longo dos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

Assmann (2002), trabalhando com novilhas num sistema de integração lavoura-pecuária, encontrou uma eficiência média de utilização da pastagem de aveia, azevém e trevo branco de 7,91 kg de MS por kg de PV, para doses de N que variaram de 0 a 300 kg de N ha⁻¹. Tanto no trabalho de Assmann (2002) como neste, os resultados demonstram que é possível trabalhar-se com pastagens de inverno em sistemas integrados e obter-se uma alta eficiência na conversão de produção vegetal em produto animal.

No Apêndice 12 são mostradas os valores médios de eficiência de utilização nas repetições, nos períodos experimentais de 2001 e de 2002. Nele, observa-se que, em ambos os períodos de pastejo, os tratamentos que apresentaram as melhores eficiências de utilização da forragem foram aqueles manejados à 10 e 20 cm de altura, não tendo se diferenciado da altura de 30 cm, porém, superiores ao 40 cm ($P < 0,01707$ – 2001 e $P < 0,00399$ – 2002).

A menor eficiência de utilização da pastagem nas maiores alturas está relacionada a baixa carga animal utilizada, fazendo com que a forragem produzida não seja consumida pelos animais. Na verdade, há um grande desperdício de forragem, em razão de que a quantidade consumida por unidade de área é muito baixa. Moraes & Maraschin (1988), trabalhando com pastagem de milho, observaram uma grande proporção de colmos e limitação do consumo aos animais, em condições de alto acúmulo de forragem, ocasionando redução nos ganhos de peso dos animais devido à grande quantidade de material rejeitado pelos mesmos. Os resultados referentes a produção animal, neste trabalho, serão discutidos posteriormente.

4.3. A altura de manejo da pastagem e os atributos físicos do solo

Conforme informado no item 3.3, a caracterização física da área, antes do pastejo, é agora apresentada (Tabela 4). Apesar de estar sendo trabalhada no sistema de semeadura direta há oito anos, sem pastejo animal, exceto um pastejo de três semanas no ano de 2000, a densidade do solo, na camada superficial, foi inferior às demais camadas. É comum observar, na literatura, constatações de que a semeadura direta após três a quatro anos aumenta a densidade e a microporosidade e reduz a macroporosidade e a porosidade total do solo, na camada superficial, quando comparada ao cultivo convencional (Vieira & Muzilli, 1984; Centurion & Demattê, 1985; Klein, 1996; Henklain, 1997; Stone & Silveira, 2001). A justificativa para tal fato decorre do arranjo natural do solo, quando não é mobilizado, e da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizada em solos argilosos e com teores elevados de umidade.

TABELA 4. Atributos físicos do solo, em profundidades, seis meses antes da implantação de experimento. Novembro/2000

Profundidade cm	Densidade do solo Mg m ⁻³	Porosidade		
		Macro	Micro	Total
		m ³ m ⁻³		
0,0 – 2,5	1,21	0,13	0,39	0,52
2,5 – 5,0	1,36	0,11	0,40	0,51
5,0 – 10,0	1,35	0,11	0,40	0,51

O fato da área experimental, que é muito argilosa, apresentar menor densidade e maior macroporosidade na camada superficial após oito anos de cultivos no sistema de semeadura direta, deve-se ao elevado teor de matéria orgânica (Tabela 1) e ao cultivo de espécies como a aveia e o azevém que proporcionam um elevado aporte de matéria seca anualmente. A adoção da semeadura direta, por vários anos, nessa situação, diminuiu a densidade do solo pelo aumento da matéria orgânica na camada superficial, melhorando a estrutura do solo (Fernandes et al., 1983; Reeves, 1995).

Diferentemente do esperado, porém, em relação a hipótese 2 desse trabalho (item 2.8), não houve efeito das diferentes alturas de manejo da pastagem sobre as características físicas avaliadas após 104 dias de pastejo. Efeito isolado ocorreu apenas para a profundidade de amostragem (Tabela 5), detectando-se aumento na densidade e redução na porosidade total do solo

nas camadas inferiores. Comparando a área, antes e depois do pastejo (Tabelas 4 e 5), observa-se, no entanto, uma tendência de aumento na densidade do solo com a redução da altura de manejo da pastagem, na camada superficial, imediatamente após o pastejo. Além disso, a porosidade total do solo praticamente não se alterou, especialmente nas menores alturas de manejo da pastagem. Isso foi conseguido, porém, devido a alterações na macro e microporosidade do solo, com redução da primeira e aumento da segunda imediatamente após o pastejo.

TABELA 5. Atributos físicos do solo, em profundidades, após 104 dias de pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo. Novembro/2001

Altura pretendida	Profundidade	Densidade Do solo	Porosidade		
			Macro	Micro	Total
..... cm	.....	..... Mg m ⁻³ .....	.....	m ³ m ⁻³ .....	.....
10	0,0 – 2,5	1,38	0,08	0,45	0,53
	2,5 – 5,0	1,39	0,09	0,42	0,51
	5,0 – 10,0	1,36	0,09	0,39	0,48
20	0,0 – 2,5	1,29	0,10	0,44	0,54
	2,5 – 5,0	1,39	0,09	0,42	0,51
	5,0 – 10,0	1,38	0,08	0,41	0,49
30	0,0 – 2,5	1,24	0,13	0,43	0,56
	2,5 – 5,0	1,38	0,10	0,42	0,52
	5,0 – 10,0	1,36	0,10	0,40	0,50
40	0,0 – 2,5	1,25	0,12	0,45	0,57
	2,5 – 5,0	1,40	0,09	0,43	0,52
	5,0 – 10,0	1,34	0,09	0,39	0,48
Média	0,0 – 2,5	1,29 b	0,10 a	0,44 a	0,55 a
	2,5 – 5,0	1,39 a	0,09 a	0,42 b	0,52 b
	5,0 – 10,0	1,36 a	0,09 a	0,40 c	0,49 c

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ausência de diferenças na densidade e na porosidade do solo após dois pastejos sobre trevo subterrâneo com aplicação de uma alta carga animal num curto intervalo de tempo, 15.000 kg de PV ha⁻¹ por 20 horas e 16.200 kg de PV ha⁻¹ por 22 horas, no primeiro e segundo pastejo, respectivamente, também foi encontrado por Uhde et al. (1996). Entretanto, ao avaliar-se a taxa constante

de infiltração e a infiltração total acumulada, esses autores observaram diferenças entre as áreas com e sem pastejo e atribuíram, os menores valores encontrados na área com pastejo, ao dano estrutural induzido pela ação do pisoteio na camada superficial, não detectados na determinação da densidade e da porosidade do solo.

A definição de quais atributos considerar quando se quer caracterizar um solo compactado não é precisa, o que permite muitas discussões, especialmente em relação às metodologias de análises. No entanto, o que se sabe claramente é que a compactação promove um aumento da densidade e da resistência do solo, redução da macroporosidade ou porosidade de aeração (poros maiores que 50 μm), além de afetar diversos atributos do solo ligados a porosidade, como a condutividade hidráulica, permeabilidade do solo e infiltração de água. Dentre os atributos avaliados nesse trabalho, os resultados da Tabela 5 confirmam a ocorrência de um aumento da densidade e uma redução da macroporosidade do solo, na camada de 0-2,5 cm, à medida que se reduziu a altura de manejo da pastagem, comparado à situação anterior ao pastejo (Tabela 4). Nas maiores alturas esses atributos praticamente não variaram, antes e depois do pastejo.

Após o pastejo foi implantada a cultura da soja no sistema de semeadura direta e, ao final do seu ciclo, fez-se uma nova amostragem para caracterização física da área, onde as mesmas tendências foram novamente detectadas, ou seja, aumento da densidade e redução da macroporosidade e da porosidade total do solo a medida que aprofunda-se no perfil (Tabela 6). Um resumo das análises de variância para as características físicas avaliadas após o pastejo e após a cultura da soja é apresentado nos Apêndices 13 e 14.

Ao comparar-se as Tabelas 4 e 6, numa avaliação temporal, observa-se melhorias na densidade e na porosidade do solo após o cultivo da soja (Tabela 6). Nesse intervalo, a área havia sido pastejada sob diferentes alturas de manejo da pastagem e, após, cultivada a soja. Assim, percebe-se que possíveis efeitos negativos do pisoteio animal são rapidamente revertidos pela cultura em sucessão.

TABELA 6. Atributos físicos do solo, em profundidades, após a colheita da soja, em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo. Maio/2002

Altura pretendida	Profundidade	Densidade do solo	Porosidade		
			Macro	Micro	Total
..... cm	.....	..... Mg m ⁻³ .....	..... m ³ m ⁻³ .....	.....	.....
10	0,0 – 2,5	1,15	0,20	0,37	0,57
	2,5 – 5,0	1,30	0,12	0,39	0,51
	5,0 – 10,0	1,33	0,11	0,37	0,48
20	0,0 – 2,5	1,16	0,19	0,38	0,57
	2,5 – 5,0	1,26	0,13	0,37	0,50
	5,0 – 10,0	1,32	0,11	0,38	0,49
30	0,0 – 2,5	1,12	0,22	0,38	0,60
	2,5 – 5,0	1,29	0,12	0,39	0,51
	5,0 – 10,0	1,34	0,10	0,40	0,49
40	0,0 – 2,5	1,11	0,20	0,36	0,56
	2,5 – 5,0	1,30	0,13	0,38	0,51
	5,0 – 10,0	1,37	0,09	0,37	0,46
Média	0,0 – 2,5	1,13 b	0,20 a	0,37	0,57 a
	2,5 – 5,0	1,29 a	0,12 b	0,38	0,51 b
	5,0 – 10,0	1,34 a	0,10 b	0,38	0,48 c

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Depressão Central do RS, Bassani (1996) e Silva et al. (2000) também não observaram efeitos pronunciados do manejo dos animais durante o inverno/primavera sobre a densidade do solo. Os autores mantiveram um resíduo médio de aveia + azevém de 2.000 kg de MS ha⁻¹ e de 1.000 kg de MS ha⁻¹, respectivamente, durante todo o ciclo de pastejo e atribuíram a esse resíduo a ausência de efeito da pata do animal. Além disso, os solos trabalhados apresentavam textura superficial franco siltosa e franca, respectivamente.

Na Figura 7a percebe-se que a massa de forragem, no tratamento de 10 cm ou de maior carga animal, foi inferior a 1.000 kg de MS ha⁻¹ apenas nos últimos dias do pastejo de 2001, contribuindo para a ausência de efeito significativo das diferentes alturas de aveia + azevém sobre as características físicas do solo. Num solo argiloso de Guarapuava – PR, Moraes & Lustosa

(1997) também observaram pouco efeito do pastejo em diferentes ofertas de forragem sobre a densidade do solo.

No entanto, é importante salientar que, apesar da ausência de significância ($P > 0,34072$), as diferentes alturas de manejo mostraram tendência de alterar a densidade do solo, especialmente na camada de 0-2,5 cm. A Figura 14 mostra as variações apresentadas pela densidade, nessa camada, nos diferentes períodos experimentais, ou seja, antes do pastejo, após o 1º ciclo de pastejo, após a colheita da soja e após o 2º ciclo de pastejo.

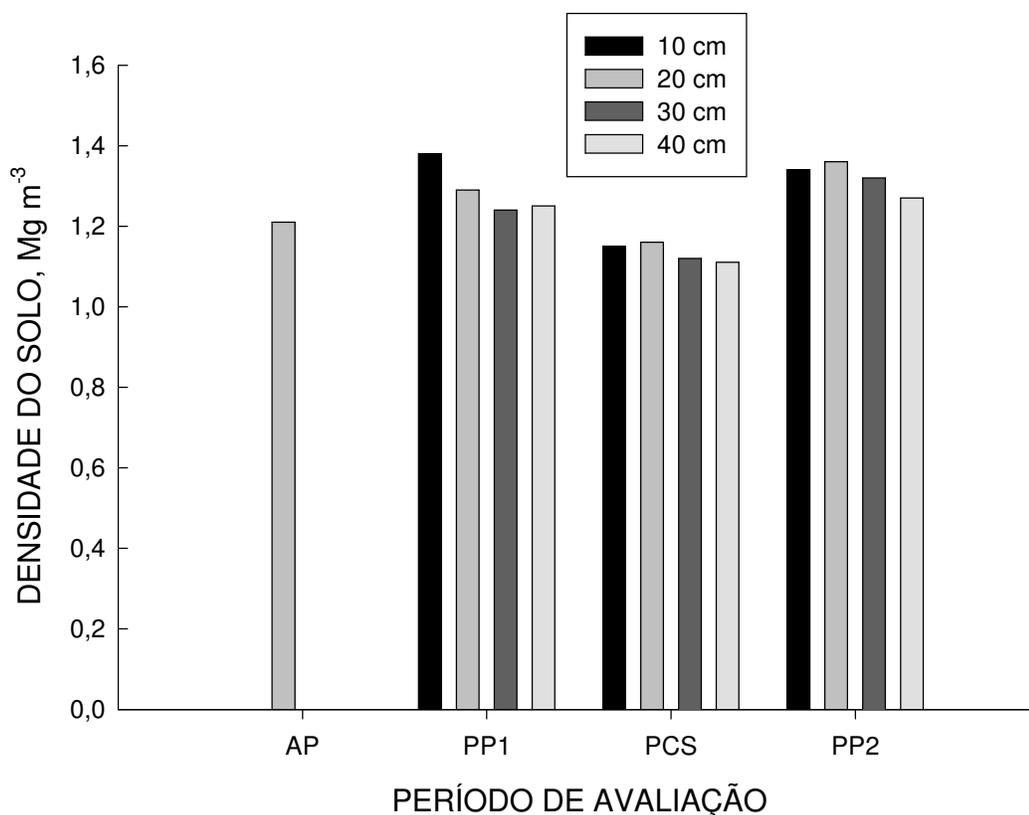


FIGURA 14. Densidade do solo, na camada de 0-2,5 cm, em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém, (AP) antes do pastejo; (PP1) após 104 dias de pastejo – novembro/2001; (PCS) após o ciclo da soja – maio/2002 e (PP2) após 120 dias de novo pastejo – novembro/2002.

Percebe-se que a dinâmica da densidade do solo foi influenciada pelos diferentes períodos experimentais, apresentando picos de elevação e redução conforme o momento amostrado. Há uma forte tendência do pastejo aumentar

a densidade do solo nos primeiros centímetros. Ao final do 1º pastejo esse efeito foi tanto maior quanto menor a altura de manejo da pastagem. O tratamento de pastejo à 10 cm diminuiu as diferenças na densidade do solo com a profundidade (Tabela 5).

Após o ciclo da soja, os valores de densidade voltaram a ficar muito próximos da situação original (Figura 14), demonstrando, novamente, que a tendência de compactação superficial do solo ocasionada pelo pastejo, foi rapidamente revertida pela cultura em sucessão. Mesmo fato foi observado por Moraes & Lustosa (1997) após uma avaliação na fase de enchimento de grãos de milho, em área anteriormente submetida ao pastejo animal.

Valores de densidade do solo de $1,38 \text{ Mg m}^{-3}$ e de macroporosidade inferior à $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, como os registrados após o 1º pastejo de aveia + azevém, no tratamento de 10 cm de altura, na camada de 0-2,5 cm (Tabela 5), podem afetar o crescimento radicular de soja. Cintra & Mielniczuk (1983), trabalhando em um Latossolo argiloso, encontraram restrições às raízes de soja com valores de densidade de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$. De acordo com Arshad et al. (1996), densidade do solo acima de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, para solos argilosos como o desse estudo, é restritiva ao crescimento radicular.

Para melhor ilustrar essa afirmação é apresentada a Figura 15, onde é possível visualizar-se a compactação superficial na área pastejada à 10 cm de altura, bem como a situação do solo em área próxima ao cocho de água dos animais.

Portanto, em sistemas de integração lavoura-pecuária, deve-se dar atenção especial à altura de manejo da pastagem ou pressão de pastejo, controlada através da carga animal. Alturas muito baixas, que correspondem a altas pressões de pastejo, podem ocasionar aumentos de densidade e redução de macroporosidade do solo até valores muito próximos daqueles considerados limitantes ao crescimento radicular da cultura que vem na seqüência.



(a)



(b)

FIGURA 15. Compactação superficial em (a) área pastejada à 10 cm de altura e (b) em área próxima ao cocho de água dos animais.

Em física do solo, um dos atributos responsáveis pela sua qualidade é a capacidade do mesmo em permitir a infiltração de água, a qual é, isoladamente, a que melhor avalia a qualidade estrutural do solo,

especialmente quanto à distribuição do tamanho dos poros e à resistência dos agregados à energia cinética da chuva e à pressão mecânica (Duley, 1939). O aumento da densidade de forma inversamente proporcional a altura de manejo da pastagem, na camada de 0-2,5 cm, imediatamente após o 1º ciclo de pastejo, influenciou a taxa de infiltração e a infiltração acumulada de água no solo (Figuras 16a e 16b). A taxa de infiltração inicial decresceu com a redução da altura de manejo da pastagem. Entretanto, percebe-se que essa taxa começa a se estabilizar a partir dos 30 minutos, apresentando, porém, valores diferenciados entre os tratamentos. Nesse momento, a taxa de infiltração foi de 116, 126, 134 e 178 mm h⁻¹ para as alturas de 10, 20, 30 e 40 cm, respectivamente. Essas diferenças permaneceram até o final da avaliação, onde, ainda, provavelmente não se atingiu a taxa constante de infiltração. Ao final de 100 minutos de testes a taxa de infiltração foi de 32, 39, 73 e 100 mm h⁻¹, aumentando com o aumento da altura de manejo da pastagem.

Os valores das taxas inicial e final de infiltração de água no solo podem ser considerados altos. Em Latossolo Vermelho-Amarelo do Planalto de Canoinhas (SC), Anjos et al. (1994) encontraram uma taxa final de infiltração de água no solo de 54 mm h⁻¹, em área manejada no sistema de semeadura direta há sete anos. Bertol et al. (1998), trabalhando com diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural da Depressão Central do RS, encontraram, após 100 minutos de testes, valores de 3,4, 12, 45 e 51 mm h⁻¹, respectivamente nos níveis de oferta de forragem de 4, 8, 12 e 16%.

Por sua vez, num Latossolo Vermelho distrófico típico do Planalto Médio do RS, em área de semeadura direta sobre campo nativo, Petreire & Anghinoni (2001) definiram 130 mm h⁻¹ como a taxa constante de infiltração após 104 minutos de aplicação do teste, superior a observada nesse trabalho.

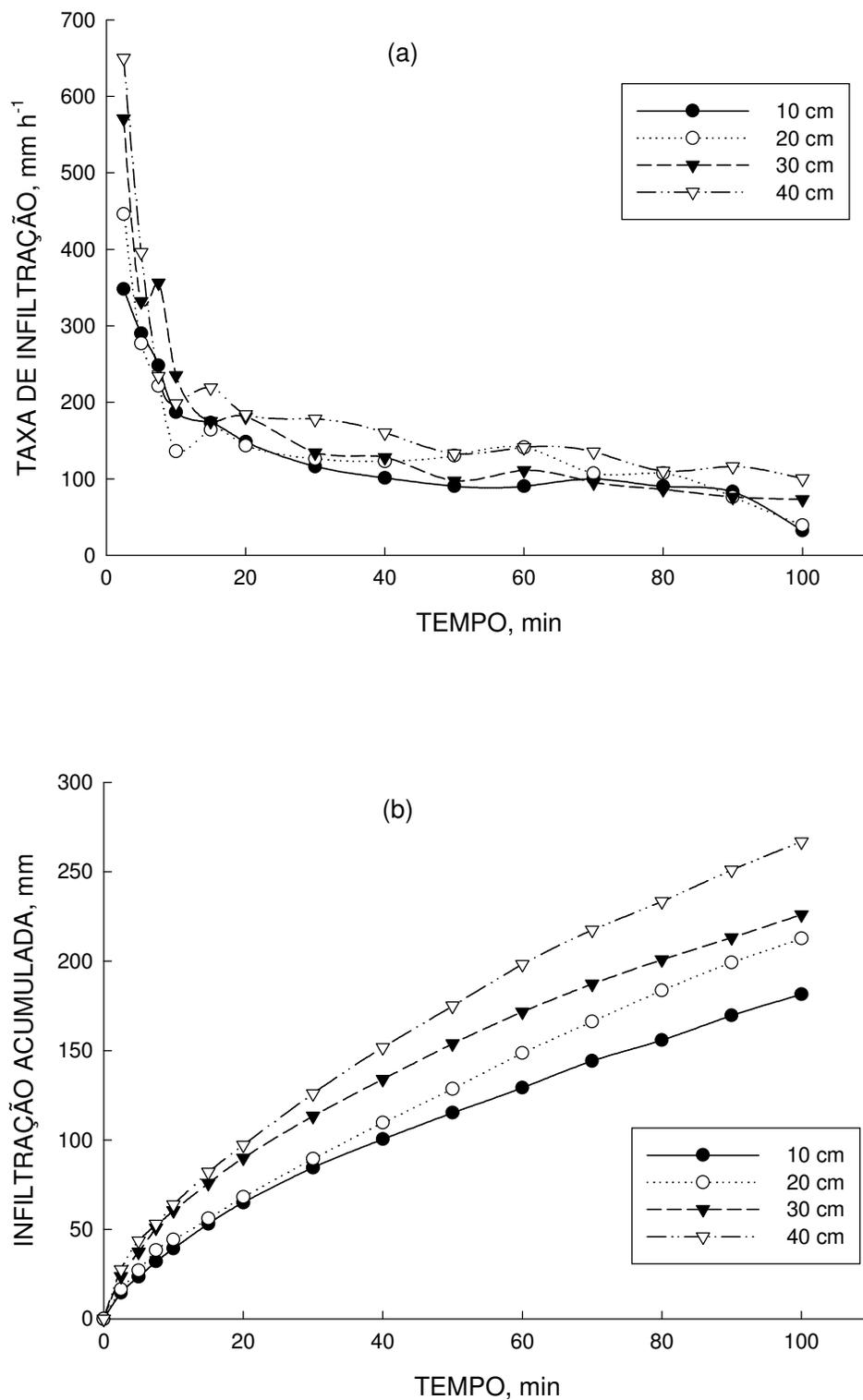


FIGURA 16. Taxa de infiltração (a) e infiltração acumulada de água no solo (b) após 104 dias de pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo.

Em todos os trabalhos citados, incluindo este, o método dos duplos anéis concêntricos foi utilizado para determinação da taxa de infiltração de água no solo. Esse método trabalha com uma lâmina de água que ocasiona uma pressão hidráulica que superestima a taxa de infiltração em cerca de cinco vezes (Forsythe, 1975). Entretanto, esquecendo o valor numérico, o método serve para quantificar as diferenças entre os tratamentos. Partindo-se desse pressuposto, percebe-se que, após 100 minutos do início do teste, ainda antes de se atingir a taxa constante de infiltração, os tratamentos de altura de manejo da pastagem de aveia + azevém apresentaram valores muito diferentes entre si. As menores alturas (10 e 20 cm), que correspondem às maiores pressões de pastejo, apresentaram valores menores, caracterizando, de forma mais clara, a degradação física do solo. A análise da Tabela 5 e das Figuras 14 e 16 permite concluir que, ao término do 1º ciclo de pastejo, o solo dos tratamentos 10 e 20 cm de altura apresentava uma maior densidade e uma menor macroporosidade na camada superficial e, por conseguinte, uma menor taxa de infiltração de água no solo, em comparação às demais alturas.

A infiltração acumulada em 100 minutos aumentou de forma diretamente proporcional ao aumento da altura de manejo da pastagem, sendo de 181, 213, 226 e 267 mm para as alturas de 10, 20, 30 e 40 cm, respectivamente (Figura 16b).

Os resultados até então apresentados evidenciam a importância de se manejar adequadamente a pastagem em termos de carga animal, principalmente quando após esta a área receberá o cultivo de uma lavoura no sistema de semeadura direta. Uma pastagem mal manejada apresenta uma baixa produção de massa de forragem (Figura 6), uma compactação superficial do solo, caracterizada por elevação densidade e diminuição da macroporosidade (Tabela 5) e redução na taxa de infiltração e na infiltração acumulada de água no solo (Figura 16).

4.4. A altura de manejo da pastagem e os atributos da acidez do solo

Os atributos químicos do solo foram avaliados em três momentos distintos ao longo do período experimental: imediatamente após o pastejo e antes da aplicação do calcário, aos cinco meses (após a colheita da soja) e aos 11 meses (após o 2º pastejo) após a aplicação do calcário, nos diferentes tratamentos de altura de manejo da pastagem. Nas avaliações efetuadas após a calagem, também amostrou-se a área sem pastejo, onde metade dela recebeu calcário na dosagem equivalente ao restante do experimento e outra metade não recebeu calcário, servindo como testemunha.

4.4.1. Atributos da acidez do solo no perfil após pastejo sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário

Antes do início do experimento, a área experimental foi cultivada durante oito anos no sistema de semeadura direta, usando aveia, no inverno, para produção de sementes e a cultura da soja, no verão, tendo recebido um único pastejo, durante 21 dias, no mês de julho de 2000 (Ítem 3.3). Além disso, uma calagem em superfície, utilizando-se 6 Mg ha⁻¹ de calcário, foi realizada na área cerca de seis anos antes do início do experimento.

O manejo sob semeadura direta com índices muito baixos de erosão devido à pequena declividade da área, aliado ao uso anterior do calcário em superfície, explicam a ocorrência de um gradiente com a profundidade para todos os atributos avaliados (Figuras 17 a 24). Exceto para o magnésio trocável (Figura 22) e para a saturação por alumínio (Figura 24), onde constatou-se interação entre os tratamentos de altura de manejo da pastagem com as profundidades de amostragem, os demais atributos da acidez não sofreram influência dos diferentes tratamentos, sendo afetados apenas pelas profundidades.

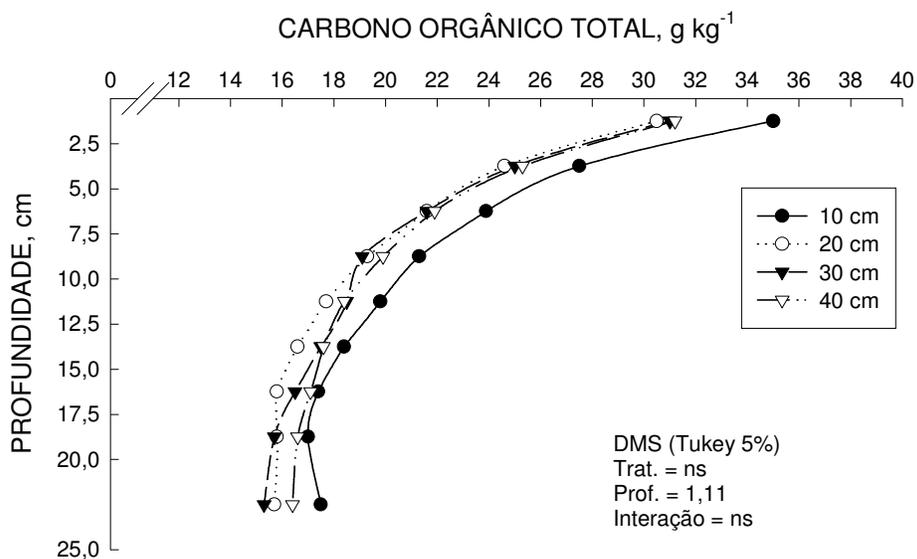


FIGURA 17. Carbono orgânico do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

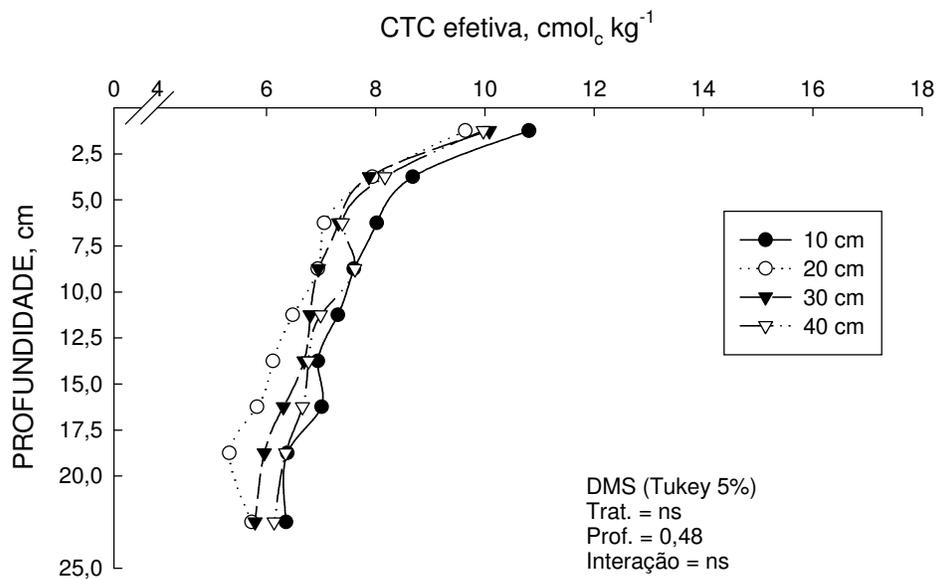


FIGURA 18. CTC efetiva do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

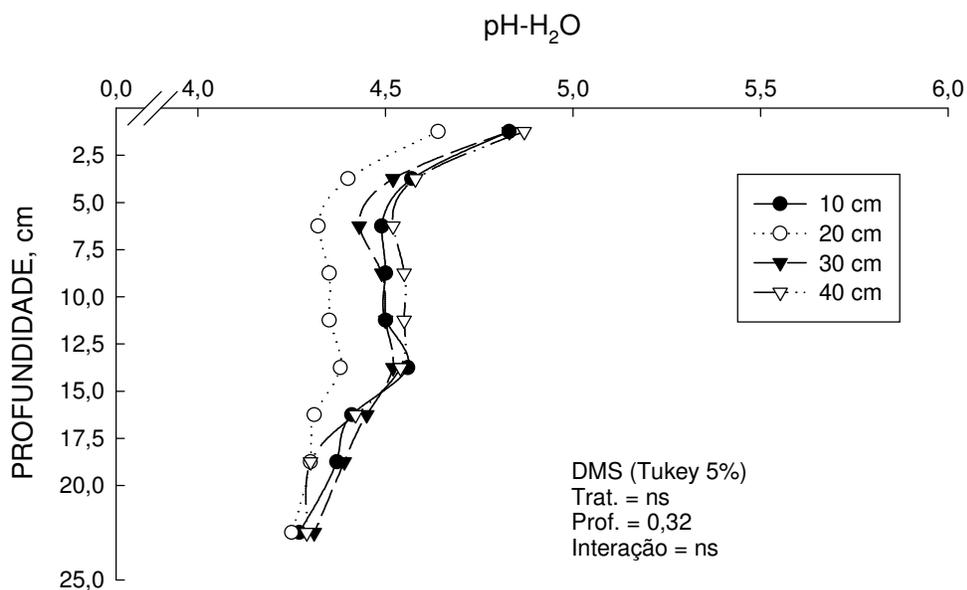


FIGURA 19. pH do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

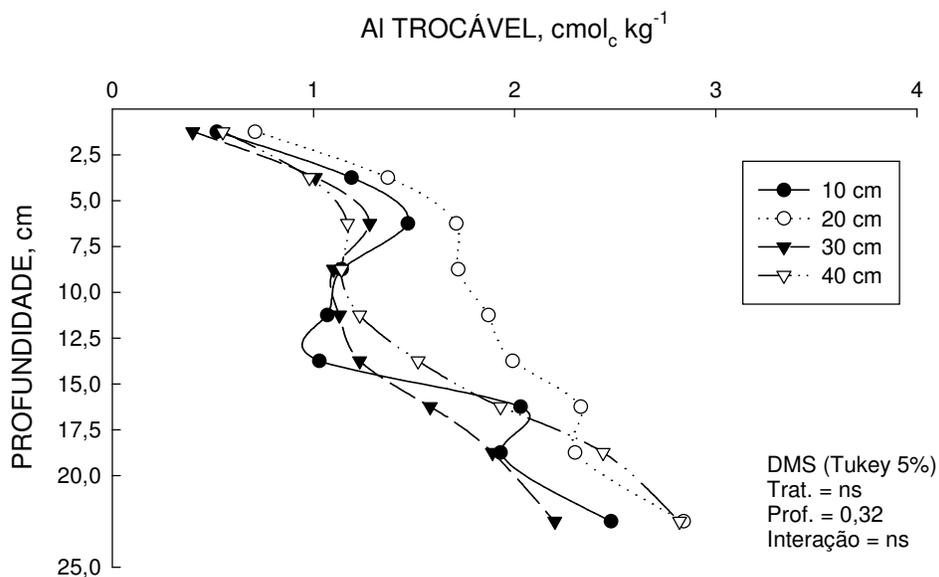


FIGURA 20. Teor de Al trocável após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

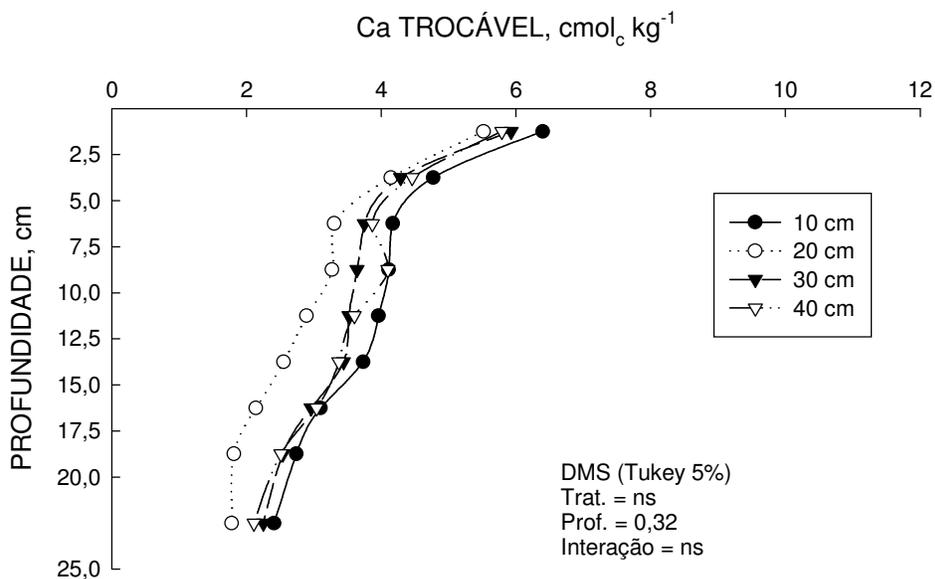


FIGURA 21. Teor de Ca trocável após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

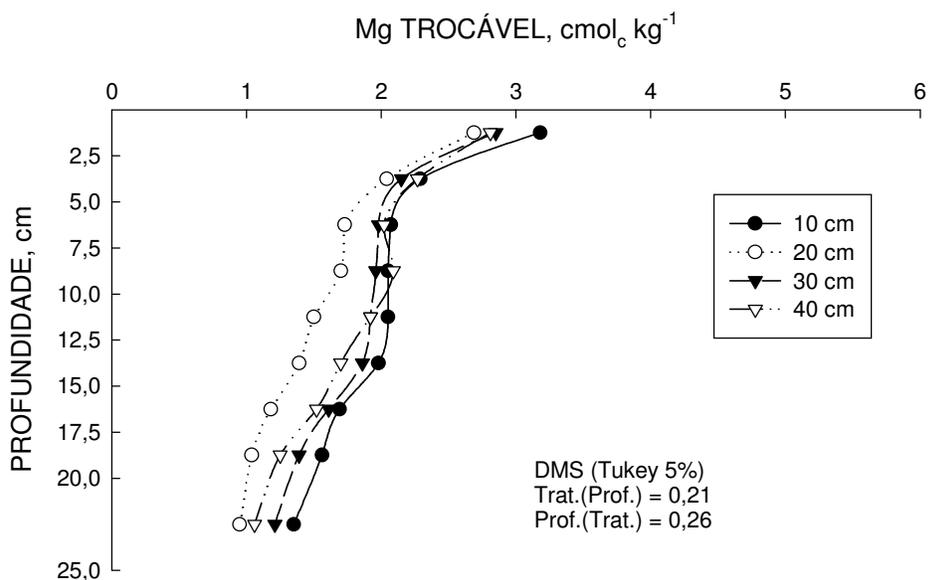


FIGURA 22. Teor de Mg trocável após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

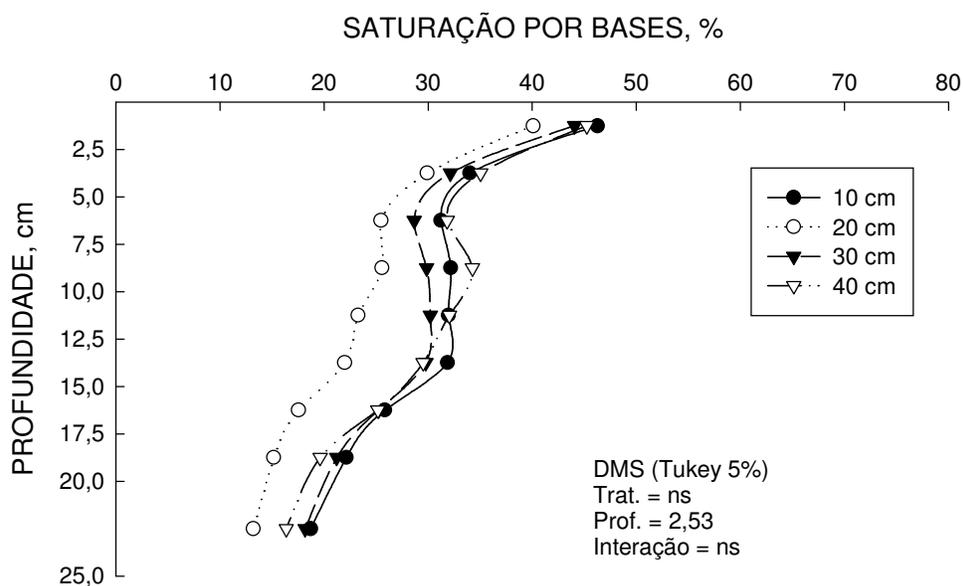


FIGURA 23. Saturação por bases do solo após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

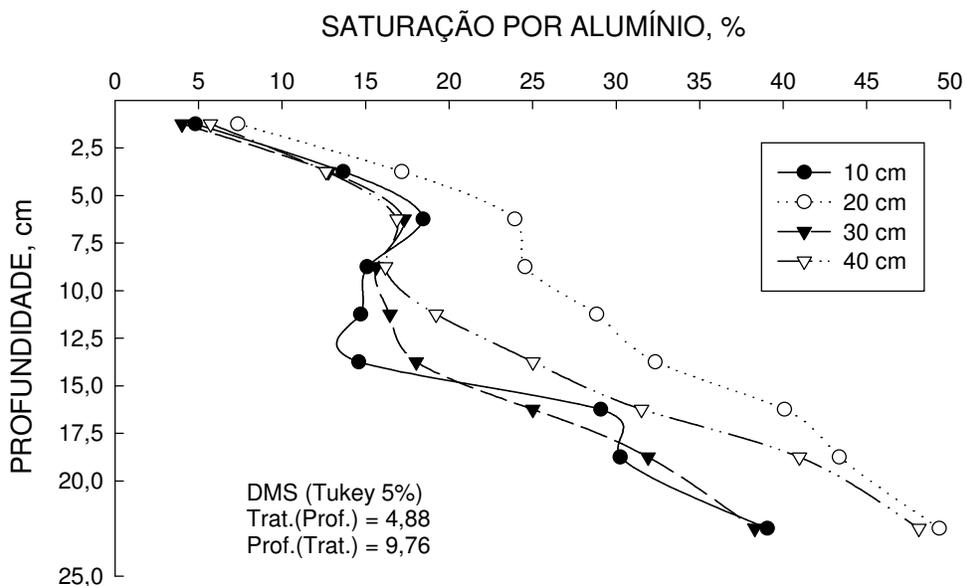


FIGURA 24. Saturação por alumínio após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário (novembro/2001).

Na camada de 0-2,5 cm, o carbono orgânico total atingiu valores na ordem de 32 g C kg⁻¹ de solo, decrescendo acentuadamente até a profundidade de 12,5 cm, quando tendeu a se estabilizar (Figura 17), definindo o gradiente característico do sistema de semeadura direta (Sidiras & Pavan, 1985; Bayer & Mielniczuk, 1997; Gonçalves & Ceretta, 1999), em razão da deposição e manutenção dos resíduos vegetais e animais na superfície do solo, reduzindo a decomposição da matéria orgânica.

O carbono orgânico total e o calcário anteriormente aplicado contribuíram para a elevação da CTC efetiva, pH, cálcio e magnésio trocáveis e saturação por bases (Figuras 18, 19, 21, 22 e 23) e diminuição do alumínio trocável e da saturação de alumínio (Figuras 20 e 24), especialmente nas camadas superficiais do solo.

Bayer & Mielniczuk (1997) também encontraram uma relação linear entre carbono orgânico total e CTC efetiva do solo e destacaram a importância do manejo adequado do solo no sentido de aumentar os teores de carbono orgânico total e, por consequência, a retenção de cátions do solo.

O pH do solo, após o 1º ciclo de pastejo, foi maior na camada superficial do solo, apresentando um valor médio de 4,8. Entre 2,5-15,0 cm de profundidade este valor reduziu para 4,5 e posteriormente para 4,3 nas demais profundidades (Figura 19). Tanto o pH do solo como a saturação por bases, que era de 44% na camada de 0-2,5 cm, reduzindo a partir de então (Figura 23), estando muito abaixo dos 70% indicados para a cultura da soja, indicam que a área experimental necessitava de calagem. Além disso, apesar da área experimental caracterizar um sistema de semeadura direta já consolidado, não se observou a ocorrência da frente de acidificação, característica nos solos de regiões temperadas (Moschler et al., 1973; Blevins et al., 1977; Blevins et al., 1983), possivelmente porque essa área praticamente não recebeu nenhum tipo de adubação nitrogenada, já que a soja era inoculada e a pastagem aproveitava o residual de N fornecido pela soja. Vários autores (Cassol, 1995; Petrere & Anghinoni, 2001; Caires et al., 2002; Marcolan & Anghinoni, 2003), nas condições de solo e clima brasileiros, também não conseguiram identificar a frente de acidificação característica do sistema de semeadura direta.

O teor de alumínio trocável, de 0,55, 1,31, 2,06 e 2,58 cmol_c kg⁻¹ (Figura 20), para as camadas de 0,0-2,5, 2,5-15,0, 15,0-20,0 e 20,0-25,0 cm,

respectivamente, estava numa relação inversa àquela observada para o pH do solo (Figura 19).

Apesar da acidez acentuada, os teores de cálcio trocável eram altos nos primeiros 5 cm ($> 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e médios nas demais profundidades (CFS RS/SC, 1995) (Figura 21), justamente em função da calagem em superfície realizada seis anos antes do início do experimento, utilizando 6 Mg ha^{-1} de calcário.

Além das diferentes massas de forragem, os tratamentos com diferentes alturas se diferenciam quanto a produção de excrementos (urina e fezes). No entanto, entende-se que um ciclo de pastejo não tenha sido suficiente para proporcionar alterações significativas nos atributos da acidez do solo avaliados.

O fato das diferentes alturas de manejo da pastagem não terem influenciado os atributos da acidez do solo logo após o pastejo, concorda com o obtido por Lustosa (1998) que, após dois anos de integração lavoura-pecuária, não observou efeito das ofertas de forragem sobre o pH, o alumínio, o cálcio e o magnésio trocáveis.

Entretanto, para o magnésio trocável e para a saturação de alumínio, os efeitos das diferentes alturas de manejo da pastagem manifestaram-se imediatamente após o pastejo. A menor altura de manejo da pastagem, que corresponde a aplicação da maior carga animal, apresentou maiores valores de magnésio trocável em todas as camadas amostradas, com destaque para a camada de 0,0-2,5 cm, onde esse tratamento se diferenciou dos demais (Figura 22).

Comparando três níveis de oferta de forragem (5, 10 e 15% do PV), Lustosa (1998) não observou efeito significativo destes sobre o teor de magnésio trocável. Por sua vez, Bertol et al. (1998) observaram resposta linear das ofertas de forragem sobre o teor de magnésio trocável em uma pastagem natural. O tratamento de menor oferta de forragem (4%) apresentou os menores valores de cálcio e magnésio, o que, segundo os autores, pode ter sido ocasionado pela exportação através do pastejo e, ainda, à erosão hídrica que pode ter acontecido, devido a baixa cobertura superficial nessa área.

As fezes são a principal via de excreção de magnésio, cujo conteúdo varia entre 0,30 a 0,85% (Weeda, 1977; Hogg, 1981). A maior contribuição com fezes no tratamento de 10 cm, aliada à permanência de uma massa de

forragem média de 1.600 kg de MS ha⁻¹, ao longo do período experimental (Figura 6a), podem ter sido responsáveis pela elevação do teor de magnésio na camada superficial (Figura 22).

A saturação por alumínio, apesar da interação ($P < 0,0376$) entre os tratamentos de altura de manejo da pastagem com as profundidades de amostragem, não apresentou diferenças entre os tratamentos até 7,5 cm de profundidade. A partir dessa profundidade, maiores valores foram encontrados para a pastagem manejada à 20 cm e menores valores para a pastagem manejada à 10 cm (Figura 24). É importante destacar que apenas na camada de 0-2,5 cm a saturação de alumínio foi inferior a 10%, valor considerado crítico para o desenvolvimento das plantas.

Apesar de não significativo para os demais atributos da acidez do solo, percebe-se que a pastagem manejada à 10 cm de altura proporcionou os maiores valores de carbono orgânico, CTC efetiva, pH, cálcio e saturação por bases (Figuras 17, 18, 19, 21 e 23) e os menores de alumínio trocável e saturação por alumínio (Figuras 20 e 24), em praticamente todo o perfil, estando a indicar uma possível contribuição dos excrementos animais sobre esses atributos.

Por outro lado, para praticamente todos os atributos químicos avaliados, destaca-se, negativamente, o tratamento com altura de manejo à 20 cm. Aparentemente não se tem uma explicação lógica, mas menores valores de carbono orgânico, CTC efetiva, pH, cálcio e magnésio trocáveis e saturação por bases e maiores valores de alumínio trocável e saturação por alumínio foram encontrados nesse tratamento, em todo o perfil avaliado. Como tratamento intermediário, o pastejo à 20 cm não se destaca tanto na produção de resíduos vegetais (forragem) como animais (fezes).

4.4.2. Atributos da acidez do solo no perfil após calagem superficial em área anteriormente submetida a pastejo sob diferentes alturas de manejo

Em dezembro de 2001, após a dessecação da pastagem e imediatamente antes da implantação da cultura da soja, aplicou-se 4,5 Mg ha⁻¹ de calcário (PRNT 62%) em toda a área experimental, inclusive naquela que

não recebeu pastejo. Essa última foi dividida e uma parte não recebeu calcário. Após cinco meses (maio/2002) e 11 meses (novembro/2002) da aplicação do calcário, determinaram-se, novamente, os atributos da acidez do solo no perfil (Figuras 25 a 32).

Antes de discutir os resultados é importante destacar que, apesar da pastagem ter sido dessecada imediatamente após o pastejo, o calcário só foi aplicado na área experimental 35 dias após a retirada dos animais. Um segundo fato é que, após a calagem e implantação da cultura da soja, a área experimental sofreu um déficit hídrico caracterizado pela redução na precipitação nos meses de dezembro de 2001 e de janeiro e fevereiro de 2002 (Apêndice 1). Portanto, a reação do calcário com o solo passou a ocorrer, em maior intensidade, muito próximo da data da primeira amostragem pós calagem (maio/2002). Nesse intervalo de tempo, acredita-se que o solo possa ter recuperado parte da estruturação perdida imediatamente após o pastejo e que foi caracterizada na Tabela 5 e nas Figuras 14 e 16, pela elevação na densidade e redução na macroporosidade, taxa de infiltração e infiltração acumulada de água no solo, com a redução da altura de manejo da pastagem. Isso pode ter dificultado a observação da hipótese 2 deste estudo, para a qual a dinâmica do calcário aplicado superficialmente em áreas pastejadas seria dependente da altura de manejo da pastagem.

Após dois períodos de pastejo e um ciclo de soja, com formação de níveis crescentes de resíduos da pastagem (Figura 6), de distribuições distintas dos excrementos produzidos e de rendimentos de grãos de soja diferenciados (discussão posterior), as diferentes alturas de manejo da pastagem não afetaram os teores de carbono orgânico (Figura 25), alumínio trocável (Figura 28) e saturação por alumínio (Figura 32), tanto aos cinco como aos 11 meses após a calagem.

Para carbono orgânico, por exemplo, ao sobrepor-se os dois momentos de avaliações da Figura 25, percebe-se que o mesmo permaneceu inalterado, uma vez que os valores foram muito semelhantes.

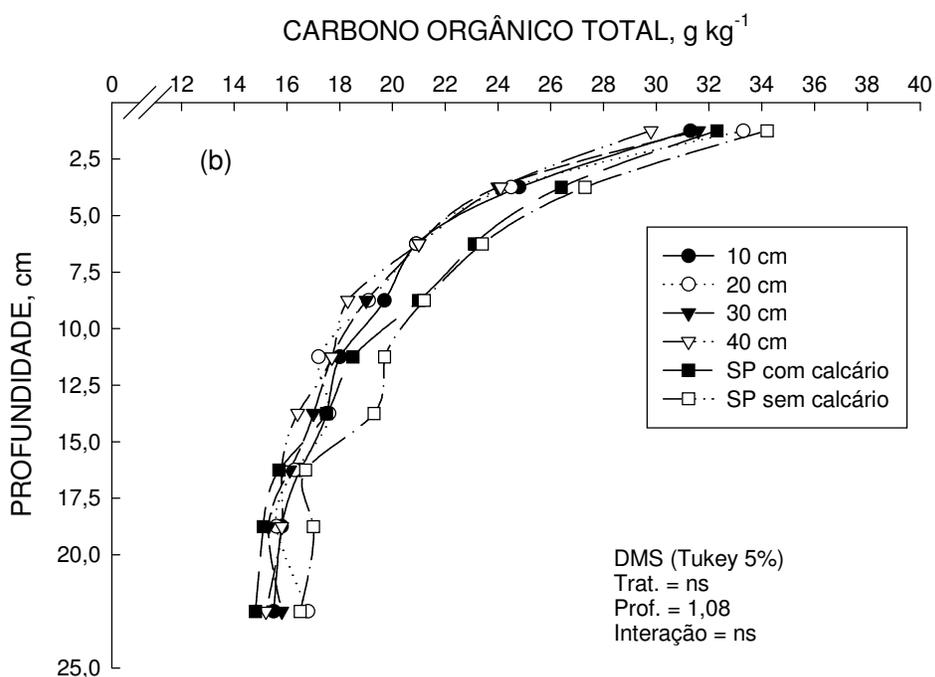
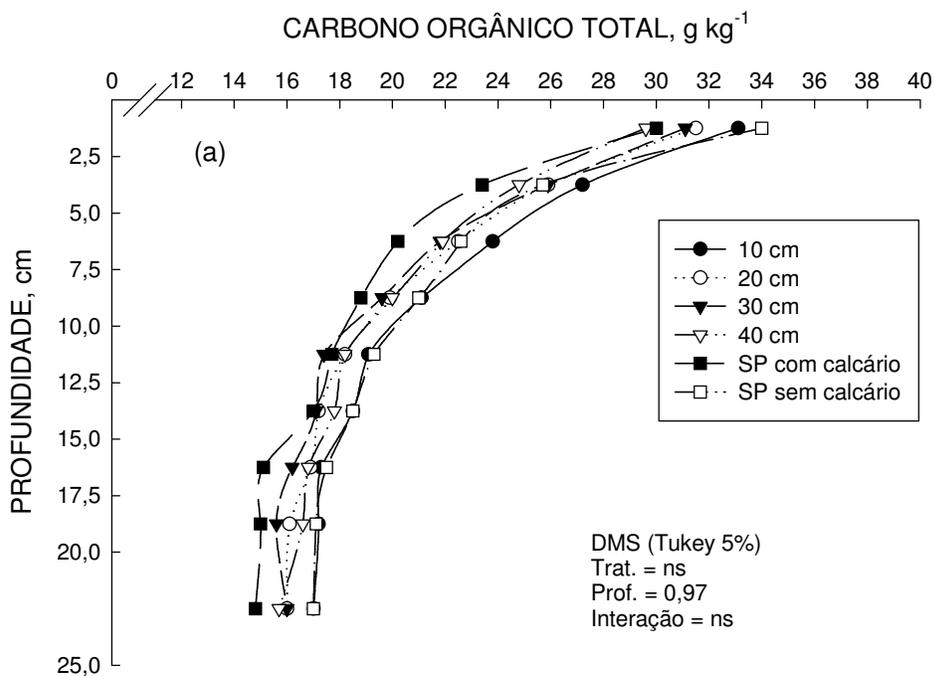


FIGURA 25. Carbono orgânico do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

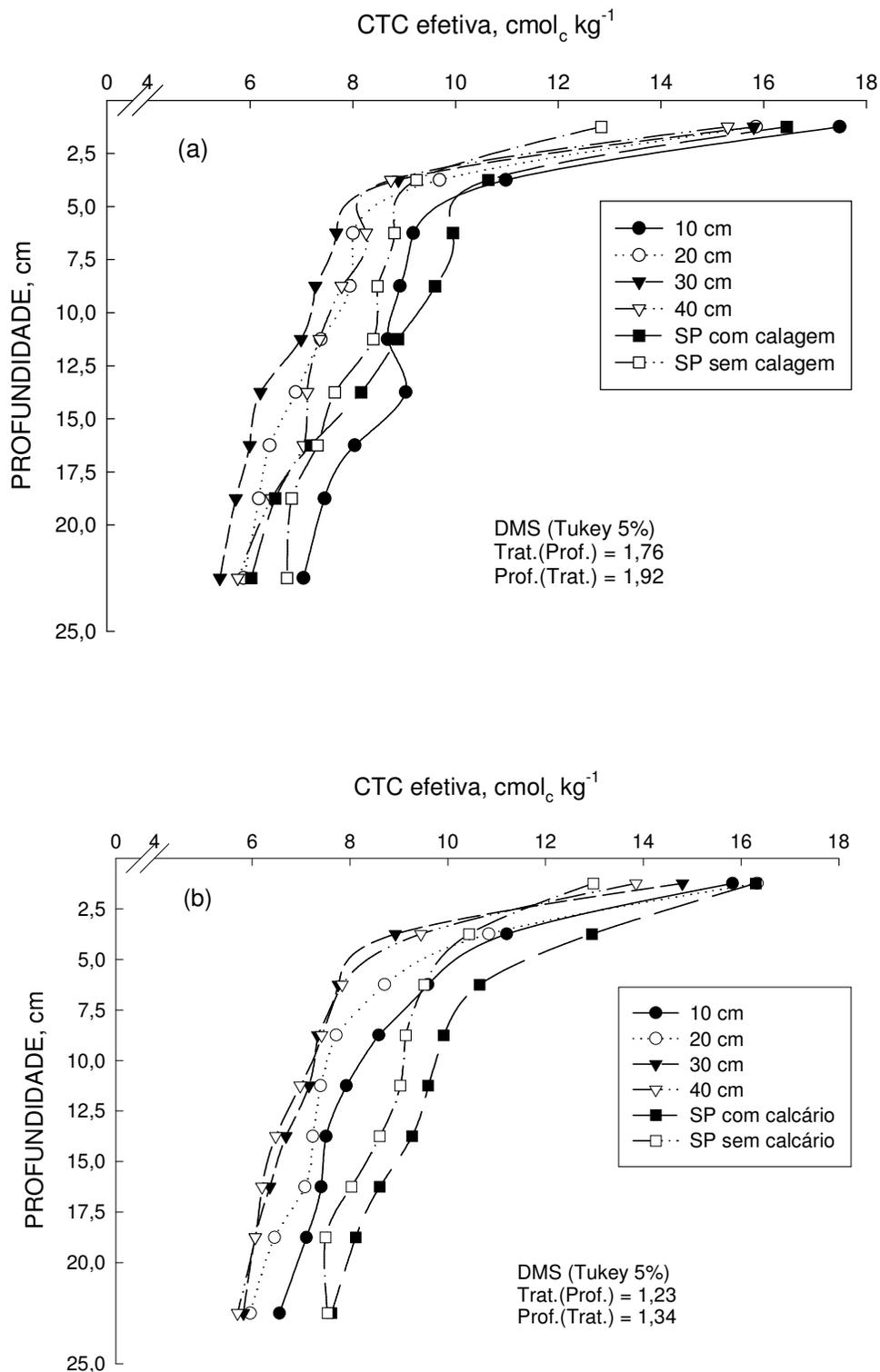


FIGURA 26. CTC efetiva do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

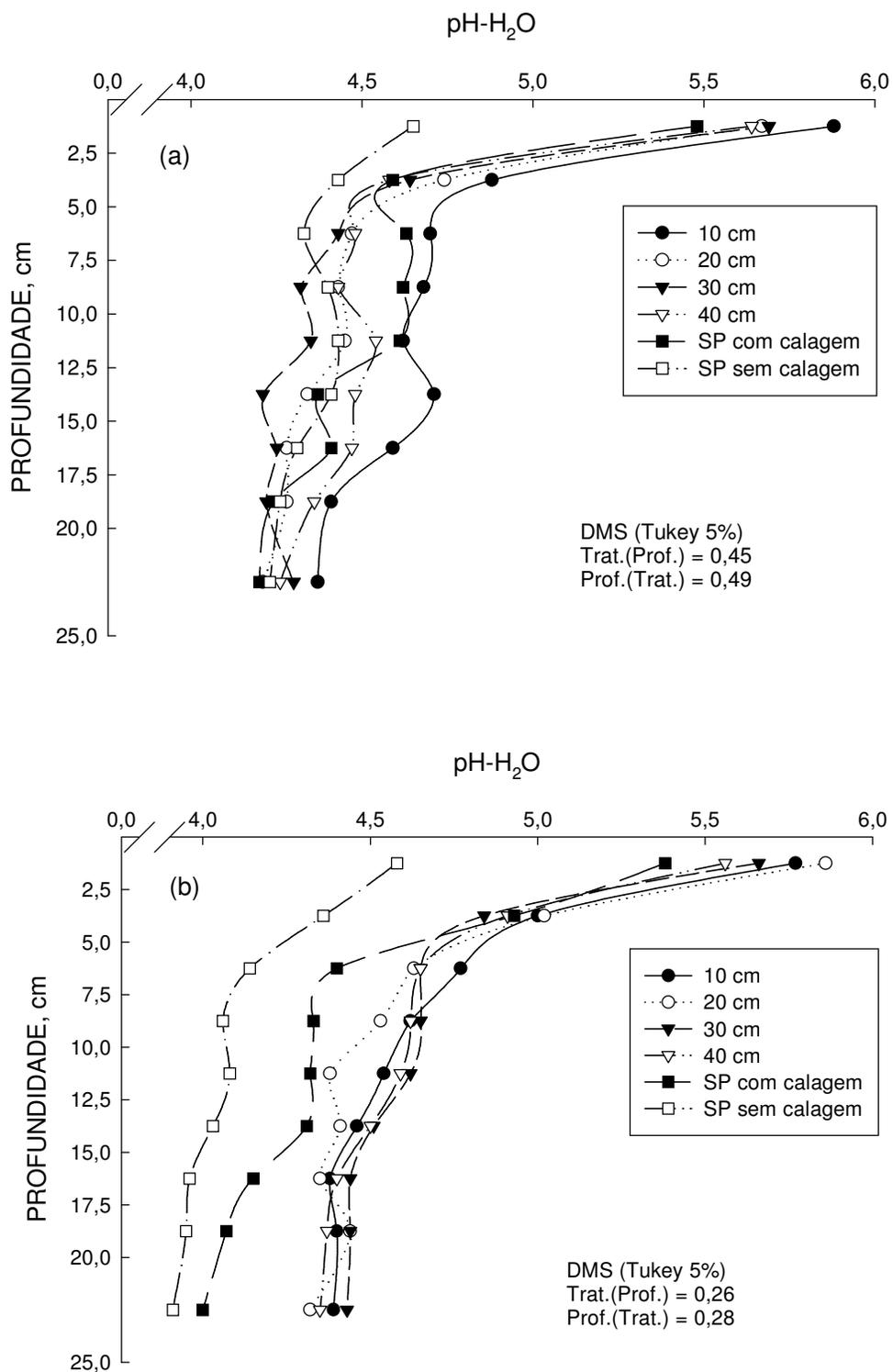


FIGURA 27. pH do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

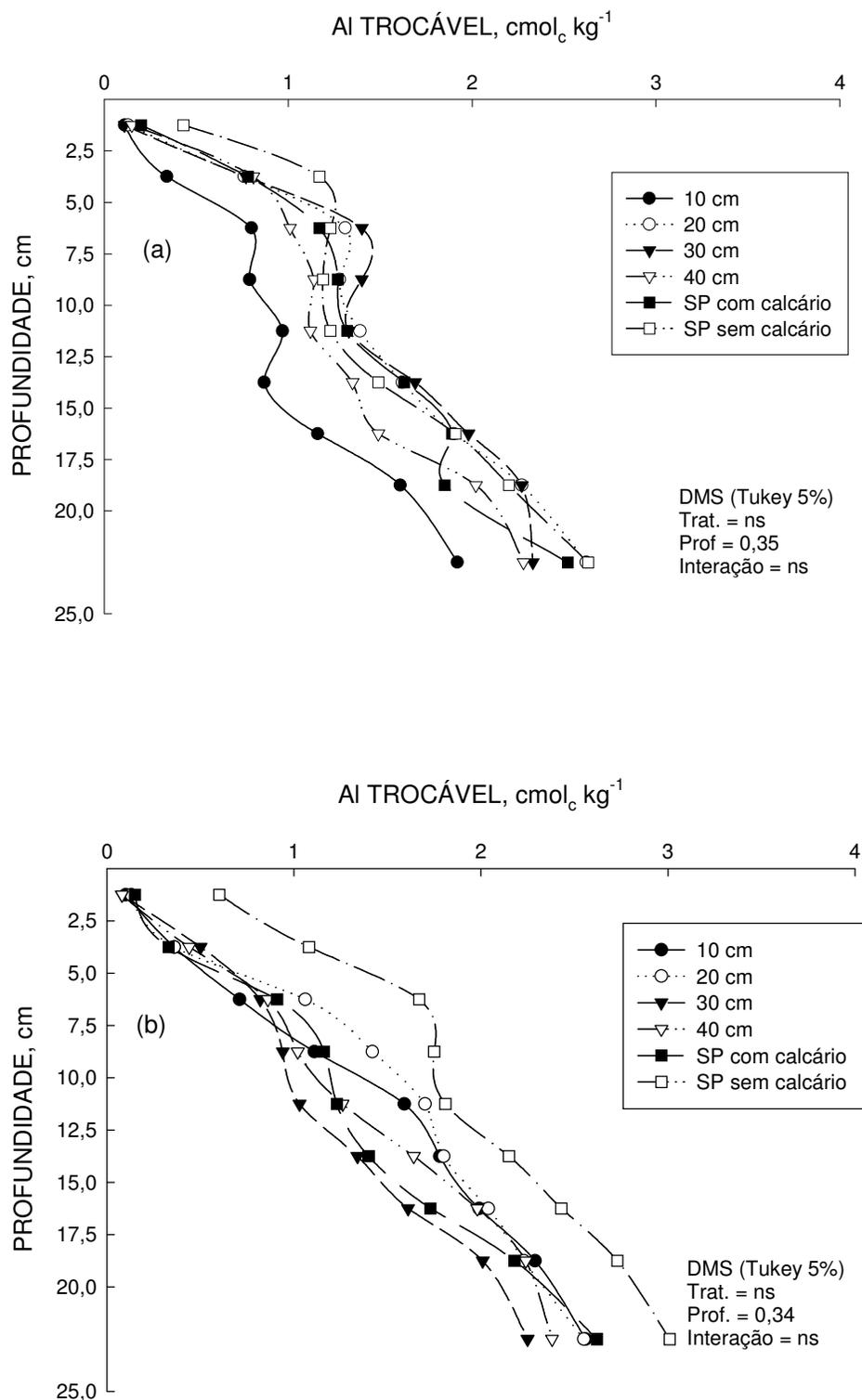


FIGURA 28. Teor de Al trocável (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

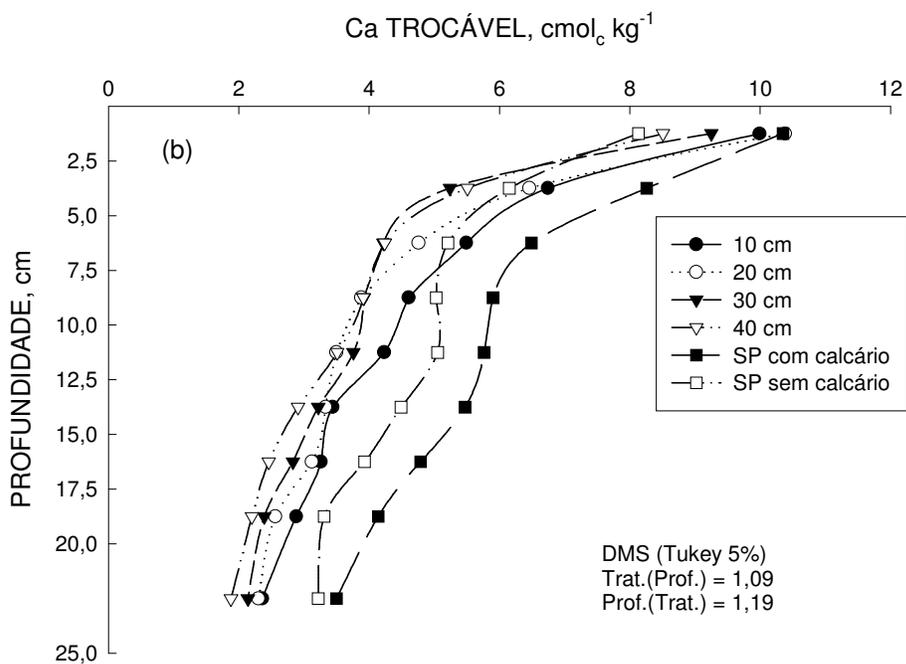
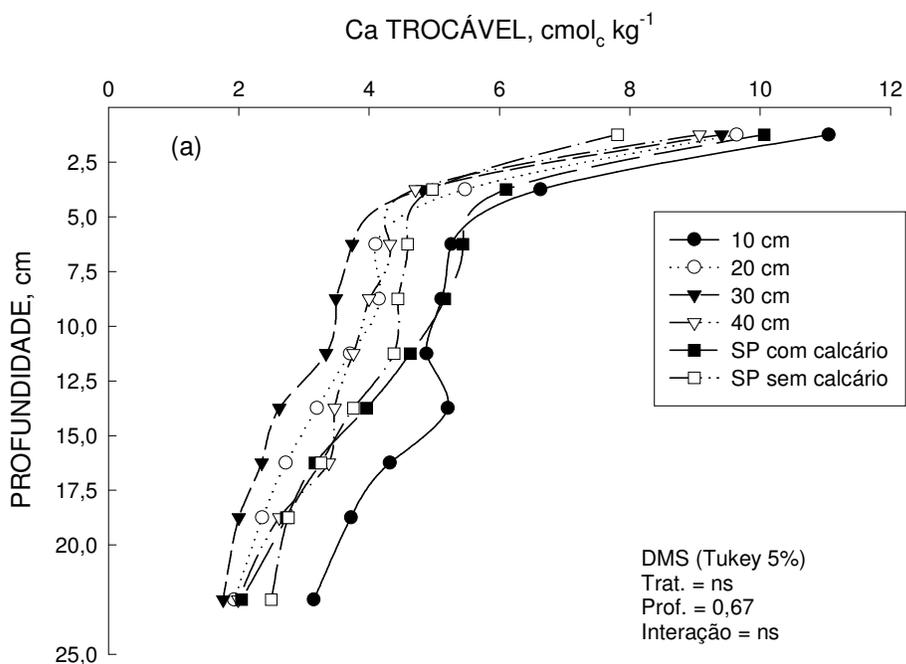


FIGURA 29. Teor de Ca trocável (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

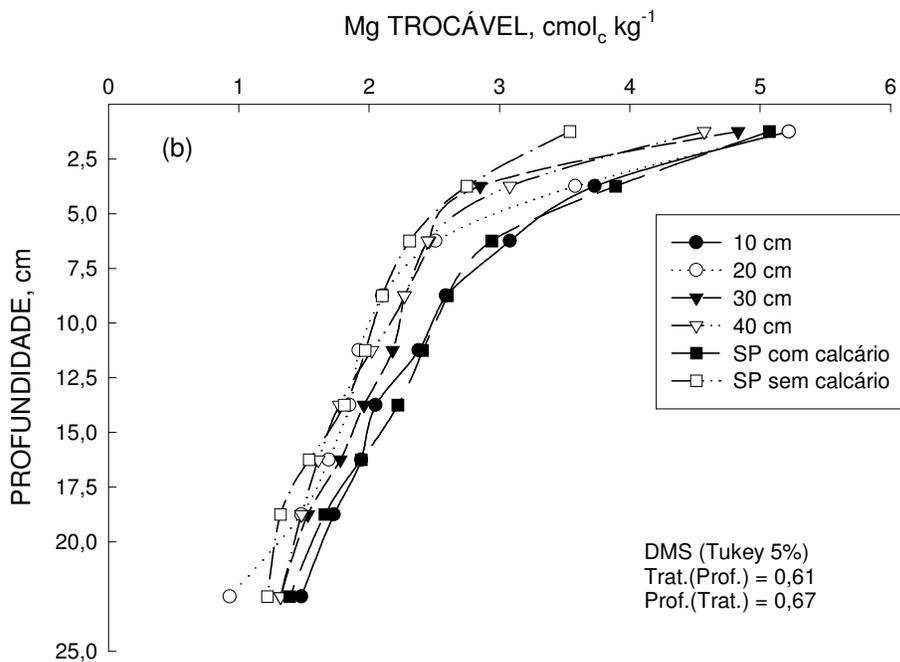
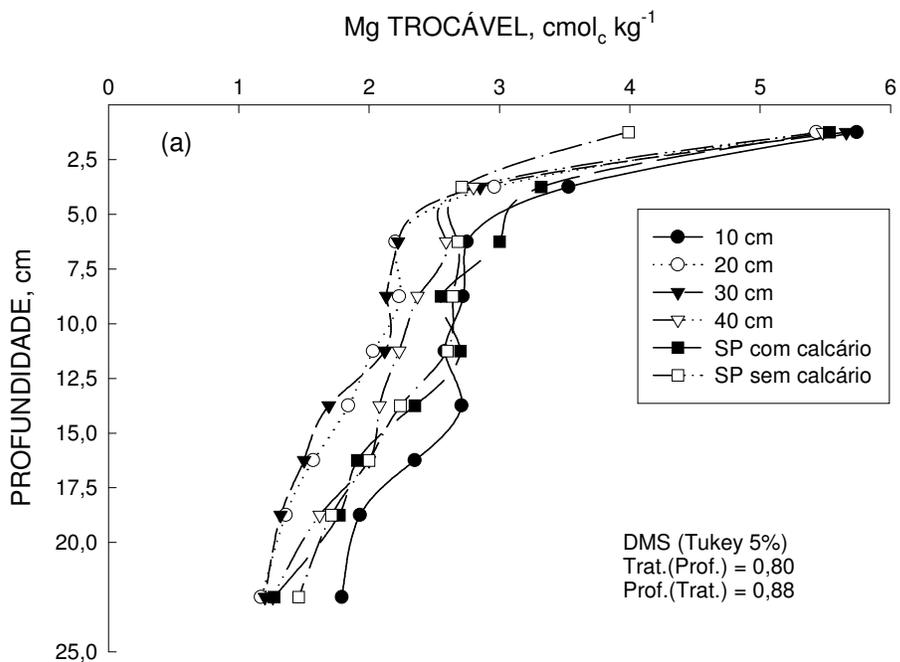


FIGURA 30. Teor de Mg trocável (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

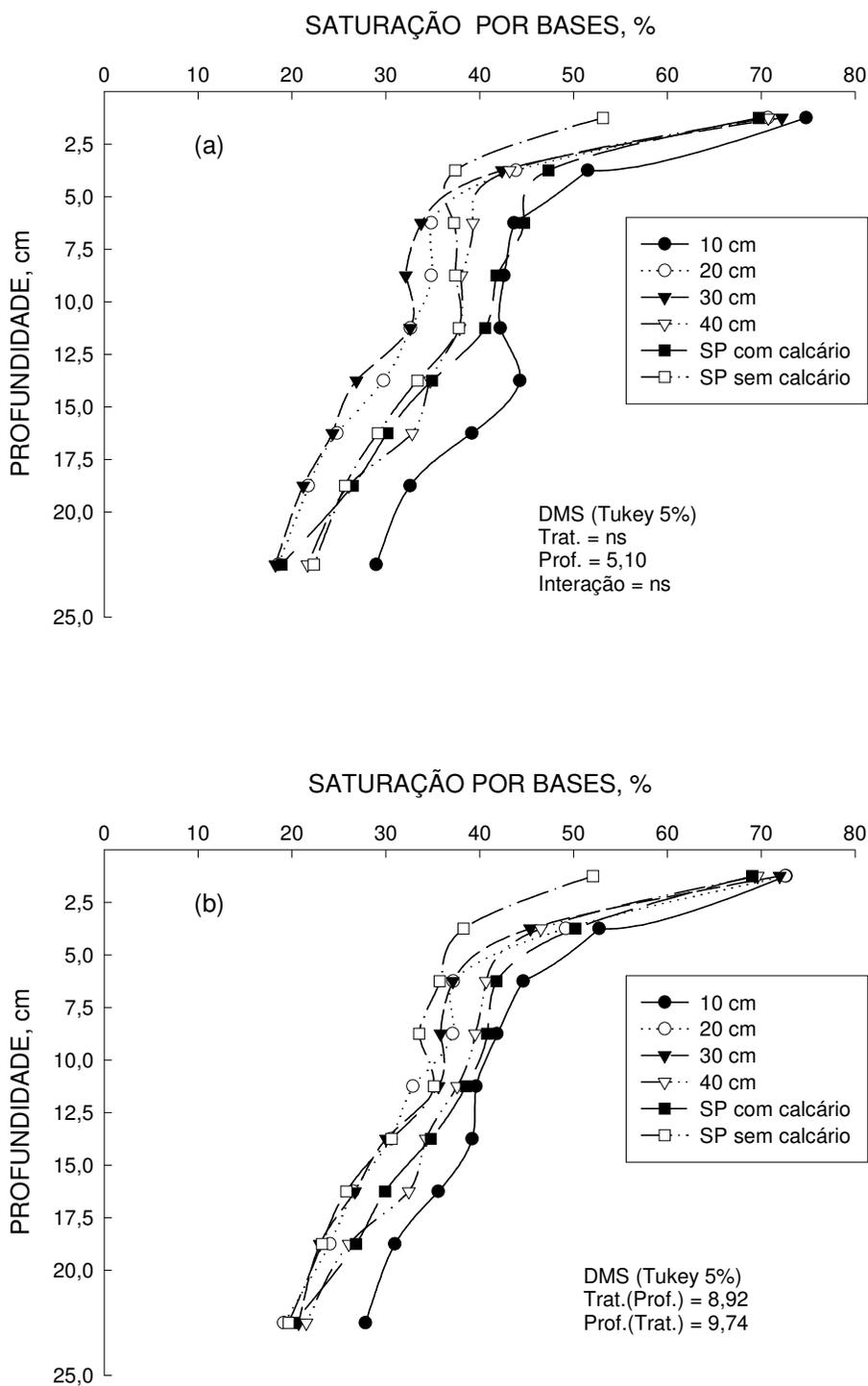


FIGURA 31. Saturação por bases do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

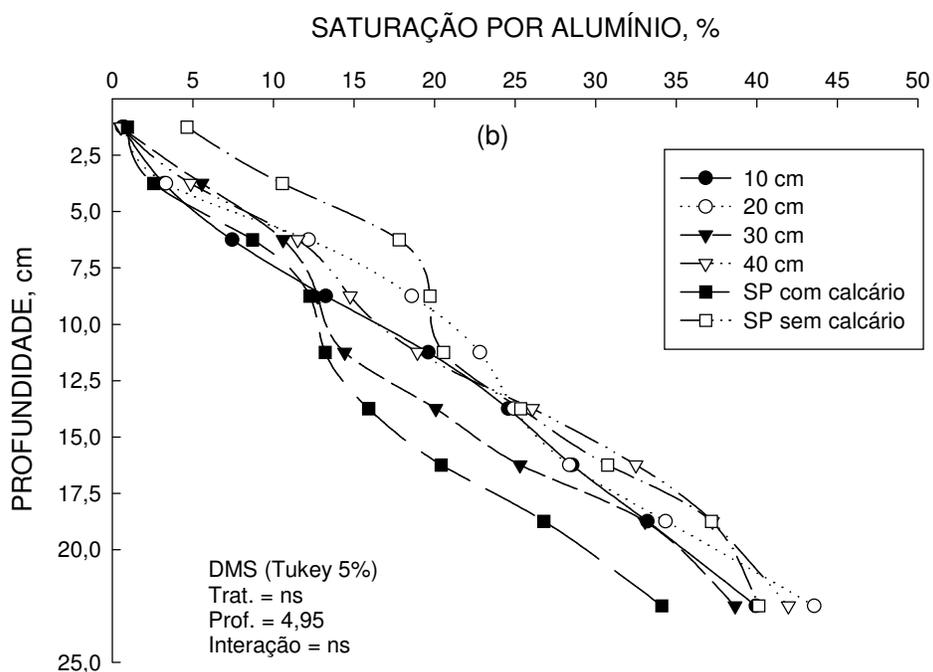
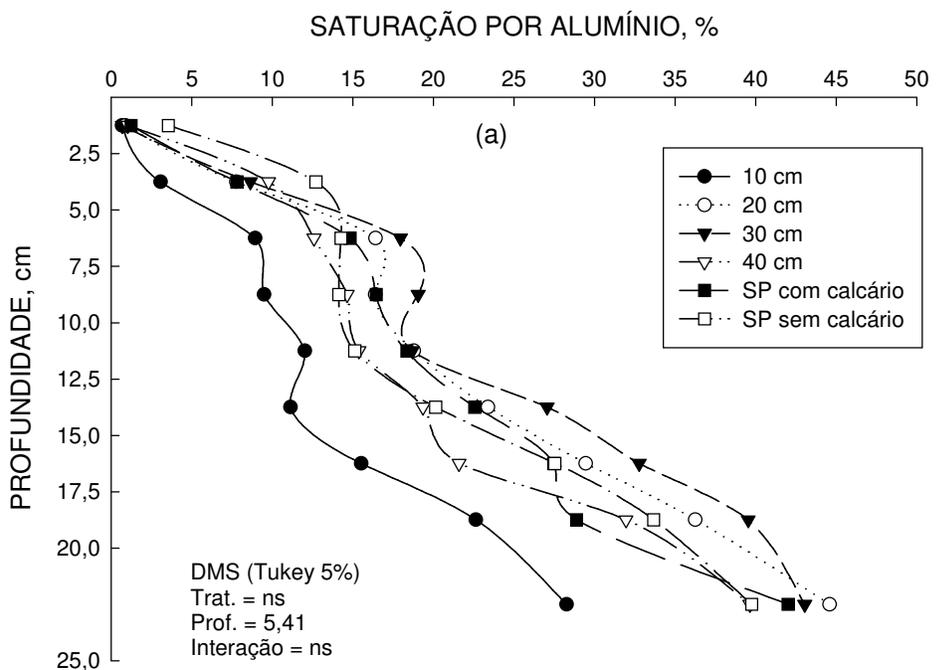


FIGURA 32. Saturação por alumínio do solo (a) cinco meses (maio/2002) e (b) onze meses (novembro/2002) após a aplicação do calcário em área sem pastejo (SP) e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo.

A desuniformidade na distribuição das fezes no terreno é uma das razões que podem explicar a não significância dos tratamentos de altura da pastagem sobre o teor de carbono orgânico. As amostragens de solo foram feitas de maneira aleatória dentro das unidades experimentais, porém, sempre evitando-se as áreas próximas aos cochos de água e de sal e a bordadura próxima à cerca divisória, locais onde, sabidamente, ocorre a maior deposição de excrementos. Apesar disso, Lustosa (1998) não observou efeito dos locais de concentração e da área pastejada, nem mesmo dos diferentes níveis de oferta de forragem sobre o teor de carbono orgânico em dois anos de avaliação, como nesse experimento. Com isso, conclui-se que o fator tempo é outro componente importante, quando o objetivo é alterar os índices de matéria orgânica.

Apesar de não significativo ($P > 0,05$), a aplicação do calcário apresentou uma tendência de reduzir o teor de alumínio trocável (Figura 28) e a saturação por alumínio (Figura 32), em relação à área sem calagem, aos cinco e 11 meses após a aplicação, até 5,0 e 7,5 cm de profundidade, respectivamente.

Nas duas avaliações após a calagem, houve interação entre os tratamentos de altura de manejo da pastagem e as profundidades de amostragem para a CTC efetiva (Figura 26), o pH-H₂O (Figura 27) e o magnésio trocável (Figura 30). Para cálcio trocável e saturação por bases, houve tendência de efeito da calagem na camada superficial, já na primeira amostragem, cinco meses após a aplicação (Figuras 29a e 31a), confirmando a interação 11 meses após a calagem (Figuras 29b e 31b).

Aos cinco meses da aplicação do calcário, o pH do solo (Figura 27a) e o magnésio trocável (Figura 30a) aumentaram em todos os tratamentos que receberam calcário, na camada de 0-2,5 cm, diferindo-se da testemunha sem calagem. Entre 2,5-5,0 cm o tratamento com 10 cm de altura de pastejo não se diferenciou dos demais, porém continuou sendo superior à testemunha sem calagem. Abaixo de 5,0 cm não ocorreram diferenças significativas.

Os efeitos da calagem sobre a CTC efetiva (Figura 26a) foram maiores na camada superficial do solo. Os pastejos à 10 e 20 cm de altura e a área não pastejada e com calagem (SP com calagem) foram superiores aos demais nos primeiros 2,5 cm de solo. Nessa mesma camada, todos os tratamentos foram superiores à testemunha sem pastejo e sem calagem (SP sem calagem).

Abaixo de 2,5 cm a área sem calagem já apresentou valores próximos aos tratamentos com calagem, demonstrando que os efeitos desta sobre a CTC efetiva do solo, tanto aos cinco como aos 11 meses, restringiram-se à camada superficial do solo (Figura 26).

Maiores valores de CTC, pH e magnésio trocável na camada superficial na área anteriormente pastejada à 10 cm de altura, poderiam justificar um acúmulo de calcário nessa camada, uma vez que, imediatamente após o pastejo, observou-se maior densidade e menor macroporosidade nos primeiros 2,5 cm do solo (Tabela 5) e redução da taxa de infiltração de água no solo (Figura 16), atendendo a hipótese 2 desse trabalho. No entanto, isso não se confirmou, pois tanto a CTC efetiva, como o pH e o magnésio trocável, nesse tratamento, continuaram sendo superiores aos demais em todas as profundidades amostradas, porém não distintos da área sem calagem. Isso demonstra que, na escala de tempo em que foram realizadas as amostragens, não houve a relação esperada entre a altura de pastejo ou carga animal aplicada no inverno com a dinâmica do calcário aplicado superficialmente. O processo se comportou de forma semelhante ao ocorrido em lavouras sob semeadura direta apenas com cultivos anuais.

Em área sob semeadura direta há quatro anos e com cultivo de aveia no inverno para cobertura de solo, após aplicação de calcário na superfície, Cassol et al. (1995) também observaram CTC efetiva mais elevada na camada superficial do solo, avaliada 13 meses após a aplicação do calcário. Entretanto, nessa mesma área, em solo de textura franco argilosa, aos oito e 12 anos de semeadura direta, Marcolan & Anghinoni (2003) detectaram efeitos pronunciados sobre o pH, alumínio trocável e saturação de bases até 15 cm de profundidade, 12 meses após a última aplicação do calcário.

Ao aplicar 6 Mg ha^{-1} de calcário (PRNT 100%) na superfície de um Latossolo Vermelho sob campo nativo, os efeitos sobre a CTC efetiva atingiram até 12,5 cm de profundidade, 42 meses após a aplicação, sendo a área, nesse período, trabalhada no sistema de semeadura direta (Petrere & Anghinoni, 2001). Porém, esses mesmos autores, utilizando uma dose menor, equivalente, aproximadamente, a utilizada nesse trabalho, detectaram efeitos pronunciados sobre a CTC efetiva apenas nas camadas superficiais.

Sendo assim, a CTC efetiva do solo é proporcional à dose de calcário aplicada, uma vez que os ânions resultantes da sua dissolução, que poderiam carrear cálcio e magnésio para camadas mais profundas, são consumidos nas reações com cátions ácidos (Fe^{2+} , Mn^{2+} e Al^{3+}) na camada de deposição do calcário (Miyazawa et al., 1996). Após a neutralização desses cátions, que ocorre em pH acima de 5,6 (Pavan & Roth, 1992), é que ocorreria a ação em profundidade. Nesse trabalho, como será mostrado mais adiante, o pH do solo após a calagem atingiu o valor de 5,6 apenas na camada de 0-2,5 cm, razão pela qual os efeitos sobre a CTC efetiva se restringiram a essa camada.

Os teores de cálcio trocável aumentaram, em relação à testemunha sem calagem, apenas na camada de 0-2,5 cm, 11 meses após a calagem (Figura 29b). Apesar de não significativo ($P > 0,05$), devido a um coeficiente de variação próximo a 15%, existe uma tendência de efeito da calagem sobre o teor de cálcio na camada superficial, já na primeira amostragem, cinco meses após a aplicação do calcário.

A saturação por bases apresentou comportamento semelhante ao cálcio trocável, devido a grande contribuição deste para a capacidade de troca de cátions do solo. Após cinco meses da aplicação do calcário, efeitos significativos ($P < 0,00001$) foram observados apenas para as profundidades de amostragem (Figura 31a). A saturação por bases, no entanto, elevou-se para valores próximos a 70% na camada superficial, mantendo e ampliando o gradiente decrescente com a profundidade, já observado antes da calagem.

Aos 11 meses da aplicação do calcário, tanto a CTC efetiva, como o pH- H_2O , o cálcio e o magnésio trocáveis e a saturação por bases apresentaram interação significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos de altura de manejo da pastagem e as profundidades de amostragem.

Os efeitos da calagem ocorreram nas camadas superficiais, com tendência de aprofundarem-se no perfil, demonstrando a importância do tempo de reação do calcário com o solo. Os tratamentos que mais se destacaram foram as áreas pastejadas à 10 e 20 cm de altura e a área sem pastejo e com calagem (SP com calagem). Isso demonstra comportamentos semelhantes para os tratamentos extremos, ou seja, uma ausência absoluta de pastejo e um pastejo com aplicação de uma alta carga animal. A questão que se coloca é: estaria o pastejo reciclando nutrientes e os excrementos animais contribuindo

de maneira semelhante aos resíduos vegetais sobre a dinâmica do calcário aplicado superficialmente?

Na camada de 0-2,5 cm os pastejos à 10 e 20 cm de altura e a área não pastejada e com calagem (SP com calagem) foram superiores à testemunha sem calagem (SP sem calagem) para a CTC efetiva (Figura 26b), o pH-H₂O (Figura 27b), o cálcio (Figura 29b) e o magnésio trocáveis (Figura 30b) e a saturação por bases (Figura 31b). Entre 2,5-5,0 cm observou-se os mesmos resultados para pH, magnésio e saturação por bases, estendendo-se o efeito para pH e magnésio até 15 e 7,5 cm de profundidade, respectivamente. Já, para a CTC efetiva e o cálcio trocável a área sem pastejo e com calagem apresentou valores superiores aos observados nas áreas pastejadas à 10 e 20 cm de altura, nessa camada, sendo que, para o cálcio trocável, esse efeito continuou manifestando-se até 7,5 cm de profundidade.

Comportamento distinto do cálcio em relação ao pH pode ser devido ao fato de que os valores iniciais de cálcio (antes da calagem) eram de médio a altos, dificultando, com isso, aumentos significativos, em função de que a dose de calcário utilizada foi baixa.

Após 11 meses da aplicação do calcário, o destaque ficou para os efeitos observados sobre o pH do solo. A testemunha sem pastejo e sem calagem apresentou uma queda acentuada no pH em relação a situação anterior, cinco meses após a calagem (Figura 27a), fato não ocorrido nos tratamentos que receberam calcário e que mantiveram os valores de pH aproximadamente constantes nas duas avaliações (Figuras 27a e 27b). Os tratamentos com altura de manejo da pastagem de 10, 20 e 30 cm não se diferenciaram entre si em nenhuma profundidade amostrada, apresentando ora um, ora outro, maiores valores.

Analisando apenas as áreas sem pastejo, na Figura 27b, percebe-se que a calagem aumentou o pH do solo até 15 cm de profundidade, o que pode ser atribuído ao calcário, obviamente, mas também ao resíduo vegetal, como destacado por vários autores (Miyazawa et al., 1993; Franchini et al., 1999; Franchini et al., 2000; Miyazawa et al., 2000), caracterizando a mobilidade “orgânica” do calcário. Por sua vez, quando introduziu-se o pastejo e a conseqüente presença dos excrementos, especialmente as fezes, além do

resíduo vegetal, os efeitos sobre o pH do solo estenderam-se até 25 cm de profundidade.

Os resultados observados 11 meses após a aplicação do calcário demonstram que uma frente de alcalinização deve estar descendo no perfil a medida que transcorre o tempo. É possível que, nesse trabalho, o efeito máximo do calcário ainda não tenha sido atingido, uma vez que, em nenhum momento se conseguiu zerar o alumínio trocável (Figura 28): o calcário ainda está reagindo ou a dose utilizada ($4,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi insuficiente.

Efeitos prolongados do calcário com o tempo foram observados por Caires et al. (1998) que, aos 12 meses após a aplicação do calcário na superfície, observaram aumento do pH e dos teores de cálcio e magnésio trocáveis e diminuição do alumínio trocável até 10 cm de profundidade, porém, esse calcário continuou reagindo até 28 meses após a sua aplicação. No Rio Grande do Sul, Pöttker & Ben (1998) num Latossolo e Rheinheimer et al. (2000) num Argissolo, ambos trabalhando com doses crescentes de calcário, demonstraram que a ação do tempo na correção da acidez em subsuperfície foi mais pronunciada para doses maiores, corroborando com Oliveira et al. (1997) que afirmam que a máxima reação do calcário com o solo possa ocorrer entre 18 e 33 meses após a aplicação.

Uma segunda constatação é que os resultados encontrados contrariam a hipótese 2 desse trabalho, para a qual a dinâmica do calcário seria alterada pelo pastejo anterior. Ao contrário, 11 meses após a calagem, as áreas anteriormente pastejadas apresentaram comportamento até superior em relação à elevação do pH em profundidade. Dentre os atributos da acidez estudados, houve uma tendência de melhores resultados quando manejou-se a pastagem à 10 cm de altura.

A grande questão que permanece, portanto, é: por que, após o 2º período de pastejo, passados 11 meses da aplicação do calcário, as áreas pastejadas apresentaram valores de pH superiores a área não pastejada em algumas profundidades amostradas? Estariam os animais e seus excrementos contribuindo para a elevação do pH do solo?

Moraes & Lustosa (1997) citam que o pH do solo, imediatamente abaixo da área afetada pelas fezes, aumenta, devido ao elevado pH (7,0 a 8,0) e a alta concentração de cálcio e magnésio das fezes, cujo principal ânion

acompanhante é o carbonato. Wright et al. (1985) observaram maior crescimento de raízes de cevada nos tratamentos que haviam recebido esterco de vaca e de porco junto com o calcário, comparando com a aplicação isolada de calcário. Os autores atribuem este fato ao efeito dos componentes orgânicos solúveis dos resíduos testados em complexar parte do alumínio e reduzir sua toxicidade. Trabalhando em casa de vegetação e em laboratório, Ernani & Gianello (1983) observaram expressivos efeitos da incorporação de esterco de bovinos e de cama de aviário em reduzir o alumínio trocável, apenas quando utilizaram doses elevadas, 12 e 36 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Amaral (2002) enfatizou a importância do mecanismo de transporte de calcário através da água da chuva, a qual se infiltra e percola no solo pelos bioporos. Se esse mecanismo é realmente importante, a recuperação das características físicas originais de solo submetido a pastejo pode ser muito mais rápida do que se imagina, começando a ocorrer imediatamente após a retirada dos animais. Por outro lado, se os materiais vegetais, mantidos na superfície do solo em áreas sob semeadura direta, podem exercer efeitos positivos sobre a acidez, aumentando o pH e o cálcio e magnésio trocáveis e reduzindo o teor de alumínio pela formação de complexos orgânicos hidrossolúveis (Miyazawa et al., 1993; Miyazawa et al., 1996) é possível pressupor-se que os resíduos animais possam ter capacidade semelhante, de acordo com o observado por Wright et al. (1985) e a pastagem manejada à 10 cm é a que apresenta a maior quantidade desses resíduos devido ao maior trânsito de animais numa mesma área. Para confirmar tal hipótese seria necessário a realização de um novo experimento comparando o efeito dos dois tipos de resíduos. Em relação aos resíduos vegetais os trabalhos que encontraram efeitos em profundidade utilizaram altas doses de resíduos. Por sua vez, ao utilizar 10 Mg ha⁻¹ de resíduos, a ação dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular foi pouco expressiva na correção da acidez no perfil do solo (Amaral, 2002).

4.5. A altura de manejo da pastagem e o desempenho animal

A carga animal média aplicada para estabelecimento e manutenção dos tratamentos de manejo da pastagem de aveia + azevém comportou-se de maneira linear e decrescendo com a altura da mesma (Figura 33). Isso ocorreu nos dois períodos de pastejo e, de acordo com as equações de regressão, a cada cm de aumento na altura da pastagem correspondeu a uma redução na carga animal de 47 e 37 kg de PV ha⁻¹ dia⁻¹ para os períodos de pastejo de 2001 e de 2002, respectivamente (Figuras 33a e 33 b).

Mantendo uma altura próxima a 14 cm durante todo o período de pastejo de aveia branca, azevém e trevo branco, Assmann (2002) observou aumento linear da carga animal em função de doses crescentes de nitrogênio, atingindo 1.878 kg de PV ha⁻¹ dia⁻¹ com 300 kg N ha⁻¹. Por sua vez, Castro (2002), numa pastagem de milho manejada nas mesmas alturas desse trabalho, encontrou uma relação quadrática entre altura e carga animal, utilizando ovinos.

Neste trabalho, em se aumentando a quantidade de N aplicado na pastagem, poder-se-ia aumentar a carga animal, uma vez que a carga máxima obtida foi de 1.359 kg de PV ha⁻¹ dia⁻¹ na altura de 10 cm, no pastejo de 2001. O cuidado a se ter é que, se as altas taxas de crescimento dessa pastagem com utilização de nitrogênio, principalmente no mês de agosto, não forem rapidamente consumidas pelos animais, serão perdidas por senescência, especialmente da aveia.

No Apêndice 17 é mostrado o resultado do teste de médias utilizado para quantificação da carga animal. Em ambos os períodos de pastejo, o tratamento de 10 cm foi superior aos demais, porém, em 2001, os tratamentos de 20 e 30 cm e 30 e 40 cm não se diferenciaram entre si, possivelmente porque uma repetição do tratamento de 30 cm ficou com valores muito próximos dos observados na pastagem manejada a 40 cm (Figura 33a). No pastejo de 2002, todos os tratamentos foram diferentes uns dos outros.

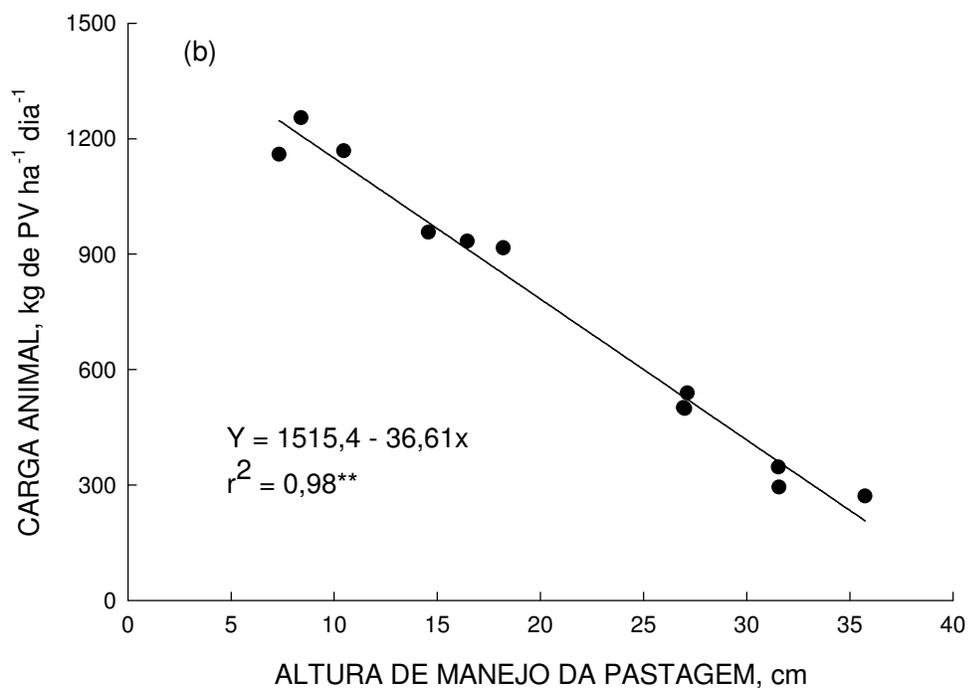
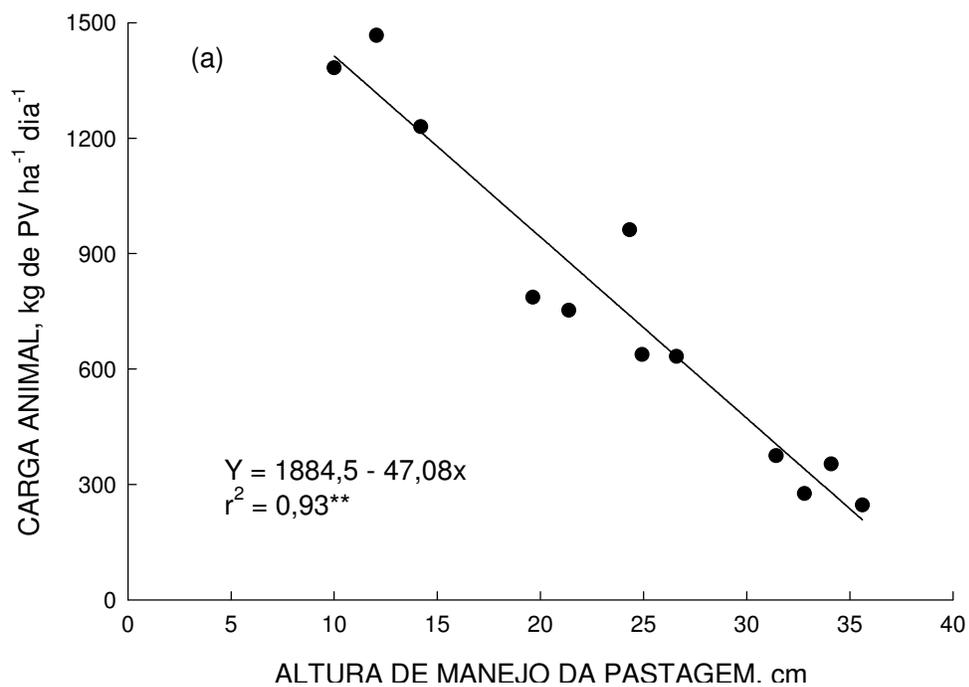


FIGURA 33 Carga animal média na pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

Considerando que os animais utilizados na pastagem apresentavam potencial genético semelhante, o aumento no desempenho animal é condicionado pelo incremento na qualidade e/ou quantidade de forragem disponível (Dougherty & Rhykerd, 1985). Os tratamentos de altura de manejo da pastagem influenciaram o desempenho animal, expresso através do ganho médio diário (GMD), apresentando uma relação quadrática nos dois ciclos de pastejo (Figura 34).

O modelo de resposta do GMD em relação aos tratamentos resultou, no período de pastejo de 2001, em valores máximos de $1,119 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ na altura de pastejo de 28,7 cm (Figura 34a) e, no período de pastejo de 2002, o máximo ganho foi superior ao ano anterior, atingindo $1,213 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ na pastagem com 22,5 cm de altura (Figura 34b).

Esses valores são superiores aos obtidos por Assmann (2002) e semelhantes aos obtidos por Lustosa (1998), em pastagens que incluíam uma leguminosa juntamente com a aveia e o azevém. Esses autores obtiveram 0,99 e $1,18 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente. O modelo curvilíneo de resposta para o GMD em relação a quantidade de forragem disponível, obtido nesse trabalho, foi também obtido em outros trabalhos (Barbosa et al., 2001; Silveira, 2001; Castro, 2002; Moojen & Maraschin, 2002).

No Apêndice 18 estão os valores do GMD dos animais nos dois períodos de pastejo e os respectivos testes de média. No ano de 2001 não houve efeito das alturas de manejo da pastagem ($P > 0,1063$), mas, em 2002, os tratamentos de 20, 30 e 40 cm foram superiores e não se diferenciaram entre si, sendo a maior altura (40 cm) igual à menor altura (10 cm), em termos de GMD.

Os maiores ganhos individuais obtidos em 2002, na comparação com 2001, podem estar relacionados com a maior presença de azevém no segundo período de pastejo (Figuras 10 e 11), decorrentes da semeadura dessa espécie juntamente com a aveia, o que não havia sido efetuado em 2001. O azevém possibilitou um prolongamento do período de pastejo e manteve os ganhos no final do mesmo, quando a aveia já havia entrado em senescência

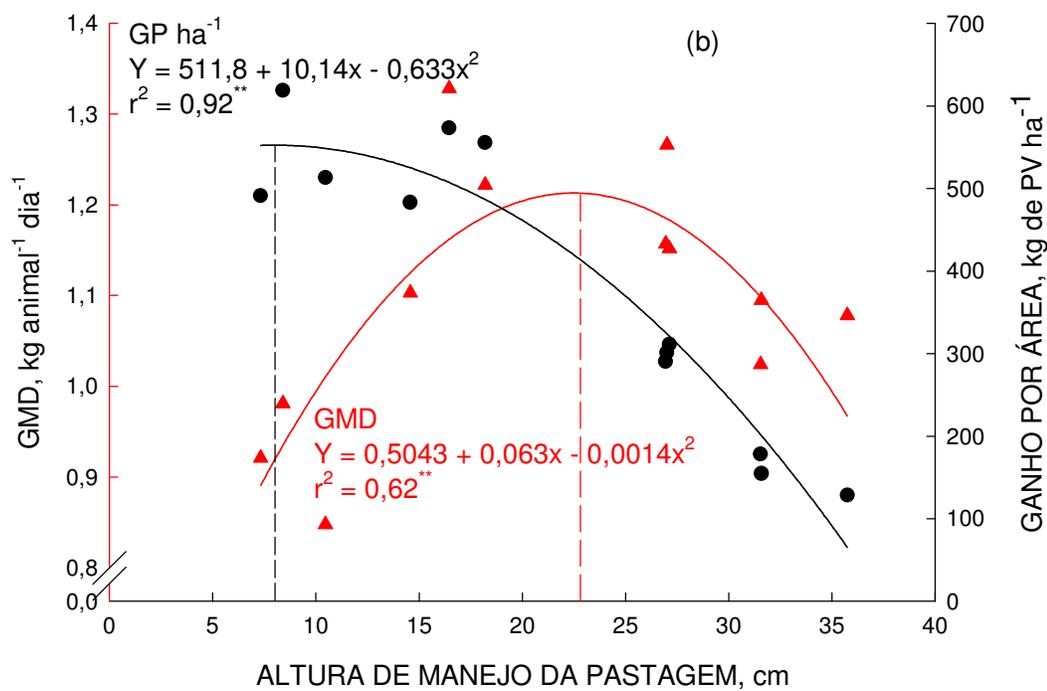
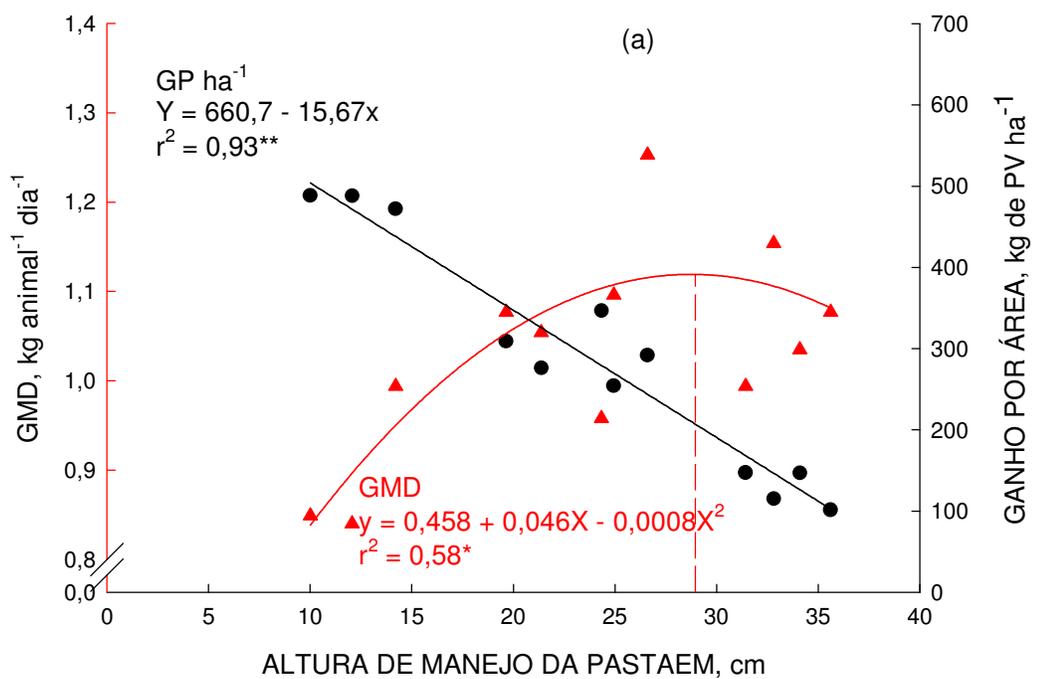


FIGURA 34. Ganho médio diário (GMD) e ganho por área (GP ha⁻¹) de bovinos em pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

Os resultados de ambos os períodos de pastejo demonstraram que, manejar uma pastagem de aveia + azevém acima de 20 cm de altura não traz qualquer benefício em termos de rendimentos individuais. À essa altura correspondeu uma massa de forragem, aproximada, entre 2.500 e 3.000 kg de MS ha⁻¹ (Figura 6), tendo sido suficiente para proporcionar os melhores ganhos.

Manejando com ovinos uma pastagem de milho sob diferentes alturas, Castro (2002) também encontrou melhores resultados de desempenho individual quando a pastagem foi manejada a 20 cm, suficiente para proporcionar massa de forragem acima de 2.890 kg de MS ha⁻¹ e massa de lâminas foliares acima de 440 kg de MS ha⁻¹.

Um segundo aspecto que chama a atenção, nesse trabalho, foi o elevado GMD obtido no tratamento de 10 cm, sendo de 0,894 e 0,917 kg animal⁻¹ dia⁻¹, nos pastejos de 2001 e 2002, respectivamente. Muito provavelmente, mesmo nessa condição, a restrição ao consumo de forragem pelos bovinos foi pequena, já que, segundo Maraschin (1986), para obter-se ganhos acima de 0,75 kg animal⁻¹ dia⁻¹, é necessário pastejo seletivo. Nesse tratamento, a massa de forragem média ficou entre 1.400 a 1.700 kg de MS ha⁻¹ e a restrição alimentar, se ocorreu, deu-se no final dos períodos de pastejo, onde a massa de forragem apresentou valores mais baixos, especialmente no pastejo de 2001 (Apêndice 4). Por sua vez, em razão da baixa carga animal utilizada, o manejo da pastagem a 40 cm implicou em alta quantidade de material senescente e pouca oferta de lâminas foliares, especialmente no final do período de pastejo (Figuras 10a e 10b), o que pode ter contribuído para esse tratamento não se diferenciar daquele com altura de 10 cm. Assim, a redução no ganho de peso individual na maior altura ocorreu, provavelmente, em razão de alterações na estrutura e/ou na qualidade da pastagem (grande número de filhotes em estágio reprodutivo e senescência) que podem ocasionar uma diminuição no consumo pela redução da profundidade do bocado e um aumento no tempo necessário à procura e apreensão de folhas (Carvalho et al., 1999).

Num sistema de integração lavoura-pecuária o GMD dos animais é muito importante, principalmente quando estes forem destinados à terminação. Assim, pastejando durante 120 dias com ganhos médios de 1,250 kg animal⁻¹

dia⁻¹, é possível acumular-se 150 kg de PV, aumentando as possibilidades de abate já na saída do ciclo de inverno dependendo, obviamente, da massa corporal de entrada dos animais.

O ganho de peso vivo por área (GP ha⁻¹) é o produto do GMD pelo número de animais por hectare suportado pela pastagem, expresso pela carga animal (Mott & Moore, 1985). Diferentemente do GMD, que apresentou modelo curvilíneo em ambos os ciclos de pastejo, o GP ha⁻¹ apresentou resposta diferenciada nos pastejos de 2001 e 2002 (Figura 34).

No período de pastejo de 2001, o GP ha⁻¹ apresentou uma resposta linear e negativa, situando-se, de acordo com a equação de regressão, entre 102,69 e 502,43, na medida em que havia redução da altura de manejo da pastagem (Figura 34a). Como não houve variação no GMD entre os tratamentos, o maior ganho por área observado no tratamento de 10 cm deveu-se a aplicação de uma maior carga animal (Figura 33a).

Trabalhando com capim elefante anão cv. Mott, Almeida et al. (2000) também encontraram relação linear e negativa entre o GP ha⁻¹ e os níveis de oferta de forragem. Para ofertas de 3,8, 7,5, 10,5 e 14,7 kg de MS/100 kg de PV, que corresponderam à alturas de 22,0, 42,4, 61,4 e 67,1 cm, esses autores obtiveram 1431, 1206, 1188 e 828 kg de PV ha⁻¹, respectivamente. Semelhantemente, para ofertas de forragem de 5, 10 e 15% do PV, numa pastagem de aveia, azevém, trevo branco e trevo vermelho, Lustosa (1998) obteve, respectivamente, ganhos de peso por hectare de 701,2, 505,5 e 403,3 kg de PV ha⁻¹.

No pastejo de 2001, o tratamento de 10 cm de altura de manejo da pastagem foi superior ao 20 e 30 cm, que não diferiram entre si (Apêndice 19).

Por outro lado, a resposta do GP ha⁻¹ em relação às diferentes alturas de manejo da pastagem, no período de pastejo de 2002, ocorreu de forma quadrática (Figura 34b). De acordo com a equação de regressão a produção máxima foi de 552,41 kg de PV ha⁻¹ para uma pastagem manejada à 8,0 cm de altura.

Nesse segundo pastejo, porém, os tratamentos de 10 e 20 cm foram superiores aos demais e não diferiram entre si em relação ao ganho por área (Apêndice 19).

Trabalhando com níveis de N numa pastagem cultivada de inverno, Assmann (2002) obteve ganhos de peso vivo variando entre 480 a 656 kg de PV ha⁻¹, para 0 e 300 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

Os dados obtidos neste trabalho e em outros desenvolvidos no sul do país demonstram o alto potencial de produção de carne a pasto. Em que pese os elevados ganhos por área obtidos no tratamento de 10 cm de altura de manejo da pastagem, é importante salientar que este proporcionou a menor massa de forragem (Figura 6), a menor quantidade de resíduo remanescente sobre a superfície do solo (Figura 8) que, juntamente com a massa de forragem, serviram de cobertura do solo para o recebimento da cultura da soja, além de uma maior compactação superficial causada pelo excessivo pisoteio animal e caracterizada por uma maior densidade do solo na camada superficial (Figura 14). Dessa forma, num sistema de integração lavoura-pecuária é preciso encontrar uma carga animal ou altura da pastagem que ofereça condições para obtenção de elevados ganhos de peso, mas que não comprometa o desenvolvimento da lavoura de verão, conforme será discutido no próximo item.

Uma relação quadrática entre a oferta de matéria seca total e as alturas de manejo da pastagem foi obtida nos dois períodos de pastejo (Figura 35), com ofertas muito semelhantes e variando de 4,8 a 26,4% e 4,7 a 22,7%, nos períodos de pastejo de 2001 e de 2002, respectivamente, conforme as equações de regressão.

A identificação do ponto de altura (28,7 cm) que proporcionou o máximo GMD no ciclo de pastejo de 2001, permite encontrar uma oferta de forragem correspondente de 15,1% (Figura 35a). Em 2002, como o máximo GMD ocorreu numa altura menor (22,5 cm), a oferta de forragem que proporcionou esse ganho foi de 11,0% (Figura 35b). Para uma pastagem cultivada de verão, pastejada por ovinos, 23,6% foi a oferta total que proporcionou o máximo GMD dos animais (Castro, 2002).

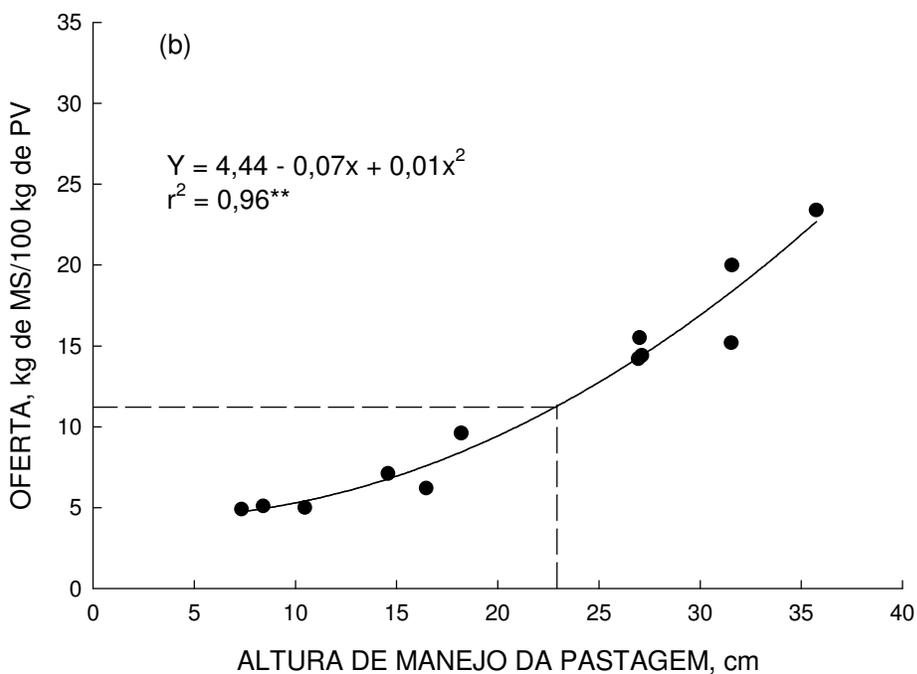
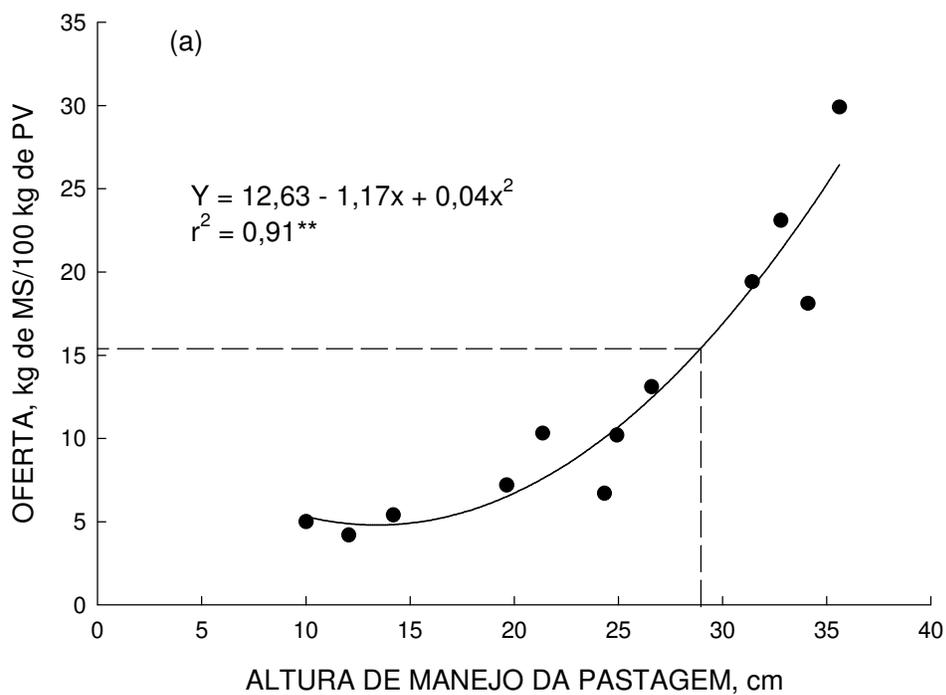


FIGURA 35. Oferta total de matéria seca em pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de (a) 2001 e de (b) 2002.

Os valores médios das ofertas de forragem são mostrados no Apêndice 20. Em ambos os períodos de pastejo, as alturas de 30 e 40 cm proporcionaram as maiores ofertas. Entretanto, os melhores índices produtivos individuais foram alcançados nas alturas intermediárias de manejo da pastagem, entre 8 a 14% de oferta de matéria seca total, aproximadamente. De acordo com as regressões da Figura 6, as alturas que proporcionaram os máximos GMD, corresponderam a uma massa de forragem de 3.952 e 3.202 kg de MS ha⁻¹, respectivamente, para os períodos de pastejo de 2001 e de 2002. Trabalhando com uma média entre os dois períodos de pastejo é possível pressupor-se que valores acima de 25 cm, 14% e 3.500 kg MS ha⁻¹, para altura, oferta e massa de forragem, respectivamente, não proporcionem melhorias nos índices de produtividade animal.

Avaliando a produção de cordeiros em pastagem de azevém anual manejada em diferentes alturas, Silveira (2001) encontrou os melhores índices produtivos quando a oferta de forragem apresentou valores de 14,4%, semelhante a esse trabalho.

4.6. A altura de manejo da pastagem e o rendimento de soja

O N é o nutriente que a cultura da soja necessita em maior quantidade; podendo ser proveniente do solo (oriundo da decomposição da matéria orgânica e das rochas), do fertilizante, das descargas elétricas ou do processo de fixação biológica do N₂ (FBN) atmosférico (Hungria et al., 1997). As quantidades de N mineral provenientes do solo e das descargas elétricas são baixas. O N dos fertilizantes nitrogenados possui custo elevado e é de baixa utilização pela planta. Resta a contribuição da fixação biológica do N₂ por simbiose.

As diferentes alturas de manejo da pastagem de aveia + azevém, no inverno, não afetaram a nodulação de soja, tanto em número ($P > 0,8057$) como em massa seca de nódulos por planta ($P > 0,8153$) (Tabela 7), embora tenha havido uma tendência de aumento com a elevação da altura da pastagem até 30 cm.

TABELA 7. Nodulação de plantas de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo

Altura de manejo pretendida	Nodulação ^{ns}	
	Nº nódulos planta ⁻¹	Matéria seca de nódulos
..... cm .....		..... mg planta ⁻¹
10	101	249,6
20	115	279,7
30	112	311,2
40	128	297,8

^{ns} = não significativo

A eficiência do processo de FBN depende de vários fatores, entre os quais, fatores físicos do solo (temperatura e umidade), fatores genéticos e nutricionais ligados à planta, além da eficiência e da capacidade das estirpes de competir e formar nódulos. Apesar da planta encontrar características de solo distintas (Figura 14), a reinoculação das sementes, aliada a população natural garantiram a eficiência do processo de FBN, não sendo afetado pelas diferentes alturas.

Admitindo-se que na altura de manejo de 10 cm tenha havido uma compactação superficial, uma menor quantidade de resíduo, afetando temperatura e umidade do solo e uma maior contribuição com nitrogênio proveniente da maior produção de excrementos (urina e fezes), poder-se-ia esperar uma redução na nodulação. Entretanto, ao avaliar-se individualmente a planta, isso não ocorreu e possíveis diferenças no rendimento de soja poderão ser explicadas pela população de plantas por área.

Em avaliação efetuada antes da colheita da soja, constatou-se efeito ($P < 0,0014$) das alturas de manejo da pastagem sobre a população de plantas (Figura 36). Em área anteriormente pastejada a 30 e 40 cm, a população de plantas de soja não se diferiu da área sem pastejo, porém, os tratamentos sem pastejo e pastejo a 40 cm de altura foram superiores aos pastejos a 10 e 20 cm.

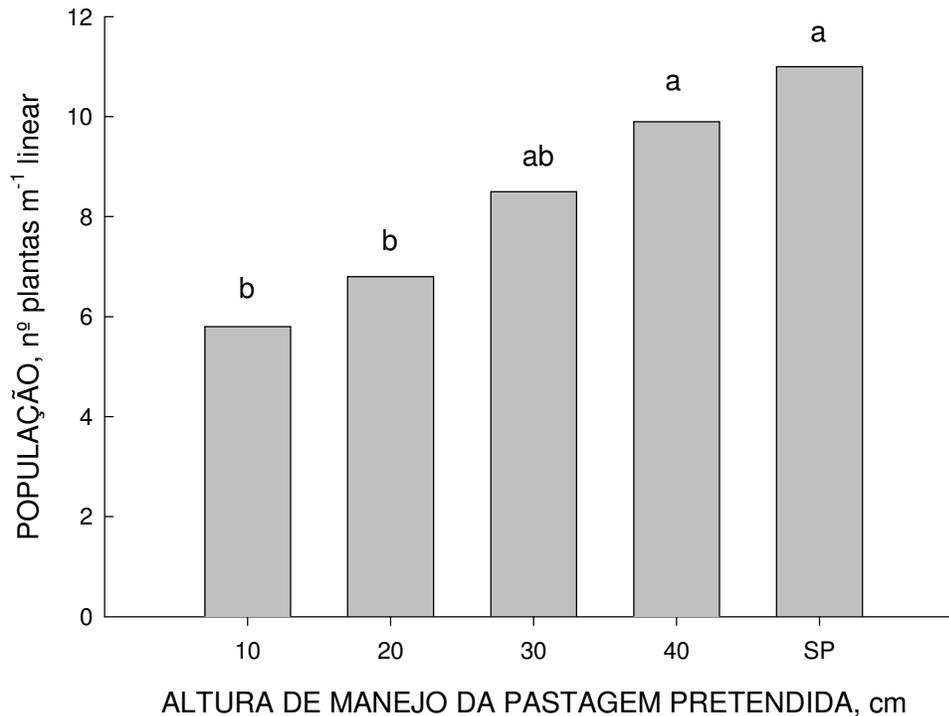


FIGURA 36. População final de plantas de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo, comparada à uma testemunha sem pastejo (SP). Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No momento da semeadura da soja, a compactação superficial verificada imediatamente após o primeiro ciclo de pastejo (Figura 14) dificultou a atuação do sulcador de adubo do tipo facão. No tratamento com altura de manejo de 10 cm, em função da menor produção de resíduos (Figura 6a) ocasionada pela alta carga animal (Figura 33a), o sulcador atuou até 7 cm de profundidade, ao passo que, nos demais tratamentos, a profundidade de trabalho do sulcador foi de 13 cm.

Imediatamente após a semeadura, a área experimental passou por um período de déficit hídrico (Apêndice 1), o qual foi responsável pela dificuldade de estabelecimento da cultura da soja, especialmente no tratamento de pastejo em menor altura, onde o sulcador atuou diferentemente das demais. A medida que aumentou-se a altura de manejo da pastagem, ocorreu aumento na massa de forragem que serviu de base para a implantação da soja no sistema de

semeadura direta, bem como redução na densidade do solo na camada superficial, fazendo com que a população de plantas aumentasse, à ponto de, nas maiores alturas, não diferenciar-se da condição sem pastejo, o que demonstra que, desde que se proceda um manejo adequado da pastagem, a cultura que vem na seqüência não sofre qualquer prejuízo.

O rendimento de grãos de soja em área pastejada sob diferentes alturas, no inverno, apresentou um modelo quadrático de resposta (Figura 37), onde obteve-se, pela regressão, rendimento máximo de 3.806 kg ha⁻¹ sobre a pastagem manejada com 35,6 cm de altura. Pelo modelo de resposta, observa-se que o valor máximo de rendimento de grãos foi obtido com a máxima altura de pastejo, não estando a indicar um limite, dentro das alturas testadas.

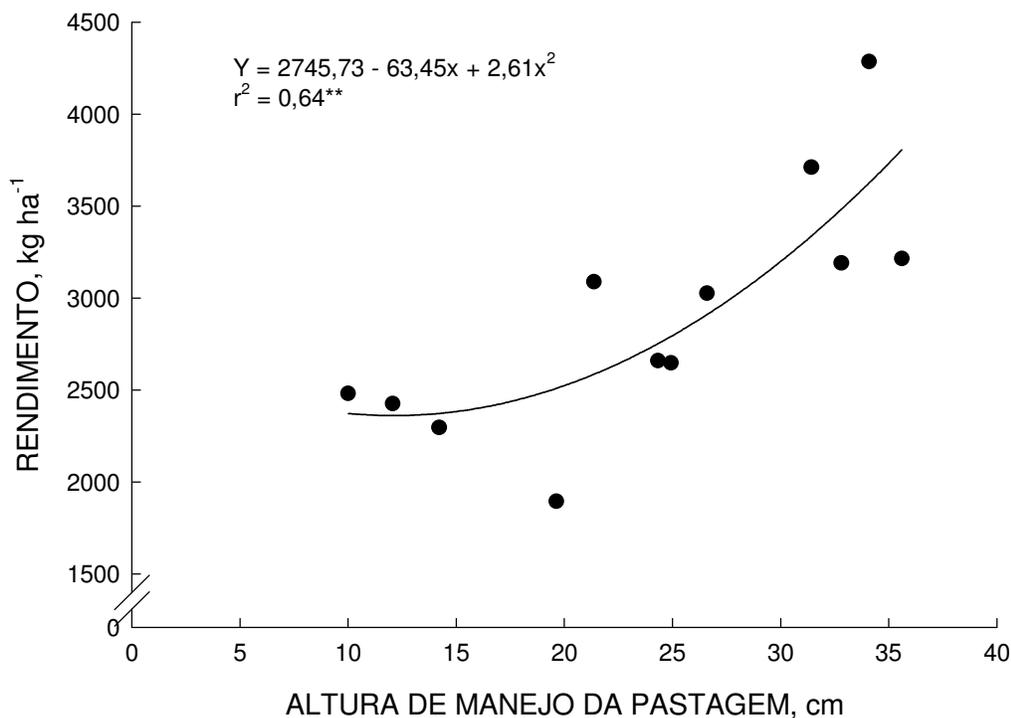


FIGURA 37. Rendimento de grãos de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo.

Os resultados demonstram redução de rendimento de soja a medida que reduz-se a altura de manejo da pastagem. Assim, em anos sujeitos a déficit hídrico no verão, não aconselha-se manejar uma pastagem de aveia + azevém com alta carga animal, por comprometerem o estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja. Cabe ressaltar que esses resultados foram observados após um período de pastejo. A repetição desses manejos ao longo do tempo pode trazer prejuízos a sustentabilidade da área, em função dos efeitos adversos que um manejo à 10 cm de altura da pastagem promove ao solo, conforme já discutido anteriormente.

Por não ter sido realizada a medição da altura das plantas, na área sem pastejo (2001), esta não foi inserida na regressão apresentada (Figura 37). Entretanto, a julgar pelo pastejo de 2002 pode-se pressupor que a área não pastejada apresente comportamento semelhante ao observado no tratamento com altura de pastejo a 40 cm. O rendimento de grãos de soja obtido na área pastejada a 40 cm e na área não pastejada foi de 3.563 e 3.627 kg ha⁻¹, respectivamente, não apresentando diferença. Corroborado a afirmação anterior, um manejo de pastagem que garante uma alta massa de forragem não compromete o desenvolvimento da soja, mesmo em ano sujeito a déficit hídrico no verão, fato que vem acontecendo em 50% das últimas 20 safras.

Uma relação linear entre massa de forragem e rendimento de grãos de soja ($P < 0,0463$) foi observada (Figura 38). No intervalo estudado, o máximo rendimento, 3.280 kg de grãos ha⁻¹, foi obtido com uma massa de forragem de 4.500 kg de MS ha⁻¹, porém, de maneira semelhante às alturas manejadas, não atingiu-se o teto máximo de rendimento de soja. Entretanto, a equação de regressão indica que a um aumento de 1.000 kg de MS ha⁻¹ corresponde a um incremento em grãos de soja de 308 kg ha⁻¹. Isso demonstra ser necessário acumular uma alta quantidade de matéria seca para se ter retornos significativos de rendimento.

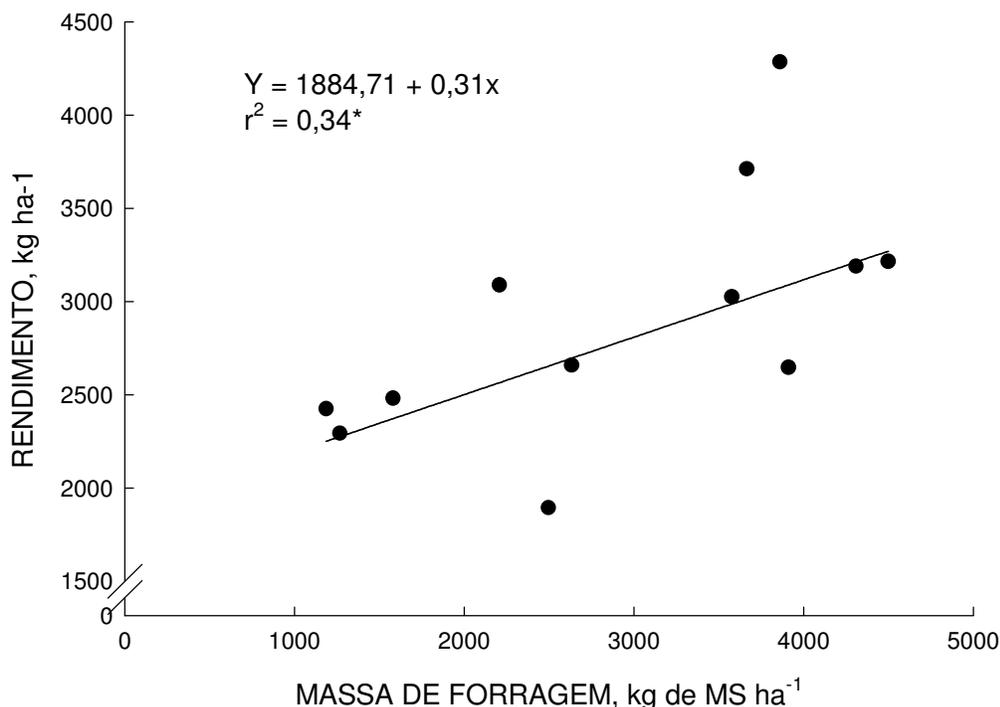


FIGURA 38. Rendimento de grãos de soja em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém em resposta ao acúmulo de diferentes massas de forragem.

Portanto, uma decisão racional do produtor implica em optar pelo manejo da pastagem em alturas entre 20 e 30 cm, que proporcionam níveis de massa de forragem entre 2.800 a 4.000 kg ha⁻¹, o qual deve ser o ideal buscado em sistemas integrados. Nessa condição obtém-se elevado desempenho animal, tanto individual quanto por área, além de não observar-se efeitos adversos sobre as características de solo, especialmente àquelas ligadas a estrutura, o que favorece o estabelecimento e desenvolvimento da cultura de verão e produtividades semelhantes as áreas não pastejadas, mesmo em anos sujeitos a déficit hídrico. Ao rendimento de grãos associa-se a produtividade animal, gerando uma renda extra ao produtor que pode contribuir para a manutenção da sustentabilidade da propriedade, especialmente se se considerar que a pastagem já estará implantada e apenas será modificado o seu destino, qual seja, o de transformar uma forragem de cobertura de solo em forragem para consumo animal.

4.7. Análise econômica do sistema de integração lavoura-pecuária com manejo da pastagem sob diferentes alturas

As únicas variações entre os tratamentos, no custo total da pecuária, deveram-se à vermifugação e ao consumo de sal grosso pelos animais, já que os custos para aquisição dos animais não foram computados, pois os mesmos seriam vendidos ao final do pastejo. Como esses produtos apresentam um custo muito baixo, os diferentes tratamentos de altura de manejo da pastagem não se diferenciaram em relação ao custo total (Tabela 8).

TABELA 8. Custo da pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas

Ítem	Quantidade	Altura de manejo da pastagem, cm			
		10	20	30	40
..... R\$ ha ⁻¹					
Semeadura ¹	1	53,10	53,10	53,10	53,10
Semente de aveia	100 kg ha ⁻¹	117,00	117,00	117,00	117,00
Adubação nitrogenada	45 kg N ha ⁻¹	77,63	77,63	77,63	77,63
Operação para aplicação da uréia ²	1	5,50	5,50	5,50	5,50
Vermífugo	4 mL animal ⁻¹	5,55	4,62	3,70	2,77
Sal grosso	50 g animal ⁻¹ dia ⁻¹	7,99	6,66	5,32	3,99
Custo total		266,77	264,51	262,25	259,99

^{1,2} Inclusos trator (91-110 cv), máquina (semeadora 19 linhas e distribuidor de fertilizante pendular) e mão-de-obra durante a operação.

FONTE: www.pr.gov.br/seab/deral (Preço dos produtos de julho/2003)
Revista Batavo, nº 120 (Custos da mecanização agrícola de abril/2003)

A pastagem era formada por aveia e azevém, entretanto, como esse último foi obtido de ressemeadura natural, o custo de sua aquisição não foi computado. Outro aspecto a destacar é que a pastagem não recebeu adubação de base, aproveitando o residual da soja da safra anterior. Esses dois aspectos são importantes, pois o custo da pecuária aumentaria consideravelmente caso houvesse semeadura do azevém e adubação na semeadura.

Como a cultura da soja foi implantada sobre uma pastagem manejada sob diferentes alturas, todos os produtos utilizados e operações agrícolas foram realizadas da mesma forma em todas as unidades experimentais. Assim,

o custo de produção é único e não há variação com as alturas de manejo da pastagem (Tabela 9).

TABELA 9. Custos de produção da cultura da soja

Ítem	Quantidade	Custo (R\$ ha ⁻¹)
Glifosate	2,5 L ha ⁻¹	31,88
Operação para aplicação do glifosate ¹	1	3,90
Calcário dolomítico ²	4,5 Mg ha ⁻¹	40,53
Operação para aplicação do calcário ²	1	3,06
Semeadura ³	1	64,30
Inoculante	1 dose/50kg semente	6,00
Semente de soja	80 kg ha ⁻¹	94,05
Superfosfato simples	300 kg ha ⁻¹	149,56
Pivot	1 L ha ⁻¹	81,07
Select	250 mL ha ⁻¹	43,10
Derosal	450 mL ha ⁻¹	25,13
Dimilin	36 g ha ⁻¹	5,22
Palisade	100 g ha ⁻¹	14,87
Operação para aplicação dos pós-emergentes ¹	3	11,70
Colheita ⁴	1	111,50
Custo total		685,87

¹ Inclusive trator (91-110 cv), pulverizador (2.000 L) e mão-de-obra durante a operação; ² Inclusive trator (91-110 cv), distribuidor de calcário (5.000 kg) e mão-de-obra durante a operação e considerando um efeito residual da calagem de cinco anos; ³ Inclusive trator (91-110 cv), semeadora de oito linhas e mão-de-obra durante a operação; ⁴ Considerando trator (91-110 cv), colhedora (5 saca palha), plataforma (16'), velocidade de colheita de 5,5 km h⁻¹ e rendimento operacional de 75%. Não foi incluído o custo do transporte.

FONTE: www.pr.gov.br/seab/deral (Preço dos produtos de julho/2003)
Revista Batavo, nº 120 (Custos da mecanização agrícola de abril/2003)

Considerando o preço atual da saca de soja, o custo de produção corresponde a 20 sacas por hectare. Os custos mais representativos são o do fertilizante, responsável por 21,8% do custo total, e dos pós-emergentes utilizados para controle de pragas, doenças e plantas daninhas, responsáveis por 24,7% do custo total.

A receita bruta da pecuária diminuiu de forma linear ($P < 0,0001$), ao passo que a receita bruta da soja aumentou de forma quadrática ($P < 0,0104$) com a elevação da altura de manejo da pastagem (Figura 39). Para o cálculo da receita bruta da pecuária e da soja considerou-se o preço médio dos

bovinos de R\$ 1,80 kg⁻¹ de PV e da saca da soja de R\$ 34,00, respectivamente.

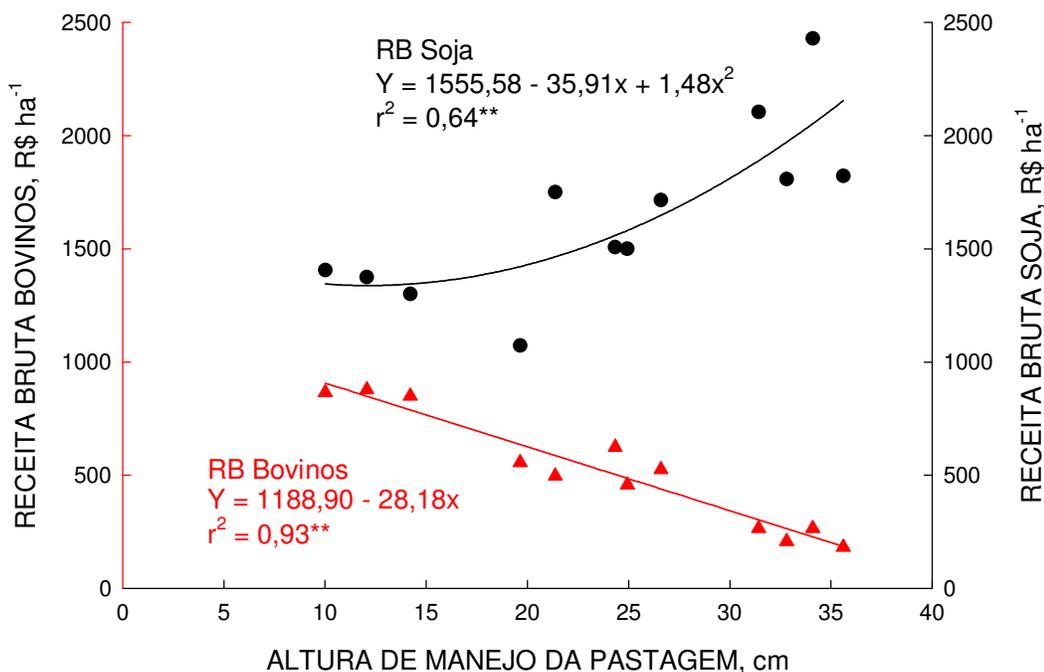


FIGURA 39. Receita bruta da pecuária e da soja em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém.

A diferença entre a receita bruta e o custo total da pecuária e da soja é a Margem Bruta, uma vez que não pode ser chamada de lucro por não estar incluído, no custo total, o custo da terra, por exemplo. Como os custos de produção da pastagem foram semelhantes entre os tratamentos e na soja foram iguais, a margem bruta tanto para a pecuária como para a soja acompanharam a mesma tendência observada para a receita bruta (Figura 40).

A margem bruta negativa obtida, na pecuária, para o tratamento com altura de manejo da pastagem de 40 cm é decorrente da baixa carga animal aplicada nesse tratamento e que proporcionou ganhos por área também baixos, com um desperdício muito grande de pasto. A equação de regressão da Figura 40 mostrou que manejar uma pastagem acima de 33 cm significa

acumular prejuízo, na produção animal, pois os custos pecuários se sobrepõem à receita obtida. Para cada cm de aumento na altura de manejo da pastagem correspondeu um decréscimo de R\$ 28,00 ha⁻¹ na margem bruta.

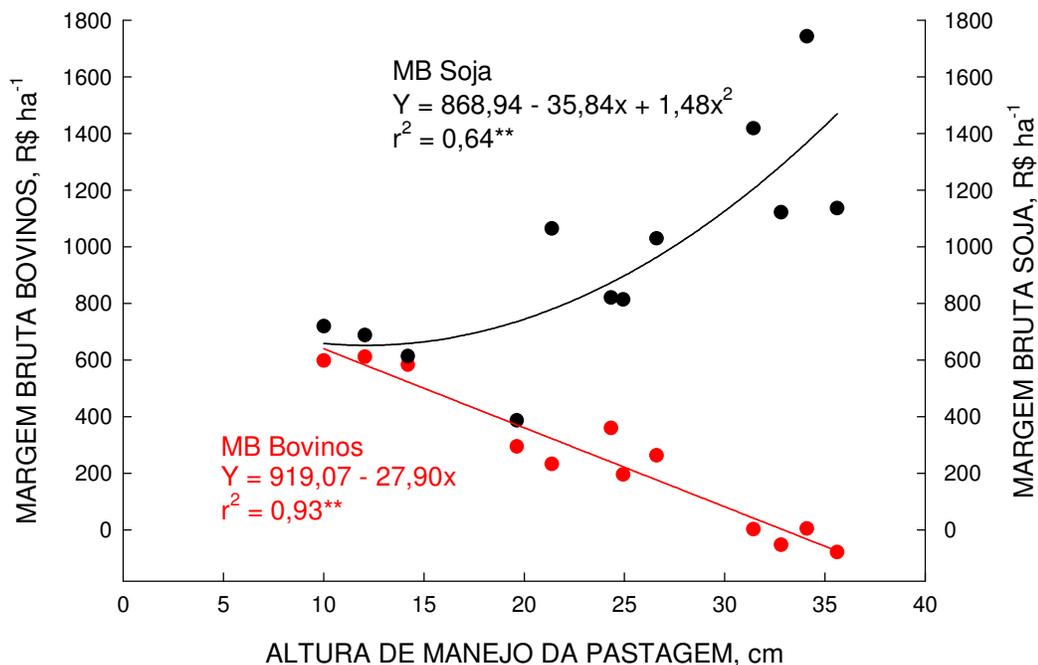


FIGURA 40. Margem bruta da pecuária e da soja em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém.

Entretanto, ao observar-se a Tabela 8 percebe-se que a maior parte dos custos da pecuária é devida à semente de aveia que, naturalmente, o produtor utilizará no período de inverno, para garantir cobertura de solo. Se esse custo não for considerado, qualquer que seja a altura de manejo da pastagem apresentará retorno econômico positivo, demonstrando que, em sistema de semeadura direta, não se justifica a existência de áreas que, durante o inverno, tenham como único objetivo a produção de palha.

Em contrapartida, a cultura da soja apresentou margem bruta crescente com o aumento da altura de manejo da pastagem (Figura 40). Assim como o rendimento de grãos, a margem bruta não atingiu o seu máximo no intervalo de

alturas estudado, sendo de R\$ 1.469,00 ha⁻¹ com a pastagem a 35,6 cm de altura.

O somatório da margem bruta da pecuária e da soja constitui-se na margem bruta do sistema de integração lavoura-pecuária, em função do manejo da pastagem de aveia + azevém sob diferentes alturas (Figura 41).

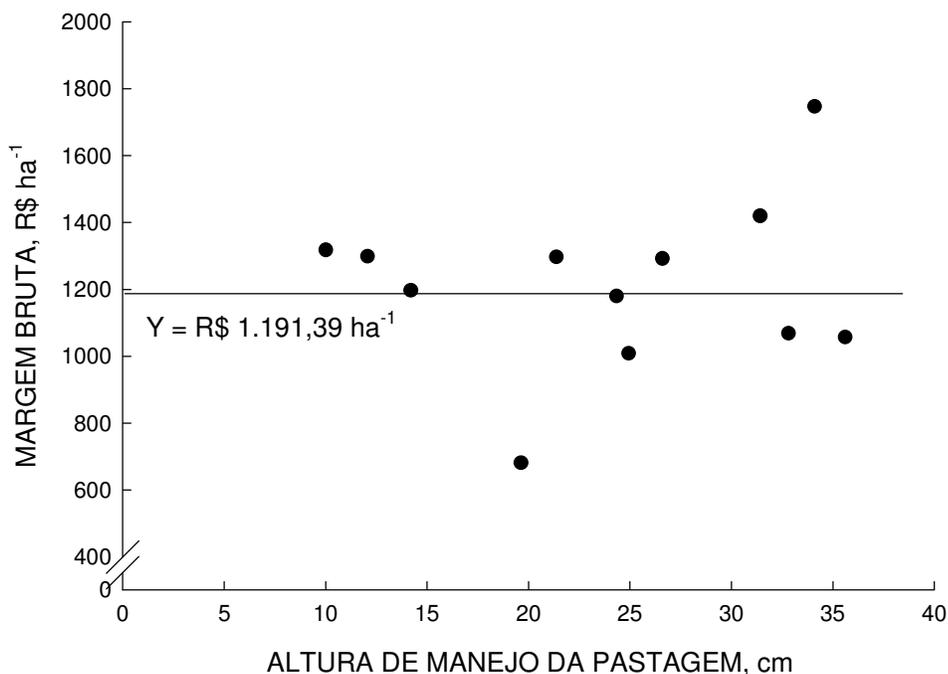


FIGURA 41. Margem bruta do sistema de integração soja-pecuária de corte com pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas.

A ausência de significância ($P > 0,05$) da margem bruta do sistema de integração lavoura-pecuária para com as diferentes alturas de manejo da pastagem de aveia + azevém indica que o menor rendimento da pecuária observado na maior altura de manejo da pastagem foi compensado pela elevação no rendimento da soja nessa condição. De outra forma, pode-se dizer que aquilo que o produtor conseguiu acumular, na pecuária, na altura de manejo a 10 cm, foi perdido com a redução do rendimento da soja.

Portanto, numa condição de déficit hídrico no verão, o qual maximizou os efeitos adversos de um pisoteio animal excessivo na condição de pastejo a 10 cm, a escolha por uma altura de manejo de pastagem não é econômica e sim técnica. Os resultados econômicos demonstram que poderia ser utilizada qualquer altura de manejo, porém, os resultados técnicos discutidos ao longo deste trabalho demonstram que, manejar uma pastagem a 10 cm implica em perda da sustentabilidade, uma vez que a mesma está baseada, entre outros, em proteção e conservação da superfície do solo e manutenção de um nível alto de fitomassa total e residual (Altieri, 1989). Um pastejo a 10 cm de altura acarreta um excessivo pisoteio na superfície do solo e reduz a massa de forragem, por conseqüência, a cobertura do solo. Atualmente, busca-se uma outra agricultura no Brasil, que seja produtiva, porém sem destruir as bases naturais da produção.

Isoladamente, o melhor retorno para a pecuária e para a soja ocorreu nos tratamentos extremos, 10 e 40 cm, respectivamente. Porém, na altura de 10 cm ocorrem prejuízos a sustentabilidade e na altura de 40 cm há um desperdício muito grande de pasto e os custos pecuários se sobrepõe a margem bruta. Assim, o manejo da pastagem com alturas entre 20 e 30 cm garante segurança ao produtor, preservando a sustentabilidade do sistema. Além disso, permite retornos econômicos positivos tanto para a pecuária como para a soja, mesmo em anos desfavoráveis climaticamente e oferece uma proteção ao solo, em termos de massa de forragem, que permite o estabelecimento e manutenção do sistema de semeadura direta.

Entretanto, o preço pago pela saca da soja é cíclico e pode sofrer variações com o tempo. Fazendo um exercício que admite uma queda nesse preço e um valor pago pela saca equivalente a 65% daquele utilizado nos cálculos até então efetuados, chegar-se-ia a R\$ 22,10 por saca de soja. Mantendo-se o kg do PV a R\$ 1,80, percebe-se alteração na disposição das curvas de ambas as atividades (Figura 42).

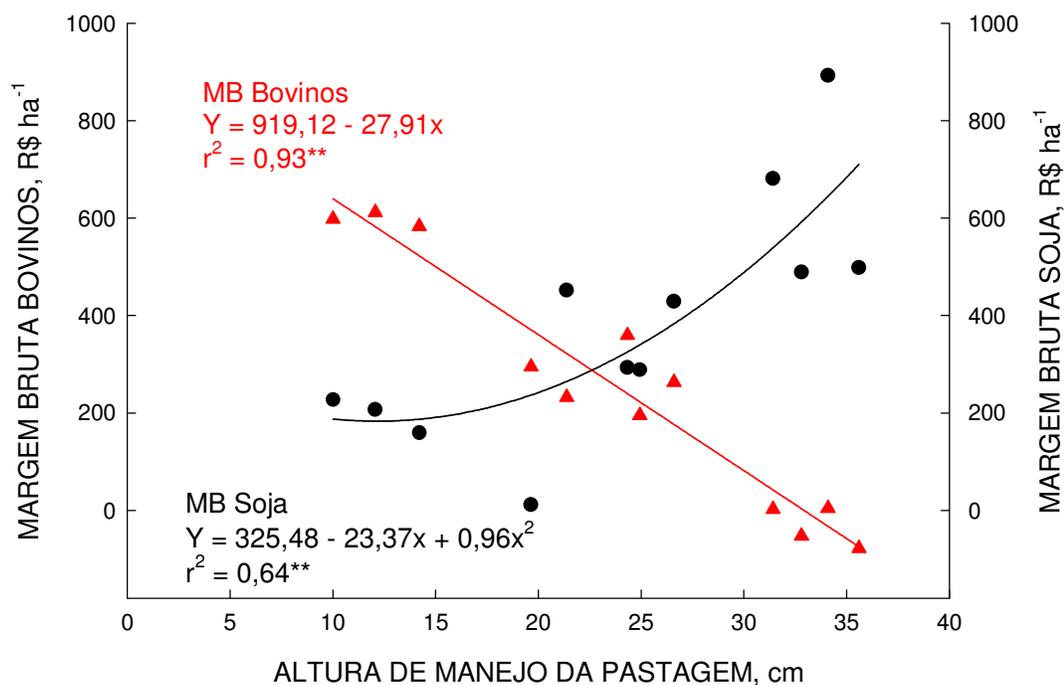


FIGURA 42. Margem bruta da pecuária e da soja comercializada à um preço baixo (R\$ 22,10 saca⁻¹), em função de diferentes alturas de manejo de uma pastagem de aveia + azevém.

Nessa nova configuração a importância da soja sobre a margem bruta do sistema diminui. Na altura de manejo de 22,6 cm ambas as atividades apresentaram margens brutas semelhantes. Um outro aspecto que chama a atenção na Figura 41 é que pode-se manejar a pastagem de acordo com a expectativa de preço a ser pago pela saca da soja. Assim, quando o preço cai é possível aumentar-se a pressão de pastejo ou reduzir-se a altura de manejo da pastagem, pois a pecuária proporciona os melhores resultados econômicos. Entretanto, conforme discutido anteriormente, essa redução na altura de manejo da pastagem deve atender ao critério técnico de modo a atenuar os riscos do pisoteio em alterar as características físicas do solo, além de garantir cobertura vegetal, e deve estar situada ao redor de 15 cm de altura.

5. CONCLUSÕES

A massa de forragem responde linearmente ao aumento da altura de manejo da pastagem de aveia + azevém, atingindo um máximo de acúmulo no manejo a 40 cm de altura, uma vez que, nessa condição, não se diferencia da área sem pastejo.

Após o primeiro ciclo de pastejo ocorre um aumento na densidade e redução na macroporosidade do solo quando a altura de manejo da pastagem é de 10 cm, chegando a valores que podem limitar o desenvolvimento da cultura da soja. Nessa mesma altura, a taxa de infiltração e a infiltração acumulada de água no solo são inferiores às demais alturas, mas deve-se ressaltar o fato de que o impacto do pisoteio animal, na maior intensidade de pastejo, somente se observou na camada superficial do solo.

Ao término do primeiro ciclo de pastejo observa-se que o teor de magnésio trocável é maior na camada superficial, no tratamento de menor altura de manejo da pastagem. Os demais atributos químicos não são afetados pelo pastejo nas diferentes alturas.

A dinâmica da reatividade do calcário, apesar das diferentes condições físicas de solo encontradas, não é influenciada pelo manejo da pastagem. Efeitos sobre os atributos químicos manifestaram-se até 5 cm de profundidade, cinco meses após a aplicação do calcário. Essa frente alcalinizante avança com o tempo, em profundidade, chegando, em relação ao pH do solo, até 15 cm de profundidade, 11 meses após a aplicação do calcário.

A altura de manejo da pastagem influencia o desempenho animal, com resultados distintos nos dois anos de pastejo. Maiores rendimentos individuais são obtidos com alturas de 22,5 e 28,7 cm, observando, respectivamente, ganhos de peso de 1,213 e 1,119 kg animal⁻¹ dia⁻¹. Entretanto, em razão da

maior carga animal, o maior ganho por área é obtido nas alturas de manejo de 10 e de 8 cm, nos pastejos de 2001 e 2002, atingindo 503,84 e 552,41 kg de PV ha⁻¹, respectivamente.

A população de plantas e o rendimento de grãos de soja são afetados pelo pastejo, diminuindo com a redução da altura de manejo da pastagem. O rendimento da soja não é maior na área sem pastejo em comparação com àquela pastejada a 40 cm, demonstrando a viabilidade do sistema de integração lavoura-pecuária, desde que se promova um manejo adequado da pastagem.

Uma massa de forragem de 3.000 kg de MS ha⁻¹ é suficiente para promover altos desempenho animal e rendimento de grãos de soja, constituindo-se no ponto de equilíbrio do sistema. Em relação a dinâmica do calcário aplicado superficialmente, as diferentes alturas de manejo da pastagem não influenciem a sua movimentação física, pois, ao que parece, o solo consegue recuperar facilmente suas características físicas originais após o pastejo. Ainda resta investigar a contribuição efetiva dos excrementos animais sobre essa dinâmica.

A análise econômica do sistema demonstra que a escolha por uma determinada altura de manejo da pastagem deve ser técnica, pois em todas as alturas estudadas a margem bruta do sistema não se diferencia. Em ano de déficit hídrico no verão, o maior ganho animal na área pastejada a 10 cm é perdido com a redução de rendimento da soja, uma vez que, nessa condição o efeito do pisoteio animal é maximizado. Manejar a pastagem entre 20 a 30 cm de altura garante segurança ao produtor, preservando a sustentabilidade do sistema, pois é possível obter-se resultados positivos na pecuária e na soja e, ao mesmo tempo, manter cobertura de solo e preservação do sistema de semeadura direta.

Os resultados demonstram que, em sistema de semeadura direta, não se justifica a existência de áreas que, durante o inverno, tenham como único objetivo a produção de palha. A integração dessas áreas com a pecuária torna mais eficiente e produtivo o uso da terra, aumenta a renda do produtor e tem potencial de imprimir forte impacto sobre a pecuária e a produção de riqueza no sul do Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M.A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: ASPTA, 1989. 240p.

AMARAL, A.S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. 2002. 107f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

AMARAL, A.S. **Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado**. 1998. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

ANJOS, J.T.; UBERTI, A.A.A.; VIZZOTTO, V.J.; LEITE, G.B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.1, p.139-145, 1994.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. ; JONES, A.J., eds. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141 (SSSA Special Publication, 49).

ASSMANN, A.L. **Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção da pastagem e animal em área de integração lavoura-pecuária**. 2002. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ASSMANN, T.S. **Rendimento de milho em áreas de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. 2001. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

BARBOSA, M.A.A.F.; NASCIMENTO Jr., D.; CECATO, U. Desempenho de novilhos em capim Tanzânia com diferentes ofertas de forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** São Paulo: SBZ, 2001. p.287-288.

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: **Hill Farming Research Organization/Biennial Report**. 1985. p.29-30.

BASSANI, H.J. **Propriedades físicas induzidas pelo plantio direto e convencional em área pastejada e não pastejada**. 1996. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil structure – evaluation and agricultural significance. In: BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1972. p. 178-223.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.105-112, 1997.

BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N.; MACHADO, L.A.Z.; MARASCHIN, G.E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.779-786, 1998.

BICKI, T.J.; SIEMENS, J.C. Crop response to wheel traffic soil compaction. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.34, n.3, p.909-913, 1991.

BLASER, R.E. Efecto del animal sobre la pastura. In: PALADINES, O.L. (ed.). **Empleo de animales en las investigaciones sobre pasturas**. Montevideo, IICA, 1966. p.1-29.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.3, p.383-386, 1977.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W.; CORNELIUS, P.L. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.3, n.2, p.135-146, 1983.

BOENI, M.; BASSANI, H.J.; REINERT, D.J.; SCAPINI, C. RESTLE, J. Efeito do pisoteio animal durante o pastejo de inverno sobre algumas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa (MG): Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.1, p.160-161.

BURNS, J.C.; LIPKE, H.; FISCHER, D.S. **Grazing research: design, methodology and analysis**. Madison: [s.n.], 1989. 136p.

BURNS, J.C.; MOCHRIE, R.D.; TIMOTHY, D.H. Steer performance from two perennial *Pennisetum* species, switchgrass and a fescue-'Coastal' bermudagrass system. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.5, p.795-800, 1984.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.4, p.1011-1022, 2002.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n.1, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações nas características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.315-327, 1999.

CAMPBELL, A.G. Grazed pasture parameters: I. Pasture dry matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cow. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.67, n.2, p.199-210, 1966.

CANARACHE, A.; COLIBAS, I.; COLIBAS, M. HOROBEANU, I.; PATRU, V.; SIMOTA, H.; TRANDAFIRESCU, T. Effect of induced compaction by wheel traffic on soil physical properties and yield of maize in Romania. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.4, n.2, p.199-213, 1984.

CARVALHO, P.C.F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 1997. p.25-52.

CARVALHO, P.C.F.; PRACHE, S.; DAMASCENO, J.C. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. v.2, p.253-268.

CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa (MG): Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.2, p.1106-1107.

CASSOL, L.C. **Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo**. 1995. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

CASTRO, C.R.C. **Relações planta-animal em pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke.) manejada em diferentes alturas com ovinos.** 2002. 185f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

CAUDURO, F.A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratórios e de irrigação e drenagem.** Porto Alegre: PRONI : IPH-UFRGS, 1986, 216p.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.263-266, 1985.

CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.197-201, 1983.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 3.ed., Passo Fundo: SBCS – Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

CORREA, J.C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.1, p.107-114, 1995.

CÓSER, A.C.; MARASCHIN, G.E. Desempenho animal em pastagens de milheto comum e sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.4, p.421-426, 1983.

DEVENDRA, C.; THOMAS, D. Smallholder farming systems in Asia. **Agricultural Systems**, Amsterdam, v.71, p.17-25, 2002.

DOUGHERTY, C.T.; RHYKERD, C.L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M.E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D.S. **Forages, The Science of Grassland Agriculture.** 4.ed. Iowa: Iowa State University, Ames, 1985. 643p.

DULEY, F.L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.4, p.60-64, 1939.

DURING, C. **Fertilisers and soils in New Zealand Farming.** Wellington: Government Printer, 1984.

EDWARDS, W.M.; NORTON, L.D.; REDMOND, C.E. Characterizing macropores that affect infiltration into notilled soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, n.2, p.483-487, 1988.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ERNANI, P.R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e cama de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.161-165, 1983.

ESCOSTEGUY, C.M.D. **Avaliação agrônômica de uma pastagem natural sob níveis de pressão de pastejo**. 1990. 231f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D.; MANNERING, J.V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p.329-333, 1983.

FORSYTHE, W. **Física de suelos**: manual de laboratório. New York: University Press, 1975. 324p.

FRAME, J.; NEWBOULD, P. Agronomy of white clover. **Advances in Agronomy**, New York, v.40, p.1-88, 1986.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, 2000.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.533-542, 1999.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.307-313, 1999.

GUPTA, S.C.; ALLMARAS, R.R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Science**, London, v.6, p.65-100, 1987.

HENKLAIN, J.C. Influência do tempo no manejo do sistema de semeadura direta e suas implicações nas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS/EMBRAPA, 1997. 1 CD ROM.

HILL, R.L.; MEZA-MONTALVO, M. Long-term wheel traffic effects on soil physical properties under different tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.54, n.3, p.865-870, 1990.

HODGSON, J. **Grazing management**: Science into Practice. New York: John Wiley & Sons, 1990. 203p.

HOOG, D.E. A lysimeter study of nutrient losses from urine and dung applications on pasture. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, [S.l.], v.9, p.39-46, 1981.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical forages**: their role in sustainable agriculture. London: Longman Scientific & Technical, 1994. 414p.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J. **A inoculação da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1997. 28p. (Embrapa Soja Circular Técnica nº 17; Embrapa Cerrados Circular Técnica nº 34).

KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D.S.; MARTINS, J.R.; SANTOS, E.J.S.; TISSOT, C.A. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.1107-1113, 2002.

KLEIN, V.A. Densidade do solo em área com plantio direto submetido a diferentes manejos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 1 CD ROM.

KOCH, D.W.; ESTES, G.O. Liming rate and method in relation to forage establishment – crop and soil chemical responses. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n.4, p.567-571, 1986.

LARSON, W.E.; GUPTA, S.C.; USECHE, R.A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.3, p.450-457, 1980.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhadas uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.71-75, 1987.

LUSTOSA, S.B.C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto**. 1998. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

MACEDO, W.; BRASIL, N.E.; PATELLA, J.F. Calcário na implantação em cobertura de leguminosas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.125-134, 1979.

MARASCHIN, G.E. Sistemas de pastejo. 1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p.261-290.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de culturas pelo manejo da calagem em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão

Preto. **Resumos Expandidos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD ROM.

MELLO, L.M.M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico.** 2001. 72f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

MELLO, L.M.M. Integração agricultura-pecuária em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Resumos Expandidos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD ROM.

MERTEN, G.H. **Rendimento de grãos e distribuição do sistema radicular das culturas sob diferentes sistemas de manejo em um Oxissolo (Latossolo Roxo distrófico).** 1988. 178f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Resíduos vegetais: influência na química de solos ácidos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2000, Ponta Grossa. **Anais....** Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p.82-94.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg Anaisin Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. **Abstracts....** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EMBRAPA-CPAC, 1996. p.8.

MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a níveis de oferta de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.127-132, 2002.

MORAES, A.; LESAMA, M.F.; ALVES, S.J. Lavoura-pecuária em sistemas integrados na pequena propriedade. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 3., 1998, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 1998. 1 CD-ROM.

MORAES, A.; LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 1997. p.129-149.

MORAES, A.; MARASCHIN, G.E. Pressões de pastejo e produção animal em milho cv. Comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.197-205, 1988.

MORAES, A.; MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. Comparação de métodos de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p.332.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.3-42.

MORAES, A. **Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.), submetida a diferentes pressões de pastejo**. 1991. 200f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

MORAES, W.V. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivos**. 1984. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1984.

MOSCHLER, W.W.; MARTENS, D.C.; RICH, C.I.; SHEAR, G.M. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventionally tilled corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.5, p.781-783, 1973.

MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., 1960, Oxford. **Proceedings...** Oxford: Alden, 1960. p.606-664.

MOTT, G.O.; MOORE, J.E. Evaluated forage production. In: HEATH, M.E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D.S. (Eds.). **Forages, The Science of Grassland Agriculture**, 4.ed. Ames: Iowa State University Press, 1985. p.422-429.

OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.1, p.65-70, 1997.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.38, n.1/2, p.47-57, 1996.

PAVAN, M.A.; ROTH, C.H. Effect of lime and gypsun on chemical composition of runoff and leachate from samples of a brazilian Oxisol. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.44, p.391-394, 1992.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.885-895, 2001.

PÖTTKER, D.; AMBROSI, I.; BEN, J.R.; KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. **Calagem em plantio direto**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1998. 40 p. (Boletim Técnico, 4).

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem em solos sob plantio direto e em campos nativos do Rio Grande do Sul. In: NUERNBERG, N.J. **Plantio Direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Lages: SBCS/Núcleo Regional Sul, 1997. p.79-109.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.675-684, 1998.

REEVES, D.W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos ...** Passo Fundo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1995. p.127-130.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; COAN, O.; RESENDE, K.T. Efeito de diferentes épocas de colheita sobre a produção de forragem e de sementes de aveia preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.1, p.111-117, 1992.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n.4, p. 797-805, 2000.

RUSSELL, J.S. Soil fertility changes in the long-term experimental plots at Kybybolite, South Australia. I. Changes in pH, total nitrogen, organic carbon and bulk density. **Australian Journal of Agriculture Research**, Victoria, v.11, p.902-926, 1960.

SALET, R.L.; ANGHINONI, I.; FORNARI, T.G.; KRAY, C.H. O alumínio é menos tóxico no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Lages. **Resumos Expandidos...** Lages: SBCS – Núcleo Regional Sul, 1996. p.72-74.

SALTON, J.C.; FABRICIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio da aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.69, p.32-34, 2002.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.249-254, 1985.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.191-199, 2000.

SILVEIRA, E.O. **Produção e comportamento ingestivo de cordeiros em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejada em diferentes alturas**. 2001. 250f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SMUCKER, A.J.M.; ERICKSON, A.E. Tillage and compactive modifications of gaseous flow and soil aeration. In: LARSON W.E.; BLAKE, G.R.; ALLMARAS, R.R.; VOORHEES, W.B.; GUPTA, S.C., eds. **Mechanics related process in structured agricultural soils**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1989. p.205-221.

STONE, J.A.; LARSON, W.E. Rebound of five one-dimensionally compressed unsaturated granular soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, n.4, p.819-822, 1980.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeito do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.2, p. 395-401, 2001.

TANNER, C.B.; MAMARIL, C.P. Pasture soil compaction by animal traffic. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, n.6, p.329-331, 1959.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Depto. de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.1, p.105-111, 1991.

TUBEILEH, A.; GROLEAU-RENAUD, V.; PLANTUREUX, S.; GUCKERT, A. Effect of soil compaction on photosynthesis and carbon partitioning within a maize-soil system. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.71, n.2, p.151-161, 2003.

UHDE, L.T.; COGO, N.P.; TREIN, C.R.; LEVIEN, R. Comportamento da sucessão trevo/milho, em área com e sem pastejo intensivo, sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.3, p.493-501, 1996.

VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n.7, p. 873-882, 1984.

WEEDA, W.C. Effect of cattle dung patches on soil tests and botanical and chemical composition of herbage. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, Wellington, v.20, p.471-478, 1977.

WHITEHEAD, D.C. **The role of nitrogen in grassland productivity**. Maidenhead: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1970.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland Nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.

WILLIAMS, C.H. Soil acidification under clover pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Victoria, v.20, n.6, p.561-567, 1980.

WRIGHT, R.J.; HERN, J.L.; BALIGAR, V.C.; BENNETT, O.L. The effect of surface applied soil amendments on barley root growth in acid subsoil. **Communication in Soil Science Plant Analysis**, New York, v.16, n.2, p.179-192, 1985.

7. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Precipitações registradas nos anos de 2001 e 2002. Fazenda do Espinilho, São Miguel das Missões – RS.

Mês	Precipitação (mm)	
	2001	2002
Janeiro	516	110
Fevereiro	102	52
Março	225	233
Abril	259	252
Maio	85	227
Junho	243	193
Julho	147	340
Agosto	98	310
Setembro	243	293
Outubro	140	701
Novembro	121	255
Dezembro	57	382
Total	2236	3348

APÊNDICE 2. Relação entre a altura pretendida dos tratamentos e a altura real observada na pastagem de aveia + azevém, ao longo do período experimental de 2001

Altura pretendida cm	Repetição	Altura real cm
10	I	10,01
	II	12,07
	III	14,21
	Média	12,10 d
20	I	19,64
	II	21,38
	III	24,34
	Média	21,79 c
30	I	26,60
	II	24,94
	III	31,43
	Média	27,66 b
40	I	35,61
	II	32,81
	III	34,10
	Média	34,17 a
CV (%)		7,72

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 3. Relação entre a altura pretendida dos tratamentos e a altura real observada na pastagem de aveia + azevém, ao longo do período experimental de 2002

Altura pretendida cm	Repetição	Altura real cm
10	I	10,47
	II	8,40
	III	7,33
	Média	8,73 d
20	I	16,46
	II	14,58
	III	18,20
	Média	16,41 c
30	I	27,12
	II	27,01
	III	26,95
	Média	27,03 b
40	I	35,75
	II	31,58
	III	31,55
	Média	32,96 a
Sem Pastejo (SP)	I	35,58
	II	31,96
	III	29,53
	Média	32,36 a
CV (%)		7,25

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 4. Massa de forragem de pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo do período experimental de 2001

Altura cm	Rep.	Data de avaliação					Média ponderada
		23/07/01	09/08/01	12/09/01	11/10/01	06/11/01	
		kg MS ha ⁻¹					
10	I	1.840	2.173	1.267	405	424	
	II	1.530	2.680	3.000	1.213	712	
	III	1.990	3.227	2.320	1.136	730	
	Média	1.787	2.693	2.196	918	622	1.626 c
20	I	1.460	2.147	2.880	3.181	2.968	
	II	1.820	2.880	3.747	3.501	2.664	
	III	1.690	2.093	4.200	3.522	728	
	Média	1.657	2.373	3.609	3.402	2.120	2.989 b
30	I	1.880	2.960	4.053	4.359	4.768	
	II	1.880	2.520	4.227	4.399	4.550	
	III	1.710	2.307	5.427	5.205	4.720	
	Média	1.823	2.596	4.569	4.655	4.679	4.055 ab
40	I	1.790	2.907	5.333	6.368	4.944	
	II	1.250	3.227	4.893	5.518	4.304	
	III	1.640	2.627	5.440	4.997	4.984	
	Média	1.560	2.920	5.222	5.628	4.744	4.593 a
CV (%)						13,94	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 5. Massa de forragem de pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo do período experimental de 2002, comparada a uma área sem pastejo (SP)

Altura cm	Rep.	Data de avaliação					Média ponderada
		13/07/02	08/08/02	28/08/02	12/10/02	20/11/02	
		kg MS ha ⁻¹					
10	I	1.400	1.544	1.345	1.660	1.590	
	II	1.104	1.380	890	1.030	1.360	
	III	1.600	1.410	1.121	1.160	1.320	
	Média	1.368	1.445	1.119	1.283	1.423	1.344 d
20	I	1.568	1.752	1.638	2.680	3.170	
	II	1.456	2.010	1.947	1.940	2.740	
	III	1.296	1.960	2.363	2.450	3.410	
	Média	1.440	1.907	1.983	2.357	3.107	2.445 c
30	I	1.424	2.336	3.570	4.010	3.860	
	II	1.176	2.200	2.860	5.050	4.190	
	III	1.832	2.480	3.465	4.260	3.850	
	Média	1.477	2.339	3.298	4.440	3.967	3.718 b
40	I	1.392	2.616	4.020	5.510	4.770	
	II	1.584	2.770	4.090	5.290	4.270	
	III	1.824	2.780	4.180	4.530	3.630	
	Média	1.600	2.722	4.097	5.110	4.223	4.222 ab
SP	I	1.480	2.960	5.240	6.120	4.840	
	II	1.800	2.600	4.960	5.880	3.800	
	III	920	3.680	5.200	6.480	5.200	
	Média	1.400	3.080	5.133	6.160	4.613	4.933 a
CV (%)						9,06	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 6. Massa de forragem de aveia + azevém e resíduo remanescente na superfície do solo, determinados na última avaliação de matéria seca, em função de diferentes alturas de manejo da pastagem, ao longo do período experimental de 2001

Altura	Rep.	Massa de forragem – 06/11/01	Resíduo remanescente	Total
..... cm .....		..... kg de MS ha ⁻¹		
10	I	424	848	
	II	712	768	
	III	730	1.020	
	Média	622 b	879 b	1.501 b
20	I	2.968	1.432	
	II	2.664	1.640	
	III	728	1.200	
	Média	2.120 b	1.424 ab	3.544 b
30	I	4.768	1.387	
	II	4.550	1.712	
	III	4.720	1.824	
	Média	4.679 a	1.641 a	6.320 a
40	I	4.944	1.520	
	II	4.304	1.992	
	III	4.984	1.952	
	Média	4.744 a	1.821 a	6.565 a
CV (%)		22,69	13,97	18,47

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 7. Massa de forragem de aveia + azevém e resíduo remanescente na superfície do solo, determinados na última avaliação de matéria seca, em função de diferentes alturas de manejo da pastagem, ao longo do período experimental de 2002, comparada a uma área sem pastejo (SP)

Altura	Rep.	Massa de forragem – 20/11/02	Resíduo remanescente	Total
..... cm .....		..... kg de MS ha ⁻¹		
10	I	1.590	440	
	II	1.360	220	
	III	1.320	250	
	Média	1.423 c	303 d	1.726 c
20	I	3.170	910	
	II	2.740	630	
	III	3.410	600	
	Média	3.107 b	713 cd	3.820 b
30	I	3.860	910	
	II	4.190	920	
	III	3.850	1.020	
	Média	3.967 ab	950 bc	4.917 ab
40	I	4.770	1.160	
	II	4.270	1.270	
	III	3.630	1.480	
	Média	4.223 ab	1.303 ab	5.526 a
SP	I	4.840	1.640	
	II	3.800	1.160	
	III	5.200	1.920	
	Média	4.613 a	1.573 a	6.186 a
CV (%)		13,32	20,46	12,56

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 8. Taxa de acúmulo de massa seca de pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo do período experimental de 2001

Altura cm	Rep.	Período de avaliação				Média ponderada
		1 = 23/07 a 09/08/01	2 = 09/08 a 12/09/01	3 = 12/09 a 11/10/01	4 = 11/10 a 06/11/01	
		kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹ ^{ns}				
10	I	59,61	88,08	32,44	8,58	
	II	69,21	67,06	17,47	27,57	
	III	52,09	68,69	23,33	36,17	
	Média	60,30	74,61	24,41	24,11	46,09
20	I	35,69	60,78	26,67	29,31	
	II	67,06	70,59	70,34	14,74	
	III	26,16	110,30	25,75	0,00	
	Média	43,30	80,56	40,92	14,68	47,39
30	I	60,39	67,07	92,89	15,03	
	II	31,37	60,00	69,42	0,00	
	III	49,65	123,23	24,28	0,00	
	Média	47,14	83,43	62,20	5,01	52,51
40	I	39,80	95,35	29,78	33,92	
	II	86,47	46,27	71,72	0,41	
	III	41,53	80,81	50,75	0,00	
	Média	55,93	74,14	50,75	11,44	49,04
	CV (%)					14,85

^{ns} = não significativo

APÊNDICE 9. Taxa de acúmulo de massa seca de pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo do período experimental de 2002, comparada a uma área sem pastejo (SP)

Altura	Rep.	Período de avaliação				Média ponderada
		1 = 13/07 a 08/08/02	2 = 08/08 a 28/08/02	3 = 28/08 a 12/10/02	4 = 12/10 a 20/11/02	
cm		kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹ ^{ns}				
10	I	25,12	54,00	39,00	23,59	
	II	67,54	51,65	40,60	17,77	
	III	34,07	24,58	9,58	57,43	
	Média	42,24	43,41	29,73	32,93	35,33
20	I	23,89	49,10	52,89	6,15	
	II	51,19	53,35	48,09	19,15	
	III	63,11	105,95	57,69	29,74	
	Média	46,06	69,47	52,89	18,35	43,59
30	I	43,19	72,65	56,52	30,10	
	II	36,81	91,89	81,74	2,05	
	III	36,85	100,32	45,33	9,23	
	Média	38,95	88,29	61,20	13,79	46,53
40	I	62,88	86,65	34,20	0,00	
	II	48,31	62,65	39,40	0,00	
	III	42,07	107,37	5,93	0,00	
	Média	51,09	85,56	26,51	0,00	32,38
SP	I	56,92	114,00	19,56	0,00	
	II	30,77	118,00	20,44	0,00	
	III	106,15	76,00	28,44	0,00	
	Média	64,61	102,67	22,81	0,00	36,31
	CV (%)					21,18

^{ns} = não significativo

APÊNDICE 10. Produção de massa seca por período e total em pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo do período experimental de 2001

Altura cm	Rep.	Resíduo inicial	Período de avaliação				Total
			1 = 23/07 a 09/08	2 = 09/08 a 12/09	3 = 12/09 a 11/10	4 = 11/10 a 06/11	
			kg ha ⁻¹ ^{ns}				
10	I	1.840	1.013	2.907	973	214	
	II	1.530	1.176	2.280	507	717	
	III	1.990	796	2.267	653	977	
	Média	1.787	995	2.485	711	636	6.613
20	I	1.460	607	2.066	773	762	
	II	1.820	1.140	2.400	2.040	383	
	III	1.690	403	3.640	747	-	
	Média	1.657	717	2.702	1.187	382	6.644
30	I	1.880	1.027	2.213	2.787	376	
	II	1.880	533	2.040	2.013	-	
	III	1.710	783	4.067	680	-	
	Média	1.823	781	2.773	1.827	125	7.330
40	I	1.790	677	3.146	893	848	
	II	1.250	1.470	1.573	2.080	11	
	III	1.640	667	2.667	1.421	-	
	Média	1.560	938	2.462	1.465	286	6.711
CV (%)							12,69

^{ns} = não significativo

APÊNDICE 11. Produção de massa seca por período e total em pastagem de aveia + azevém manejada sob diferentes alturas, ao longo do período experimental de 2002, comparada a uma área sem pastejo (SP)

Altura	Rep.	Resíduo inicial	Período de avaliação				Total
			1 = 13/07 a 08/08	2 = 08/08 a 28/08	3 = 28/08 a 12/10	4 = 12/10 a 20/11	
cm			kg ha ⁻¹ ^{ns}				
10	I	1.400	653	1.080	1.794	920	
	II	1.104	1.756	1.033	1.827	693	
	III	1.600	920	467	431	2.240	
	Média	1.368	1.110	860	1.351	1.284	5.973
20	I	1.568	645	933	2.433	240	
	II	1.456	1.331	1.067	2.164	747	
	III	1.296	1.704	2.013	2.596	1.160	
	Média	1.440	1.227	1.338	2.398	716	7.118
30	I	1.424	1.123	1.453	2.600	1.174	
	II	1.176	957	1.746	3.760	80	
	III	1.832	995	1.906	2.040	360	
	Média	1.477	1.025	1.702	2.800	538	7.542
40	I	1.392	1.635	1.733	1.573	-	
	II	1.584	1.256	1.253	1.773	-	
	III	1.824	1.136	2.040	267	-	
	Média	1.600	1.342	1.675	1.204	-	5.822
SP	I	1.480	1.480	2.280	880	-	
	II	1.800	800	2.360	920	-	
	III	920	2.760	1.520	1.280	-	
	Média	1.400	1.680	2.053	1.027	-	6.160
CV (%)						12,89	

^{ns} = não significativo

APÊNDICE 12. Eficiência média de utilização da pastagem de aveia + azevém, nas repetições, manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de 2001 e de 2002

Altura de manejo pretendida cm	Repetição	Eficiência de utilização da pastagem	
		Pastejo de 2001	Pastejo de 2002
		..... kg de MS/kg de PV	
10	I	14,46	11,40
	II	12,72	10,36
	III	14,16	11,52
	Média	13,78 b	11,09 b
20	I	18,34	10,16
	II	28,20	14,01
	III	18,67	15,80
	Média	21,74 b	13,32 b
30	I	28,37	25,00
	II	25,46	25,64
	III	49,25	24,60
	Média	34,36 ab	25,08 ab
40	I	72,81	49,48
	II	55,51	37,84
	III	43,50	29,59
	Média	52,27 a	38,97 a
CV (%)		36,69	25,52

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 12. Resumo da análise de variância dos resultados referentes aos atributos físicos do solo, em profundidades, após 104 dias de pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo

Causas da variação	Variáveis			
	Densidade do solo	Macropor.	Micropor.	Poros. total
	..... Prob.>F			
Alturas (A)	0,34072	0,27076	0,82629	0,09732
Profundidades (P)	0,00306	0,02827	0,00202	0,00201
A*P	0,14672	0,14332	0,09550	0,13163
CV (%)	3,83	16,87	2,82	3,03

APÊNDICE 13. Resumo da análise de variância dos resultados referentes aos atributos físicos do solo, em profundidades, após a colheita da soja, em área anteriormente submetida a pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo

Causas da variação	Variáveis			
	Densidade do solo	Macropor.	Micropor.	Poros. total
	..... Prob.>F			
Alturas (A)	0,95850	0,99770	0,91750	0,87079
Profundidades (P)	0,00303	0,00145	0,12874	0,00192
A*P	0,56674	0,50833	0,28900	0,56331
CV (%)	3,76	16,26	3,08	4,54

APÊNDICE 14. Resumo da análise de variância dos resultados referentes aos atributos químicos do solo, em profundidades, após pastejo de aveia + azevém sob diferentes alturas de manejo e antes da aplicação do calcário

Causas da var.	Variáveis							
	COT	CTCe	pH	Al	Ca	Mg	V%	m%
	..... Prob.>F							
Alturas (A)	0,67417	0,73492	0,51823	0,40916	0,52015	0,52665	0,45382	0,32063
Prof. (P)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
A*P	0,22334	0,88457	0,10525	0,09967	0,43324	0,01637	0,19812	0,03759
CV (%)	4,05	5,02	1,16	15,90	6,69	5,35	28,20	15,69

APÊNDICE 15. Resumo da análise de variância dos resultados referentes aos atributos químicos do solo, em profundidades, cinco meses após a aplicação do calcário, em área sem pastejo e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo

Causas da var.	Variáveis							
	COT	CTCe	pH	Al	Ca	Mg	V%	m%
	..... Prob.>F							
Alturas (A)	0,73471	0,30989	0,30951	0,78971	0,38087	0,55425	0,46165	0,69798
Prof. (P)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
A*P	0,70508	0,00284	0,00656	0,99126	0,22242	0,00352	0,08729	0,83291
CV (%)	4,40	8,58	4,11	24,48	14,32	13,29	12,78	26,43

APÊNDICE 16. Resumo da análise de variância dos resultados referentes aos atributos químicos do solo, em profundidades, onze meses após a aplicação do calcário, em área sem pastejo e com pastejo animal no inverno sob diferentes alturas de manejo

Causas da var.	Variáveis							
	COT	CTCe	pH	Al	Ca	Mg	V%	m%
	Prob.>F							
Alturas (A)	0,71405	0,00897	0,00102	0,43974	0,02771	0,18536	0,52038	0,72494
Prof. (P)	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
A*P	0,09286	0,00001	0,00002	0,99576	0,00013	0,00122	0,03603	0,94264
CV (%)	5,04	5,84	2,37	22,07	9,67	10,64	37,69	23,93

APÊNDICE 17. Carga animal média na pastagem de aveia + azevém, nas repetições, manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de 2001 e de 2002

Altura de manejo pretendida cm	Repetição	Carga animal	
		Pastejo de 2001	Pastejo de 2002
		..... kg de PV ha ⁻¹ dia ⁻¹	
10	I	1.382	1.168
	II	1.467	1.254
	III	1.229	1.159
	Média	1.359 a	1.194 a
20	I	786	933
	II	752	956
	III	961	916
	Média	833 b	935 b
30	I	632	539
	II	637	498
	III	374	501
	Média	548 bc	513 c
40	I	246	271
	II	276	294
	III	353	346
	Média	292 c	304 d
CV (%)		17,01	5,28

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 18. Ganho médio diário de bovinos em pastagem de aveia + azevém, nas repetições, manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de 2001 e de 2002

Altura de manejo pretendida cm	Repetição	Ganho médio diário	
		Pastejo de 2001 ^{ns}	Pastejo de 2002
		..... kg animal ⁻¹ dia ⁻¹	
10	I	0,849	0,848
	II	0,840	0,981
	III	0,994	0,921
	Média	0,894	0,917 b
20	I	1,077	1,328
	II	1,054	1,103
	III	0,958	1,222
	Média	1,030	1,218 a
30	I	1,253	1,152
	II	1,096	1,266
	III	0,994	1,157
	Média	1,114	1,192 a
40	I	1,077	1,078
	II	1,154	1,095
	III	1,035	1,024
	Média	1,089	1,066 ab
CV (%)		9,25	7,74

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo

APÊNDICE 19. Produção animal por área em pastagem de aveia + azevém, nas repetições, manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de 2001 e de 2002

Altura de manejo pretendida cm	Repetição	Ganho por área	
		Pastejo de 2001	Pastejo de 2002
		..... kg de PV ha ⁻¹	
10	I	480,53	513,17
	II	488,04	618,51
	III	472,15	490,88
	Média	480,24 a	540,85 a
20	I	309,10	573,19
	II	276,15	483,18
	III	346,80	555,29
	Média	310,68 b	537,22 a
30	I	291,95	311,04
	II	254,27	300,90
	III	147,11	290,20
	Média	231,11 bc	300,71 b
40	I	101,24	128,38
	II	115,40	154,80
	III	146,97	178,08
	Média	121,20 c	153,75 c
CV (%)		17,12	13,07

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

APÊNDICE 20. Oferta total média de matéria seca em pastagem de aveia + azevém, nas repetições, manejada sob diferentes alturas, nos períodos experimentais de 2001 e de 2002

Altura de manejo pretendida	Repetição	Oferta total de matéria seca	
		Pastejo de 2001	Pastejo de 2002
..... cm .....		..... kg de MS/100 kg de PV	
10	I	5,0	5,0
	II	4,2	5,1
	III	5,4	4,9
	Média	4,9 b	5,0 c
20	I	7,2	6,2
	II	10,3	7,1
	III	6,7	9,6
	Média	8,1 b	7,6 bc
30	I	13,1	14,4
	II	10,2	15,5
	III	19,4	14,2
	Média	14,2 ab	14,7 ab
40	I	29,9	23,4
	II	23,1	20,2
	III	18,1	15,2
	Média	23,7 a	19,5 a
CV (%)		34,47	21,38

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

8. RESUMO BIOGRÁFICO

Luís César Cassol, filho de Valentim Cassol e de Ayres Benedetti Cassol, nasceu em 28 de julho de 1969, em Três de Maio, Rio Grande do Sul. É casado com Maria Julia Vega Solana Cassol, com quem tem um filho, Leonardo Antônio Solana Cassol.

Em 1982 completou seus estudos de primeiro grau na Escola Estadual de 1º Grau Pedro Múncio Compagnoni, em Rocinha, Três de Maio. Entre 1983 e 1985 efetuou seus estudos de segundo grau no Colégio Estadual Cardeal Pacelli de Três de Maio. Em 1986 ingressou na Universidade Federal de Santa Maria, graduando-se Engenheiro Agrônomo em dezembro de 1990. Em 1991 atuou como bolsista (aperfeiçoamento – CNPq), na Universidade Federal de Santa Maria, área de manejo e fertilidade do solo. Em 1992 ingressou no curso de Mestrado junto a Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob orientação do professor Ibanor Anghinoni, tendo recebido o título de Mestre em Ciência do Solo em janeiro de 1995. Desde fevereiro de 1994 é professor do Curso de Agronomia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), em Pato Branco, tendo sido seu Coordenador no período de julho de 1995 a setembro de 1998. Em setembro de 1999 ingressou no curso de Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

É membro da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo desde 1992.