

ANDRÉ PEREIRA FREIRE FERRAZ

CARACTERIZAÇÃO DA PASTAGEM E PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO
SOLO EM CAATINGA SOB PASTEJO

Serra Talhada – PE

2014

ANDRÉ PEREIRA FREIRE FERRAZ

CARACTERIZAÇÃO DA PASTAGEM E PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO
SOLO EM CAATINGA SOB PASTEJO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal.

ORIENTADOR: Prof. Márcio Vieira da Cunha

CO-ORIENTADOR: Prof. Eduardo Soares de Souza

Prof. Evaristo Jorge Oliveira de Souza

Serra Talhada – PE

2014

Com base no disposto na **Lei Federal Nº 9.610**, de 19 de fevereiro de 1998. [...] Autorizo para fins acadêmicos e científico a UFRPE/UAST, a divulgação e reprodução **TOTAL**, desta dissertação “Caracterização da pastagem e propriedades físico-hídricas do solo em Caatinga sob pastejo”, sem ressarcimento dos direitos autorais, da obra, a partir da data abaixo indicada ou até que manifestação em sentido contrário de minha parte determine a cessação desta autorização.



Assinatura

22/04/2014

Data

Ficha catalográfica

F381c Ferraz, André Pereira Freire.

Caracterização da pastagem e propriedades físico-hídricas do solo em Caatinga sob pastejo / André Pereira Freire Ferraz. – 2014. 90 f.: il.

Orientador: Márcio Vieira da Cunha.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2014.

Referências.

1. Massa de forragem. 2. Capim corrente. 3. Compactação do solo. 4. Infiltração de água no solo. 5. Semiárido – Pernambuco. 6. Oferta de forragem. 7. Capacidade de suporte. I. Cunha, Márcio Vieira da Cunha, orientador. II. Título.

CDD 631

ANDRÉ PEREIRA FREIRE FERRAZ

CARACTERIZAÇÃO DA PASTAGEM E PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO
SOLO EM CAATINGA SOB PASTEJO

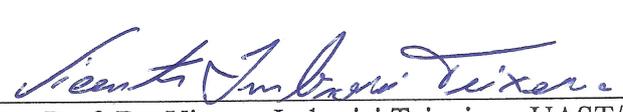
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 25/02/2014.

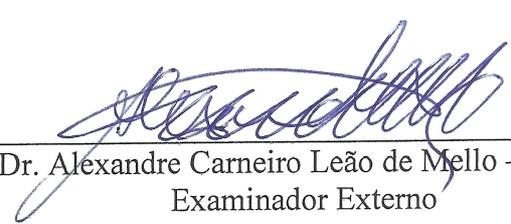
Banca Examinadora:



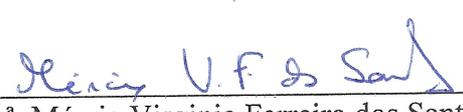
Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha – DZ/UFRPE
Orientador



Prof. Dr. Vicente Imbroisi Teixeira – UAST/UFRPE
Examinador Interno



Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello – DZ/UFRPE
Examinador Externo



Profª Drª. Mércia Virginia Ferreira dos Santos – DZ/UFRPE
Examinador Externo

Aos meus pais, Eldo Freire Ferraz e Laudice Pereira Freire Ferraz, com todo o amor e admiração, agradeço pelo exemplo, por jamais desistirem frente aos obstáculos, pelo incentivo constante aos estudos e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida; e ao meu irmão, Evandro Pereira Freire Ferraz, pelo exemplo de perseverança, que jamais desistiu dos seus objetivos. Não há palavra que encerre toda minha gratidão e amor a vocês.

DEDICO

Às minhas tias, Maria de Lourdes e Maria Aparecida, e ao meio tio, Damião Ferraz; a minha avó, Maria dos Anjos Pereira (in memoriam), e a minha amada namorada, Ariana Veras de Araújo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre está comigo, me iluminando em toda jornada da minha vida. *“Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque Tu estás comigo”*. Salmos 23:4.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de graduação em Agronomia, e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da mesma instituição, pela oportunidade de participar do curso de mestrado.

Ao meu orientador, prof. Márcio Vieira da Cunha, pela confiança, amizade, apoio e incentivo a realização do curso de mestrado, pela orientação recebida, desde a Iniciação Científica na graduação, por todo o conhecimento adquirido nessa caminhada. Grande exemplo de profissional e orientador.

Aos meus conselheiros, professores Eduardo Soares de Souza e Evaristo Jorge Oliveira de Souza, pelo apoio e acompanhamento das atividades do experimento, além das valiosas sugestões para a escrita da dissertação.

Ao prof. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite, pela amizade, pelo excelente profissional que é, por me receber de braços abertos para a realização do Estágio em Docência na disciplina de Plantas forrageiras e pastagens e pelas valiosas sugestões na escrita da dissertação.

Ao prof. André Quintão de Almeida, pela contribuição com a confecção dos croquis da área experimental e que sempre de muita boa vontade esteve disponível para ajudar de alguma forma.

Ao amigo e colega de graduação e mestrado, Rodolfo Marcondes Silva Souza, pela excelente relação de amizade, por todas as vezes que parou para tirar dúvidas que tive, e sobretudo, pela confiança e credibilidade depositadas em mim quando me apresentou ao prof. Márcio Vieira da Cunha o qual estava procurando um aluno para assumir um projeto de Iniciação Científica e que, desde então, tem sido meu orientador.

Aos professores Vicente Imbroisi Teixeira e Josimar Bento Simplício, pelas valiosas sugestões e questionamentos na apresentação de parte dos resultados da presente dissertação durante a disciplina de Seminário II, visando sempre a melhoria da dissertação.

A todos os alunos do grupo de pesquisa que contribuíram imensamente na realização das atividades de campo: Edwilka Cavalcante, Samira Brito, Cinthia Lima, Camila Sousa, Felipe Cavalcanti, Ewerton Ivo, Rafael Lopes, Ari Cruz e Myrelly Maciel, além do colega de

mestrado, Thiago Calado, e não menos importante, Joelma Souza, que desde a graduação tem sido amiga e companheira nas pesquisas em Forragicultura.

A Clarice Rafaela e Isabella Menezes, pela ajuda na realização dos testes de resistência mecânica do solo à penetração, e a Janete Moura, na realização dos testes de infiltração de água no solo.

Aos meus amados pais, Eldo e Laudice, pela educação, força, fé, por toda a dedicação. *Eldo*, homem forte, dedicado, perseverante, que jamais desistiu de nos proporcionar a melhor educação. Quando crescer quero ser um pouquinho do homem e pai que o senhor é. *Laudice*, mulher forte, fonte de ternura e conforto, obrigado pelas orações e bênçãos em cada nova jornada.

Ao meu amado irmão, Evandro, por todo apoio, pelo exemplo de perseverança, por jamais ter desistido dos seus objetivos, exemplo de irmão e amigo.

As minhas tias, Maria de Lourdes e Maria Aparecida, e ao meio tio, Damião Ferraz, por todo apoio e incentivo constante aos estudos.

A minha avó, Maria dos Anjos Pereira (*in memoriam*), pela ajuda quando fui estudar na cidade de Floresta – PE.

A Ariana Veras de Araújo, amada namorada, por estar ao meu lado, pela paciência, dedicação, por todo o carinho, amor e companheirismo. Minha menina que amo tanto. “*Ainda que eu falasse a língua dos homens, e falasse a língua dos anjos, sem amor, eu nada seria*” (I Coríntios 13, com adaptação de Renato Russo).

A todos os meus ex-professores da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, desde a graduação, que de alguma forma ajudaram na melhoria do meu trabalho.

Ao amigo e colega de mestrado, Enio Souza, pela amizade e excelente convivência.

A coordenação do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, pelo apoio recebido, apesar de todas as dificuldades.

Em especial ao Grupo de Estudos e Pesquisas em Forragicultura (GEFOR), na pessoa do prof. Maurício Luiz de Mello Vieira Leite, do qual tenho a honra de participar. Sem sombra de dúvidas, todas as discussões foram de suma importância para o meu crescimento profissional e acadêmico. Que o grupo se torne mais forte a cada dia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro à pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pós-graduação.

A banca examinadora, pelas valiosas sugestões para a melhoria da dissertação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com este trabalho. Ficam aqui meus sinceros agradecimentos.

“... todo fim é sempre um outro começo...” (Dinho Ouro Preto/Alvin L).

*“Não me entrego sem lutar;
tenho, ainda, coração.
Não aprendi a me render;
que caia o inimigo então”.*
(Renato Russo)

FERRAZ, André Pereira Freire. **Caracterização da pastagem e propriedades físico-hídricas do solo em Caatinga sob pastejo**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2014. Orientador: Márcio Vieira da Cunha (D.Sc.). Co-orientadores: Eduardo Soares de Souza (D.Sc.) e Evaristo Jorge Oliveira de Souza (D.Sc.).

RESUMO GERAL

No Brasil, a produção animal baseia-se principalmente na criação a pasto e, no Nordeste brasileiro, o principal recurso forrageiro tem sido a vegetação da Caatinga, sendo que o superpastejo tem sido apontado como um dos fatores responsáveis pela degradação da pastagem. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a influência da oferta de forragem (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 kg MS/kg PV) nas características estruturais e na composição botânica do pasto e em características físico-hídricas do solo de uma área de Caatinga manipulada no semiárido pernambucano. A pesquisa foi realizada de maio a julho de 2013 na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. A área experimental, de 7200 m², foi dividida em 12 piquetes de 584 m² cada e o período de pastejo realizado entre junho e julho de 2013. Foram avaliadas a massa de forragem, composição botânica, altura do pasto, porcentagem de solo descoberto e de liteira, antes da entrada e após a saída dos animais da área e ao longo do período de pastejo. As propriedades do solo avaliadas foram a resistência mecânica do solo à penetração, condutividade hidráulica, sorvidade, densidade do solo e as umidades inicial e final do solo, antes da entrada e após a saída dos animais dos piquetes. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições. Os dados foram submetidos a análises de medidas repetidas no tempo e teste t e a influência das ofertas de forragem e das avaliações nas variáveis foi estudada através de regressão. Os dados do solo foram comparados por meio do teste t e realizadas análises de regressão. A massa de forragem e a altura do pasto variaram de 2692 a 288 kg MS/ha e 72,55 a 16,27 cm, respectivamente, na menor oferta de forragem e, na maior oferta, variaram de 2678 a 406 kg MS/ha e 67,78 a 25,62 cm. O aumento da oferta de forragem resultou em maiores altura do pasto (25,62 cm) e massa de forragem (406 kg MS/ha) pós-pastejo, menor percentual de solo descoberto (15,56%) e maior porcentagem de liteira (20,19%). Quanto às avaliações, houve redução (P<0,01) da massa de forragem, da altura do pasto, da porcentagem de liteira e aumento do solo descoberto. A composição botânica do pasto foi alterada (P<0,01), sendo que houve

influência das avaliações e das ofertas de forragem apenas para o capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy), em que sua participação no pasto diminuiu (de 53,69 a 27,45%) com o aumento da oferta de forragem e, ao longo das avaliações, sua persistência esteve, possivelmente, relacionada à precipitação pluviométrica do período de pastejo. Houve influência ($P < 0,01$) do pisoteio animal na compactação do solo, principalmente na camada superficial (0-10 cm), em que a maior resistência à penetração (12,65 MPa) foi observada na menor oferta de forragem. A densidade do solo variou ($P < 0,01$) de 1,46 a 1,42 g cm⁻³, da menor à maior oferta de forragem, respectivamente. A sorvidade e a condutividade hidráulica do solo foram maiores (1,25 m s^{-1/2} e 0,032 mm s⁻¹, respectivamente) com o aumento da oferta de forragem e estiveram inversamente relacionadas com a densidade do solo. Dessa forma, o aumento da oferta de forragem na área de Caatinga manipulada indica que é possível manejar esse bioma para fins pastoris obedecendo sua capacidade de suporte.

Palavras-chave: capim-corrente, compactação do solo, condutividade hidráulica, massa de forragem, oferta de forragem, semiárido.

GENERAL ABSTRACT

In Brazil, livestock production is mainly based on pasture. In the Brazilian Northeast, the main forage resource has been the Caatinga vegetation, and overgrazing has been indicated as one of the factors responsible for pasture degradation. Thus, the objective was to evaluate the influence of herbage allowances (2.0, 2.5, 3.0 and 3.5 kg DM/kg BW) on the structural characteristics and the botanical composition of the pasture and soil hydro-physical characteristics from an area of manipulated Caatinga in semiarid region of Pernambuco. The research was conducted from May to July 2013 at the Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. The experimental area of 7200 m², was divided into 12 paddocks, each of 584 m², and the grazing period held between June and July 2013. Response variables included herbage mass, botanical composition, sward height, percentage of bare ground, and litter, before the entry and after removal of the animals from the experimental area and throughout the grazing period. The soil properties evaluated were the soil mechanical resistance to penetration, hydraulic conductivity, sorptivity, soil density and the initial and final soil moistures, before the entry and after removal of the animals from the experimental area. The experimental design was randomized blocks with three replications. Data were submitted to analysis of repeated measures and t-test and the influence of herbage allowance and evaluations in variables were assessed by regression analysis. The soil data were compared using t-test and regression analyses. Forage and pasture height varied from 2692 to 288 kg DM/ha and 72.55 to 16.27 cm, respectively, in lowest herbage allowance, and in greatest herbage allowance varied from 2678 to 406 kg DM/ha and 67.78 to 25.62 cm. The increase in herbage allowance resulted in higher forage sward height (25.62 cm) and herbage mass (406 kg DM/ha) after grazing, lower percentage of bare soil (15.56%) and higher percentage of litter (20.19%). As for the evaluations, there was a reduction (P<0.01) of herbage mass, sward height, the percentage of litter and increased bare ground. The botanical composition of the pasture was affected (P<0.01), with influence of evaluation and herbage allowance just for 'capim-corrente' (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy). 'Capim-corrente' proportion in the botanical composition decreased (53.69 to 27.45%) with increasing herbage allowance and, during the evaluation, its persistence was possibly related to the precipitation of the grazing period. There were significant effects (P<0.01) of animal trampling on soil compaction, especially in the surface layer (0-10 cm), where the greatest resistance to penetration (12.65 MPa) was observed in smaller herbage allowance. Soil bulk

density varied ($P < 0.01$) from 1.46 to 1.42 g cm⁻³, from smallest to the largest herbage allowance, respectively. The sorptivity and hydraulic conductivity were higher (1.25 m s^{-1/2} and 0.032 mm s⁻¹, respectively) with increasing of herbage allowance and were inversely related to soil density. Thus, the increase in the herbage allowance in area of manipulated Caatinga indicates that it is possible to manage this biome for pastoral purposes according to its carrying capacity.

Keywords: capim-corrente, soil compaction, hydraulic conductivity, herbage mass, herbage allowance, semiarid.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1	Localização da área experimental.....	21
Figura 2	Precipitação pluviométrica (mm) e evapotranspiração de referência – ETo (mm) monitoradas ao longo das avaliações.....	22
Figura 3	Croqui da área experimental, mostrando a variação na altitude local e as parcelas experimentais (piquetes).....	24
Figura 4	Massa de forragem e altura do pasto pós pastejo de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem.....	30
Figura 5	Relação da porcentagem de solo descoberto e de liteira, considerando os valores de todas as ofertas de forragem.....	32
Figura 6	Porcentagem de solo descoberto e de liteira pós pastejo de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem.....	33
Figura 7	Massa de forragem de Caatinga manipulada pastejada por ovinos ao longo das avaliações.....	34
Figura 8	Altura do pasto de Caatinga manipulada pastejada por ovinos ao longo das avaliações.....	36
Figura 9	Número de perfilhos (NP) basais por metro quadrado de capim-buffel e capim-corrente em relação à precipitação pluviométrica ocorrida ao longo das avaliações em Caatinga manipulada pastejada por ovinos.....	37
Figura 10	Porcentagem de solo descoberto (A) e de liteira (B) de uma área de Caatinga manipulada pastejada por ovinos ao longo das avaliações.....	38
Figura 11	Participação do capim-corrente no pasto de uma área de Caatinga manipulada ao longo das avaliações (A) e a relação do percentual do capim-corrente com a precipitação pluviométrica (B).....	39
Figura 12	Participação do capim corrente no pasto de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem.....	40
Figura 13	Composição botânica da pastagem de acordo com as ofertas de forragem de 2,0 (A); 2,5 (B); 3,0 (C); e 3,5 kg MS/kg PV (D) ao longo das avaliações.....	42

CAPÍTULO II

Figura 1	Localização da área experimental.....	57
Figura 2	Croqui da área experimental, mostrando a variação na altitude local e as parcelas experimentais (piquetes).....	58
Figura 3	Variáveis meteorológicas registradas no período experimental.....	60
Figura 4	Utilização do penetrômetro de impacto (A) e detalhe da base do aparelho (B) onde foram realizadas as leituras.....	62
Figura 5	Haste metálica utilizada para coleta do solo (A) e detalhe da haste graduada de acordo com as profundidades de solo avaliadas (B).....	63
Figura 6	Adição de água (A) no infiltrômetro de anel simples (B) durante a realização de um dos testes de infiltração.....	64
Figura 7	Resistência mecânica do solo à penetração nas profundidades de 0-10 (A), 10-20 (B) e 20-30 cm (C) em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem.....	70
Figura 8	Densidade do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, após a estação de pastejo.....	73
Figura 9	Umidades inicial (antes dos testes de infiltração) e final (após os teste de infiltração) do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, após a estação de pastejo.....	75
Figura 10	Condutividade hidráulica saturada (Ks) (A) e sorvidade (B) do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem.....	77
Figura 11	Relação entre a densidade do solo e a condutividade hidráulica (A) e a Sorvidade (B) do solo em Caatinga manipulada, utilizando dados obtidos em todas as ofertas de forragem estudadas.....	78

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1	Atributos químicos de amostras de solo da área experimental, conforme a profundidade.....	23
Tabela 2	Massa de forragem e altura do pasto de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais.....	28
Tabela 3	Porcentagem de solo descoberto e de liteira de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais.....	31

CAPÍTULO II

Tabela 1	Atributos químicos de amostras de solo da área experimental, conforme a profundidade.....	59
Tabela 2	Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais.....	67
Tabela 3	Umidade gravimétrica (g/g) do solo durante os testes de resistência mecânica do solo à penetração em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais...	69
Tabela 4	Densidade do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais.....	72
Tabela 5	Umidades inicial (antes da realização do teste de infiltração) e final (após o teste) de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais.....	74
Tabela 6	Sorvidade e condutividade hidráulica do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais da área.....	76

SUMÁRIO

1 - APRESENTAÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO PASTO E COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DE UMA ÁREA DE CAATINGA MANIPULADA SOB DIFERENTES OFERTAS DE FORRAGEM NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.....	14
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	16
1.1 - INTRODUÇÃO.....	18
1.2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
1.4 - CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
CAPÍTULO 2 - PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO DE CAATINGA MANIPULADA SOB DIFERENTES OFERTAS DE FORRAGEM.....	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	52
2.1 - INTRODUÇÃO.....	54
2.2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
2.4 - CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS.....	80

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação trata da avaliação de características do pasto e do solo de uma área de Caatinga manipulada, submetida a diferentes ofertas de forragem, e localizada no sertão do Pajeú, semiárido pernambucano.

A degradação da Caatinga, principal recurso forrageiro e em muitas situações a única fonte de alimentação dos rebanhos, já é uma realidade no Nordeste brasileiro. Entre as causas de degradação da Caatinga está o superpastejo, pois em determinadas épocas do ano, por ocasião das baixas precipitações pluviais, a produção forrageira de algumas plantas da Caatinga praticamente cessa, não sendo suficiente para atender a demanda de alimento pelos animais. Nessa situação, o ecossistema da pastagem passa a ser exigido, de tal forma, que não consegue repor a biomassa na mesma velocidade com que os animais se alimentam. A pastagem é submetida ao superpastejo, condição que afeta as características do solo, pois pode haver compactação do mesmo e redução das taxas de infiltração de água no solo, bem como aumento das áreas de solo descoberto, com reflexos sobre as plantas forrageiras.

É imprescindível, portanto, que no manejo da Caatinga para fins pastoris seja levado em conta a oferta de forragem, pois apenas o conceito de taxa de lotação não é suficiente para a conservação deste bioma, já que não considera as informações relacionadas às plantas forrageiras, como massa de forragem, taxa de recuperação, pressão de pastejo, altura do pasto, etc.

Nos próximos capítulos, serão apresentadas as avaliações realizadas na presente dissertação e seus respectivos resultados.

CAPÍTULO 1 – CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO PASTO E COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DE UMA ÁREA DE CAATINGA MANIPULADA SOB DIFERENTES OFERTAS DE FORRAGEM NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

RESUMO

No Brasil, a produção animal baseia-se principalmente na criação a pasto e, no Nordeste brasileiro, o principal recurso forrageiro tem sido a vegetação da Caatinga. Na Caatinga o superpastejo tem sido apontado como um dos fatores responsáveis pela degradação da pastagem. Assim, objetivou-se avaliar as características estruturais do pasto e a composição botânica de uma área de Caatinga manipulada e manejada sob diferentes ofertas de forragem. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), em uma área de Caatinga enriquecida com mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) e capim-buffel (*Cenchrus ciliaries* L.). A área, de 7200 m², foi dividida em 12 piquetes de 584 m² (29,2 m x 20 m) e o período de pastejo realizado entre junho e julho de 2013. Foram testadas quatro ofertas de forragem (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 kg de MS/kg de PV) utilizando-se ovinos com peso vivo inicial de 23 kg. Foram avaliadas a massa de forragem, composição botânica, altura do pasto, porcentagem de solo descoberto e de liteira. Todas as variáveis foram avaliadas antes da entrada e após a saída dos animais da área e ao longo do período de pastejo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições. As avaliações ao longo do período de pastejo foram consideradas como medidas repetidas no tempo e a influência das ofertas de forragem e avaliações nas variáveis foram estudadas através de análises de regressão. Houve efeito ($P < 0,01$) das avaliações e ofertas de forragem sobre as variáveis estudadas. O pastejo promoveu a redução da massa de forragem, da altura do pasto e da porcentagem de liteira e aumentou o percentual de solo descoberto. A menor oferta de forragem resultou em menor altura do pasto (16,27 cm) e massa de forragem (288 kg MS/ha) pós-pastejo, enquanto que aumentou a área de solo descoberto (de 2,89 a 25,56%) e reduziu a porcentagem de liteira (de 32,89 a 14,56%). Por ocasião das avaliações, houve redução da massa de forragem (de 2662 a 357 kg MS/ha), da altura do pasto (de 70,58 a 21,90 cm), da porcentagem de liteira (de 37,61 a 17,77%) e aumento do percentual de solo descoberto (de 3,08 a 19,73%). A composição botânica do pasto foi alterada ($P < 0,01$), sendo que houve influência das avaliações e das ofertas de forragem apenas para o capim-corrente,

em que sua participação no pasto diminuiu (de 53,69 a 27,45%) com o aumento da oferta de forragem e, ao longo das avaliações, sua persistência esteve, possivelmente, relacionada à precipitação pluviométrica do período de pastejo. O aumento da oferta de forragem promoveu maiores resíduos pós pastejo, reduziu as áreas de solo descoberto e preservou maior percentual de liteira na pastagem.

Palavras chave: altura do pasto, Caatinga, capim-corrente, liteira, massa de forragem, solo descoberto.

PASTURE STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND BOTANICAL COMPOSITION OF A MANIPULATED CAATINGA AREA UNDER DIFFERENT HERBAGE ALLOWANCES IN THE SEMIARID REGION OF PERNAMBUCO

ABSTRACT

In Brazil, livestock production is mainly based on pasture. In the Brazilian Northeast, the main forage resource has been the Caatinga vegetation, and overgrazing has been indicated as one of the factors responsible for pasture degradation. Thus, the objective of this research was to evaluate the structural characteristics of the pasture and botanical composition of an area of manipulated Caatinga managed under different herbage allowances. The research was conducted at Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), in an area of enriched Caatinga with mororó [*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.], capim-corrente [*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy] and buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). The experimental area of 7200 m² was divided into 12 paddocks, each of 584 m², and the grazing period held between June and July 2013. Four herbage allowances were applied (2.0; 2.5; 3.0 and 3.5 kg DM/kg BW) using sheep with initial live weight of 23 kg. Response variables included herbage mass, botanical composition, sward height, percentage of bare ground, and litter. All variables were evaluated before the entry and after removal of the sheep from the experimental area and throughout the grazing period. The experimental design was randomized blocks with three replications. Throughout the grazing period, evaluations were considered as repeated measures and the influence of herbage allowance and evaluations in variables were assessed by regression analysis. There was effect (P<0.01) of evaluation and herbage allowance on the studied variables. Grazing caused a reduction of herbage mass, sward height, and percentage of litter, and increased the percentage of bare soil. The lowest herbage allowance resulted in lower sward height (16.27 cm) and herbage mass (288 kg DM/ha) after grazing, while it increased the area of bare soil (2.89 to 25.56%) and reduced the percentage of litter (32.89 to 14.56%). During the evaluation period, there was reduction of herbage mass (2662 to 357 kg DM/ha), sward height (70.58 to 21.90 cm), percentage of litter (37.61 to 17.77%) and increase in the percentage of bare soil (3.08 to 19.73%). The botanical composition of the pasture was affected (P<0.01), with influence of evaluation and herbage allowance just for 'capim-corrente' (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy). 'Capim-corrente' proportion in the botanical composition

decreased (53.69 to 27.45%) with increasing herbage allowance and, during the evaluation, its persistence was possibly related to the precipitation of the grazing period. The increase of herbage allowance showed greater post-grazing stubble, reduced areas of bare soil, and preserved greater percentage of litter in the pasture.

Keywords: sward height, Caatinga, capim-corrente, litter, forage mass, bare soil.

1.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os sistemas de produção animal são baseados principalmente na criação a pasto. A área de pastagem abrange, aproximadamente, 159 milhões de hectares, dos quais 64% corresponde à pastagens cultivadas e, 36%, pastagens naturais (IBGE, 2006). Portanto, dada a importância das pastagens na dieta animal, é preciso manejar este recurso através da compreensão das inter-relações entre a planta e os animais em pastejo.

A produção de pequenos ruminantes é bastante expressiva no Brasil e a região Nordeste ocupa lugar de destaque na pecuária nacional. O efetivo nacional de ovinos e caprinos é de 16.789.492 e 8.646.463 de cabeças, respectivamente, sendo que a região Nordeste detém 90,7% do rebanho caprino e 55,5% do rebanho ovino e o Estado de Pernambuco 22,8 e 17,7% do rebanho nordestino de caprinos e ovinos, respectivamente (IBGE, 2012). Tal destaque para a pecuária no Estado deve-se a maior aptidão das áreas para pecuária em relação a agricultura. Em 2001, a Embrapa Solos realizou um levantamento sobre a aptidão agroecológica de Pernambuco e verificou que, no Sertão do Estado, apenas uma pequena fração das áreas são aptas para agricultura, porém, para pastagens nativas, a aptidão mostrou-se mais elevada (ZAPE, 2001).

O semiárido representa cerca de 74% da superfície do Nordeste brasileiro e o recurso forrageiro de maior expressão tem sido a Caatinga, que cobre, aproximadamente, 54% do Nordeste (Pereira et al., 2012). Entretanto, na maioria das vezes, esse recurso forrageiro não é manejado corretamente, acarretando em sérios riscos a sua conservação. A Caatinga tem sido bastante modificada pelo homem (Castelletti et al., 2005) e a degradação já é uma realidade em extensas áreas do semiárido nordestino (Araújo Filho et al., 2002). Atualmente, cerca de 25% do ecossistema Caatinga encontra-se em processo de desertificação (Higa et al., 2012).

Em determinadas épocas do ano a produção e a qualidade da forragem na Caatinga é insuficiente para o atendimento das exigências nutricionais dos animais e, para Araújo et al. (1994), o manejo dos sistemas de criação é apontado como um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade dos rebanhos. A importância do controle da quantidade e qualidade da forragem na manutenção do desempenho produtivo e estabilidade do sistema de pastejo é bastante enfatizado na literatura (Oliveira, 1981; Moreira et al., 2007a; Silva e Nascimento Júnior, 2007; Pereira Filho et al., 2013), e isto se torna particularmente importante no semiárido brasileiro, por conta da variabilidade na produção forrageira dentro e entre os anos. Para Santos et al. (2010), a massa de forragem da Caatinga muda, especialmente, de acordo

com a época do ano, o tipo de Caatinga, a precipitação, a pressão de pastejo, a densidade de plantas, o método de manejo e de avaliação, entre outros.

A utilização de técnicas de manipulação da Caatinga (rebaixamento, raleamento e enriquecimento) para fins pastoris permite aumentar a capacidade de suporte da pastagem (Araújo Filho, 1990; Araújo Filho e Carvalho, 1997; Araújo Filho et al., 2002). É imprescindível manejar a vegetação da Caatinga em sua capacidade de suporte, ou seja, na máxima taxa de lotação que irá atingir um nível desejado de desempenho animal, sem comprometimento do ecossistema (Allen et al., 2011). Isto é possível ao se ajustar a lotação animal com base na oferta de forragem (Nabinger et al., 2006).

A taxa de lotação da Caatinga é bastante variável. Segundo Araújo Filho (2006) recomendam-se 22 ha/UA/ano. Já Guimarães Filho et al. (1995) relataram valores de 12 a 15 ha/UA/ano. Por sua vez, Araújo Filho (2013) afirma que, para a maioria dos sítios ecológicos da Caatinga, são necessários de 10 a 12 ha/UA/ano. Considerando apenas a época mais chuvosa do ano, a capacidade de suporte da Caatinga é de 4 a 5 ha/UA/ano (Moreira et al., 2007b). Entretanto, as taxas de lotação citadas são para a Caatinga em sua condição natural, sem uso das técnicas de manipulação da vegetação visando o aumento de sua capacidade de suporte. Ocorre, portanto, elevada heterogeneidade na Caatinga e, por isso, a recomendação generalizada de uma taxa de lotação não é adequado.

Considerando a grande heterogeneidade da Caatinga, Prado (2003) pondera que esse bioma seja chamado de “Caatingas”, no plural, uma vez que este inclui diversas fitofisionomias e numerosos mosaicos de vegetação, que são geralmente referidos como “Caatinga”, adicionando-se epítetos vernaculares ou técnicos, como “Caatinga arbórea”, “Caatinga arbustiva”.

Portanto, tratando-se de sua utilização para fins pastoris, é imprescindível que a vegetação da Caatinga seja manejada empregando-se o conceito de oferta de forragem, o qual define a relação entre a massa de forragem e o peso vivo de animais em um momento específico (Allen et al., 2011) e é expressa pela razão da massa de forragem, em kg por hectare, pelo peso vivo dos animais, em kg por hectare, resultando em kg de massa seca/kg de peso vivo (Sollenberger et al., 2005).

Vários trabalhos têm demonstrado os efeitos adversos que o uso inadequado da pastagem pode causar. Hazell (1967) compararam o efeito de duas áreas sob pastejo, uma pastejada moderadamente e outra sob pastejo severo, e verificaram redução significativa do vigor das plantas, definido com base na altura máxima da planta, altura média e comprimento

da folha, e da produção de forragem na área intensamente pastejada. Os autores constataram ainda que houve o desenvolvimento de plantas indesejáveis na área pastejada severamente. Parente et al. (2012) avaliaram a influência do pastejo caprino em Caatinga manejada sob diferentes taxas de lotação (3,1 animal/ha e 1,5 animal/ha) na fenologia de algumas espécies forrageiras e verificaram redução antecipada do número total de folhas, flores e frutos, notadamente na maior taxa de lotação, para as plantas de marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll. Arg.) e malva (*Malva sylvestris* L.), ocasionando alteração na fenologia dessas espécies.

O manejo inadequado da Caatinga pode ainda afetar a composição florística. Para Steffens et al. (2013), a mudança na comunidade de plantas é inevitável, e o manejo do pastejo afeta fortemente como essa mudança ocorre. Assim, Tallowin et al. (2005) mostraram que, em pastagens com grande número de espécies vegetais, tal como a Caatinga, a pressão de pastejo leniente permite a diversidade e abundância botânica e faunística, enquanto que, sob pressão de pastejo severa, a diversidade botânica diminui. Albuquerque et al. (2008) avaliaram a influência de quatro lotações animais (1 novilho/6,7 ha; 1 novilho/10,0 ha; 1 novilho/13,3 ha; e uma área sem pastejo) sobre os estratos herbáceo e arbóreo da Caatinga e verificaram que a maior densidade de arbustos e árvores ocorreu na área com menor lotação (um novilho/13,3 ha).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar características estruturais do pasto, porcentagem de solo descoberto e de liteira e a composição botânica de uma área de caatinga manipulada, manejada sob diferentes ofertas de forragem.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em 2013, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na Fazenda Saco (Figura 1).

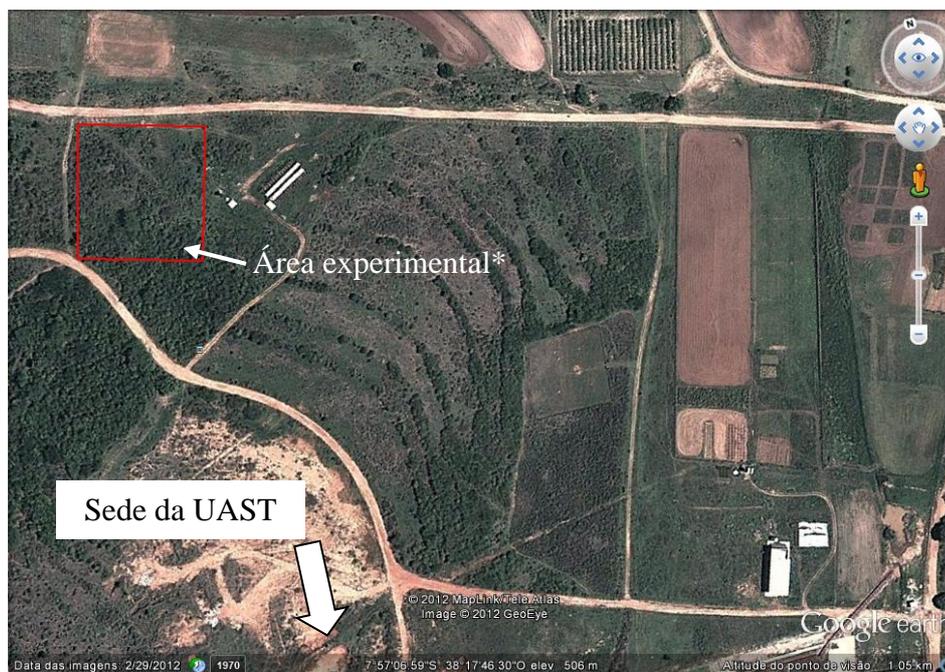


Figura 1. Localização da área experimental. Fonte: Google Earth, em 06 de agosto de 2013.

*Desenho da área experimental fora de escala.

O experimento foi instalado em uma área de Caatinga manipulada, enriquecida com as espécies mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) e capim-buffel (*Cenchrus ciliaries* L.), semeadas na década de 1980. Ao longo dos anos, esta área foi pastejada erraticamente por bovinos.

O período experimental foi realizado de maio a julho de 2013, sendo que o período de pastejo teve 39 dias de duração e foi realizado de junho a julho do mesmo ano. Durante o período de pastejo, foram efetuadas avaliações semanais no pasto. As quatro primeiras avaliações foram realizadas nos dias 04, 11, 18 e 25 de junho e, as duas últimas, em 02 e 09 de julho. A avaliação 1 (dia 04 de junho) foi realizada no mesmo dia e antes da entrada dos animais na área, e a avaliação 6 (dia 09 de julho), realizada após a retirada dos animais.

A área experimental, localizada sob as coordenadas geográficas 7° 57' 41" S e 38° 17' 868" W e com altitude média de 515 m, apresentava 7.200 m² (90 x 80 metros) e foi dividida em três blocos com quatro piquetes cada, totalizando 12 parcelas de 584 m² (20 m x 29,2 m).

O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bwh, denominado semiárido, quente e seco, com chuvas de verão, médias anuais térmicas superiores a 25°C (Melo et al., 2008) e pluviosidade média anual de 642 mm (SUDENE, 1990), com chuvas irregulares, porém, concentrando-se, na maioria dos casos, no primeiro semestre do ano (Silva et al., 2011). O município de Serra Talhada está localizado na parte setentrional da microrregião Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco e situa-se a uma altitude de 429 metros (CPRM, 2005).

Na Figura 2 são apresentadas a precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência – ETo, ao longo das avaliações (período de pastejo).

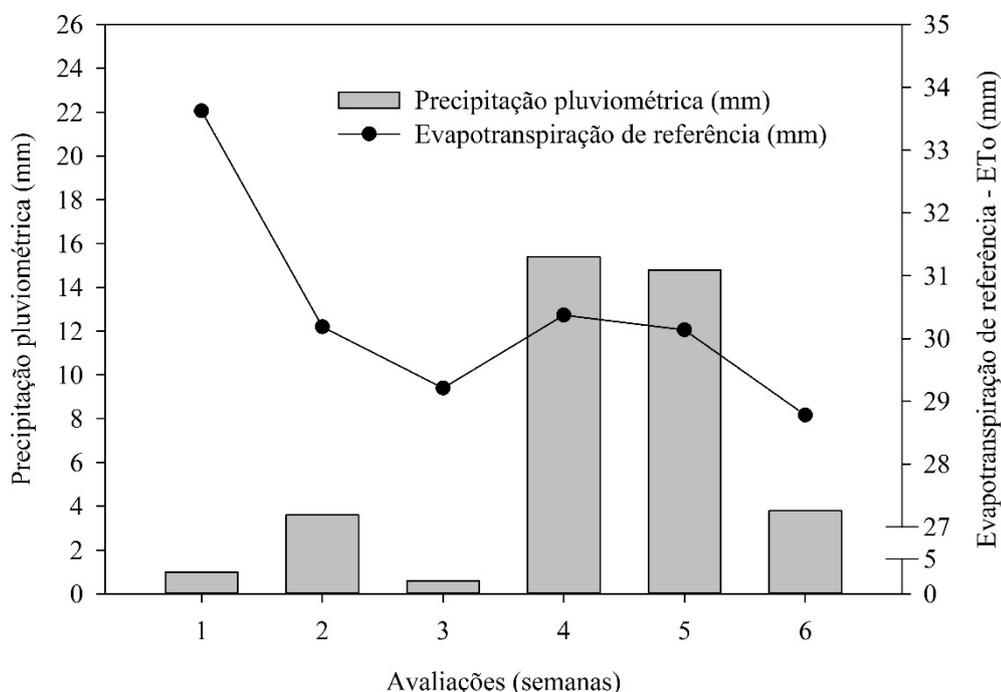


Figura 2. Precipitação pluviométrica (mm) e evapotranspiração de referência – ETo (mm) monitoradas ao longo das avaliações.

A precipitação pluviométrica e a evapotranspiração corresponderam aos valores acumulados nos sete dias de cada semana (Figura 2). Os dados para o cálculo dessas variáveis foram obtidos a partir de uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada no *campus* da UFRPE/UAST. A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada de acordo com o método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Foram realizadas análises físicas (granulometria pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997)) e químicas do solo da área experimental. Para tanto, foram coletadas cinco amostras de solo em cada parcela, uma amostra aproximadamente no centro e quatro nas bordas, formando um quadrado, acerca de três metros do limite de cada piquete, em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm). A partir das amostras simples, foram formadas três amostras compostas, uma para cada bloco experimental. A análise química foi realizada pelo laboratório de fertilidade do solo do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) (Tabela 1). O solo foi considerado franco-arenoso (Prevedello, 1996), eutrófico, de acidez fraca e fertilidade média a alta (IPA, 2008) e não foi realizada adubação química ou correção do mesmo.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos de amostras de solo da área experimental, conforme a profundidade

Característica do solo	Unidade	Profundidade (cm)	
		0 – 20	20 - 40
P ^a	mg dm ⁻³	86,50 ± 24,50*	49,00 ± 25,48
pH ^b	-	6,73 ± 0,35	6,73 ± 0,40
Ca	cmol _c dm ⁻³	8,72 ± 1,79	10,52 ± 2,52
Mg ^c	cmol _c dm ⁻³	1,60 ± 0,86	2,30 ± 0,70
Na	cmol _c dm ⁻³	0,04 ± 0	0,05 ± 0,01
K	cmol _c dm ⁻³	0,65 ± 0,06	0,35 ± 0,14
Al	cmol _c dm ⁻³	0,00 ± 0	0,00 ± 0
H	cmol _c dm ⁻³	1,89 ± 0,34	1,73 ± 0,74
SB ^d	cmol _c dm ⁻³	11,00 ± 0,93	13,20 ± 2,89
CTC ^e	cmol _c dm ⁻³	12,90 ± 0,69	14,93 ± 2,84
V ^f	%	85,00 ± 3,39	88,00 ± 5,19
MO ^g	%	4,47 ± 0,16	5,33 ± 0,73
Areia	%	68,79 ± 2,09	65,90 ± 3,52
Silte	%	18,15 ± 2,12	17,94 ± 1,34
Argila	%	13,06 ± 1,20	16,15 ± 4,08

^aP extraído com Mehlich-1; ^bpH em água (1:2,5); ^cMg estimado quando Ca+Mg > 10,00 e Ca > 9,95; ^dSoma de bases; ^eCapacidade de troca de cátions potencial; ^fSaturação por bases; ^gMatéria orgânica, determinada pelo método da mufla. *Intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$) entre as três amostras compostas.

A pastagem foi submetida a quatro ofertas de forragem: 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 kg de massa seca (MS)/kg de peso vivo (PV) (Figura 3). A área foi pastejada por ovinos machos, não castrados, sem padrão racial definido e com peso vivo inicial de $23 \pm 3,2$ kg, adotando-se a lotação contínua como método de pastejo.

Antes do período de pastejo, os animais foram identificados com brincos auriculares numerados, pesados em balança mecânica com capacidade para 300 kg, vermifugados com solução oral de Ivermectina a 0,08% p/v (peso-volume), administrada de acordo com o peso vivo de cada animal, e liberados nos piquetes de acordo com as ofertas de forragem. Em cada piquete foram instalados bebedouros e saleiros para fornecimento de água e sal mineral à vontade. Antes das pesagens os animais permaneceram em jejum de alimentos sólidos por, aproximadamente, 10 horas. Para isso, todos os animais foram conduzidos a um centro de manejo.

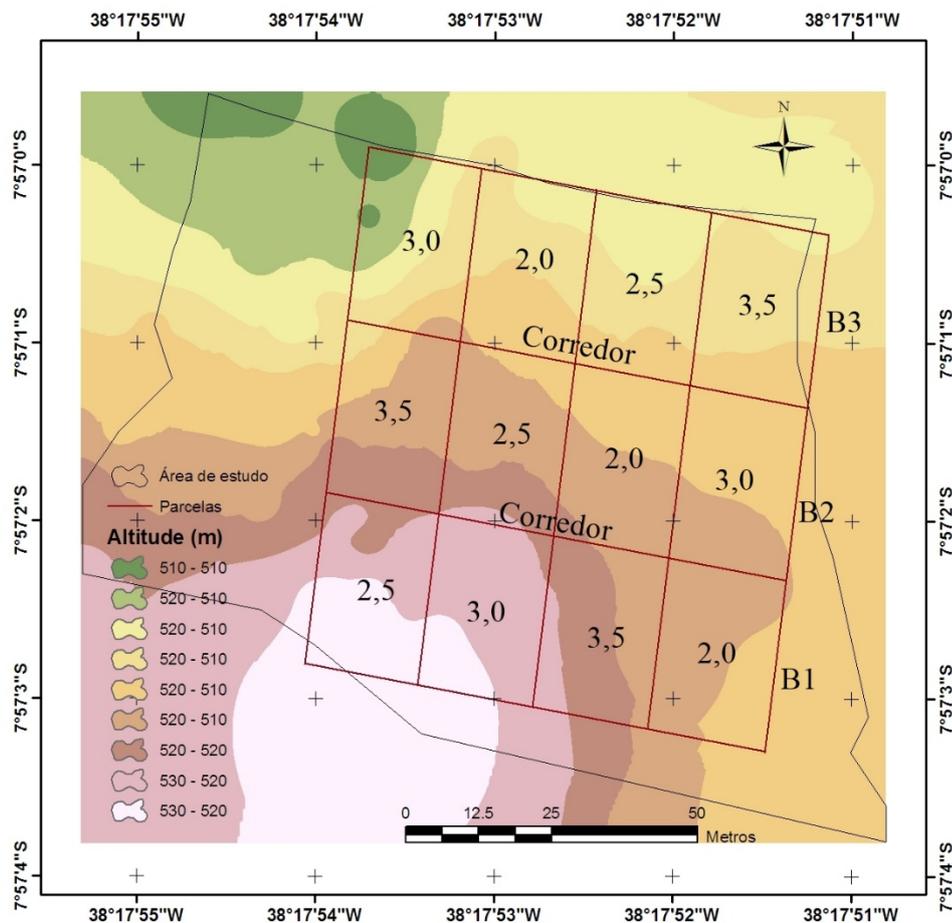


Figura 3. Croqui da área experimental, mostrando a variação na altitude local e as parcelas experimentais (piquetes). Detalhe para os dois corredores entre os blocos, visando facilitar o acesso a todos os piquetes. O número dentro de cada piquete representa a oferta de forragem pretendida.

O número de animais por piquete foi definido dividindo-se o valor da massa de forragem do piquete (kg de MS), pela oferta de forragem pretendida (kg de MS/kg de PV), resultando em um valor em kg de PV. Em seguida, os animais foram adicionados aos piquetes de modo que a soma de seus pesos vivos se aproximasse ao máximo do valor encontrado pela divisão da massa de forragem pela oferta pretendida.

Para cada oferta de forragem pretendida (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 kg MS/kg PV), foram obtidas a oferta de forragem real e a taxa de lotação, as quais foram 2,0; 2,4; 2,9 e 3,3 kg MS/kg PV e 2,0; 2,3; 2,7 e 2,9 ha/UA/ano, respectivamente. O cálculo da taxa de lotação (ha/UA/ano) foi baseada no peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$), em que UA é unidade animal.

Foram avaliadas a massa de forragem, composição botânica, altura do pasto, porcentagem de solo descoberto e de liteira antes da entrada (avaliação 1, no dia 04 de junho) e após a saída dos animais da área (avaliação 6, no dia 09 de julho) e também ao longo do período de pastejo. Todas as avaliações foram realizadas simultaneamente, uma vez por semana, com a utilização de quadrados (1 m x 1 m) sobre o solo em 18 pontos por parcela. Além disso, foi contabilizado, no decorrer do período de pastejo, o número de perfilhos de capim-buffel e capim-corrente.

Massa de forragem (kg MS)

Para estimativa da massa de forragem de cada piquete foi utilizado o método do rendimento visual comparativo (Haydock e Shaw, 1975). Este método consiste em selecionar e coletar, no pasto, cinco padrões de referência de acordo com sua massa seca, com o padrão 1 representando o de menor massa de forragem e o padrão 5, o de maior massa. Posteriormente, os padrões foram atribuídos visualmente ao pasto, em 18 pontos por piquete, percorrendo-se três transectas de seis pontos cada. A distância entre pontos e transectas foi de, aproximadamente, 3,5 e 5 m, respectivamente. Para cada padrão de referência foram coletadas três repetições, utilizando-se quadrados de 1 x 1 m.

Na determinação dos padrões de referência, as plantas herbáceas foram colhidas rente ao solo, enquanto as arbustivo-arbóreas tiveram seus ramos de até 0,6 cm de espessura cortados a até 1,5 m de altura, em relação ao nível do solo. O material coletado foi pesado, acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e levados para estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram ajustadas curvas de

regressão da produção de massa seca em função dos padrões estimados visualmente, em que, a variável independente foi o padrão e a variável dependente a massa de forragem correspondente àquele padrão.

Composição botânica da pastagem

A composição botânica foi estimada através do método proposto por t Mannetje e Haydock (1963), adaptado por Jones e Hargreaves (1979). Inicialmente, toda a área experimental foi percorrida visando identificar as espécies mais frequentes na pastagem, as quais foram listadas. Assim, os componentes mais representativos do pasto, em ordem decrescente, foram o capim-corrente, capim-buffel, mororó, feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.) e capa-bode (*Melochia tomentosa* L.). Espécies menos representativas e desconhecidas foram classificadas como “outras espécies”. A composição botânica foi avaliada concomitantemente a massa de forragem, nos mesmos pontos, anotando-se as espécies presentes no quadrado e atribuindo-se, visualmente, os *ranks* de 70, 21 e 9%, para aqueles componentes cuja participação no pasto estivessem em 1º, 2º e 3º lugar, respectivamente. Nos casos de ocorrência de espécie que apresentasse alta dominância na amostra, foi atribuída mais de uma classe, isto é, a espécie recebia uma classificação cumulativa, correspondente ao primeiro e segundo lugares, por exemplo, conforme modificações propostas por Jones e Hargreaves (1979).

Altura do pasto (estrato herbáceo) (cm)

A altura do pasto foi obtida com régua graduada em centímetros, tomando-se duas alturas no estrato herbáceo, uma menor e outra maior, para as plantas mais baixas e mais altas, respectivamente, presentes no quadrado, considerando a menor e a maior distância da superfície do solo até as folhas mais baixas e mais altas, sem esticar as plantas.

Porcentagem de solo descoberto e de liteira

A estimativa da porcentagem de solo descoberto foi obtida atribuindo-se notas de 0 a 100% (com intervalos de 5%) à cobertura vegetal dentro do quadrado. Procedeu-se da mesma forma quanto à porcentagem de liteira, com notas de 0 a 100% para a liteira presente na área

de 1 x 1 m. Foi considerada liteira todo o material vegetal, depositado sobre a superfície do solo, como folhas, cascas, ramos, estruturas reprodutivas, frutos, etc.

Número de perfilhos basais de capim-corrente e capim-buffel

O número de perfilhos das duas gramíneas mais abundantes na área foi obtido por meio de contagem em três áreas de 0,25 m² em cada piquete. Foram selecionadas três áreas representativas da condição geral do pasto.

Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos e três repetições. Como critério de blocagem foi considerado o relevo da área experimental (Figura 3).

As avaliações foram consideradas como medidas repetidas no tempo e as análises estatísticas realizadas por meio do procedimento PROC MIXED (Littell et al., 1998) do SAS (SAS, 1999). Foram considerados os efeitos das ofertas de forragem e avaliações, além do efeito dos blocos experimentais. Os dados, antes da entrada e após a saída dos animais, foram comparados através do Teste t (procedimento PROC TTEST do SAS). A normalidade dos dados (Shapiro-Wilk a 1 e a 5% de probabilidade) foi verificada por meio do procedimento UNIVARIATE (PROC UNIVARIATE), também do SAS. Para verificar o efeito das ofertas de forragem e avaliações foram realizadas análises de regressão com auxílio do *software* SigmaPlot v.12 para Windows, a 1 e a 5% de probabilidade, além de análises de correlação de Pearson da porcentagem de solo descoberto com a de liteira e da porcentagem de capim-corrente com a precipitação pluviométrica no período de pastejo.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve influência ($P < 0,01$) das ofertas de forragem sobre a massa de forragem, altura do pasto, porcentagem de solo descoberto e porcentagem de liteira, antes da entrada e após a saída dos animais. As ofertas de forragem também alteraram ($P < 0,01$) as mencionadas características após o período de pastejo. Em relação às medidas repetidas no tempo (durante o período de pastejo), não houve efeito ($P > 0,05$) das ofertas de forragem sobre as variáveis

avaliadas, exceto ($P < 0,05$) para um dos componentes da composição botânica, o capim-corrente. Em contrapartida, houve influência ($P < 0,01$) das variáveis em relação às avaliações.

A massa de forragem e a altura do pasto reduziram significativamente após o período de pastejo, mesmo para a maior oferta de forragem estudada (Tabela 2).

Tabela 2. Massa de forragem e altura do pasto de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais

Oferta de forragem kg MS/kg PV	Massa de forragem kg MS/ha		Altura do pasto cm	
	Pré-pastejo	Pós-pastejo	Pré-pastejo	Pós-pastejo
2,0	2692 a	288 b	72,55 a	16,27 b
2,5	2692 a	347 b	73,67 a	21,98 b
3,0	2587 a	380 b	68,33 a	23,76 b
3,5	2678 a	406 b	67,78 a	25,62 b

Médias seguidas por letras distintas na linha em cada variável não diferem entre si pelo teste t a 1% de probabilidade.

Esse resultado pode estar associado à baixa precipitação ocorrida em períodos anteriores à realização do experimento, a qual pode não ter sido suficiente para que as plantas produzissem biomassa em maiores quantidades, resultando em menores resíduos pós-pastejo. Foi constatado, através de dados da estação meteorológica do INMET instalada nas dependências da UFRPE/UAST que, de janeiro a julho de 2012, a precipitação pluviométrica acumulada foi de 230,60 mm, enquanto que a normal climatológica para esse período é de 531,10 mm (SUDENE, 1990). No ano de 2013, em que foi conduzido este experimento, de janeiro a julho choveu 438,20 mm, valor ainda inferior ao esperado para o período. Nesse contexto, como o período de pastejo ficou compreendido entre os meses de junho a julho de 2013, a massa de forragem inicial (antes do pastejo) da área possivelmente poderia ser maior caso, no mínimo, a normal climatológica da precipitação pluviométrica tivesse sido atingida.

A precipitação pluviométrica é, portanto, de extrema importância para a produção das plantas forrageiras. Leite et al. (1994) relataram que, no sudoeste cearense, a produção total de forragem da Caatinga foi de 4,1 t/ha em um ano considerado normal, e somente 1,5 t/ha em um ano de baixas precipitações. Já Leite et al. (1995) avaliando o pastoreio combinado de caprinos e ovinos em uma área de Caatinga rebaixada, em três anos consecutivos (1989, 1990 e 1991), não verificaram variações relevantes da massa de forragem ao longo dos anos. Em

1989 a massa de forragem foi de 1092,3 kg/ha; em 1990, 818,9 kg/ha; e em 1991, 975,4 kg/ha. Ressalta-se, contudo, que o trabalho de Leite et al. (1995) foi executado somente no período chuvoso dos anos. Em contrapartida, o presente experimento foi executado no período de baixas precipitações pluviométricas (junho a julho). Segundo dados da SUDENE (1990), a normal climatológica da precipitação pluviométrica da cidade de Serra Talhada, PE, para junho e julho é de 28,5 e 14,8 mm. Além disso, houve elevada demanda hídrica da atmosfera (evapotranspiração) no período de pastejo. Enquanto que a precipitação acumulada no período foi 39,20 mm, a evapotranspiração de referência (ET_o) acumulada foi de 182,30 mm (Figura 2), ou seja, uma demanda atmosférica de quase cinco vezes a chuva do período, fato esse que caracteriza e comprova o déficit hídrico ao qual a pastagem foi submetida. O déficit de água disponível no solo associado ao pastejo resultou, conseqüentemente, na diminuição significativa ($P < 0,01$) da massa de forragem e da altura do pasto pós-pastejo, mesmo quando a quantidade de forragem por quilo de peso vivo foi maior.

Vale ressaltar que na maior oferta de forragem, o desaparecimento de forragem foi menor (Tabela 2). O desaparecimento de forragem foi de 2404 e 2272 quilos de massa seca por hectare e a redução em altura das plantas foi de 56,28 e 42,16 cm, na menor e maior oferta de forragem, respectivamente. Esse resultado indica que possivelmente o pasto submetido à maior oferta de forragem poderia ser pastejado por mais tempo caso houvesse precipitação e água disponível no solo suficiente para que as plantas reconstituíssem com maior rapidez a área foliar consumida.

Segundo o clássico gráfico proposto por Mott (1960) que relaciona a pressão de pastejo com a produção por animal e por área, ao se impor uma adequada pressão de pastejo (inverso da oferta de forragem) obtém-se maior rendimento animal (Mott, 1960). Porém, sob lotação contínua, é necessário uma maior oferta de forragem inicial pois, em períodos longos de pastejo e/ou de baixa precipitação, a estrutura do dossel pode ser comprometida.

Comparando-se a altura do pasto e a massa de forragem pós pastejo em relação às ofertas de forragem, verificou-se influência ($P < 0,01$) dos tratamentos (Figura 4).

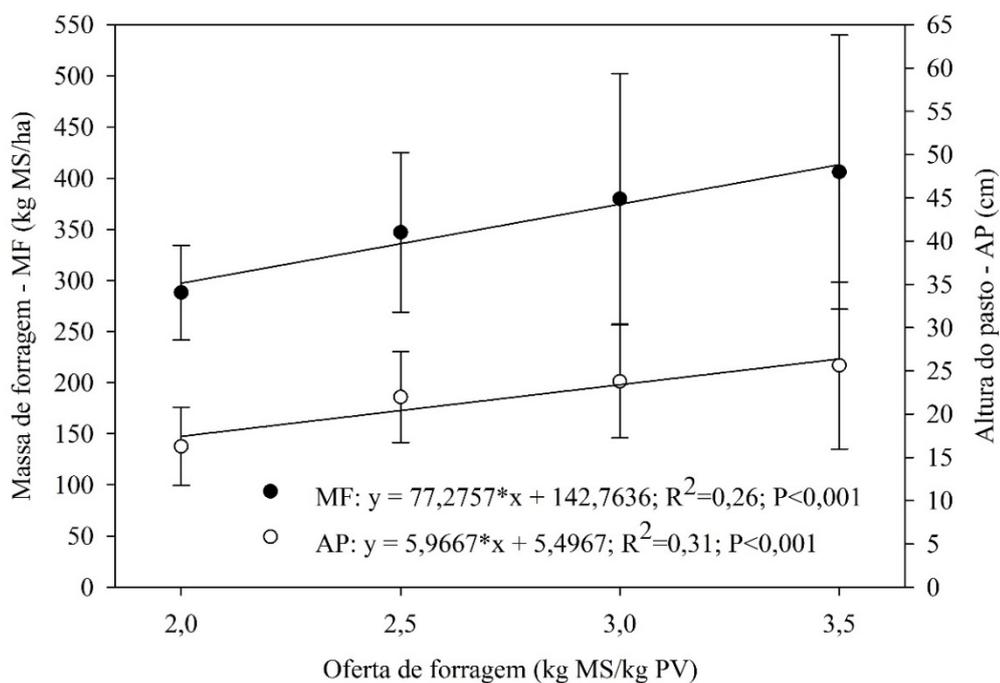


Figura 4. Massa de forragem e altura do pasto pós pastejo de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem. As barras verticais representam o intervalo de confiança da média, a 95% de confiança.

A menor oferta de forragem resultou em menor altura do pasto e massa de forragem pós-pastejo. Este resultado está relacionado ao fato de que, sob menores ofertas de forragem, os animais tiveram menos oportunidade de escolha na seleção do alimento a ser consumido, resultando no rebaixamento do pasto e na redução da massa de forragem. Entretanto, por ocasião da maior oferta, os ovinos competiram menos pelo alimento e puderam percorrer todo o piquete selecionando melhor as partes das plantas a serem consumidas, reduzindo, portanto, a frequência de pastejo em uma mesma planta. Além disso, é possível que na menor pressão de pastejo, as plantas tiveram maior capacidade de restaurar a biomassa consumida, em relação àquelas sob menor oferta de forragem. Para Sbrissia et al. (2009), a frequência e a intensidade de desfolha afetam a velocidade de recuperação da área foliar.

Pelo exposto, diferentes ofertas de forragem proporcionam distintas quantidades de massa seca (MS) por hectare ou resíduo de MS/área. Diversos autores concordam que o aumento na oferta de forragem promove maiores resíduos pós-pastejo (Van Poollen e Lacey, 1979; Burns et al., 1984; Heringer e Carvalho, 2002; Moojen e Maraschin, 2002; Barbosa et al., 2006; Resende et al., 2008). Corrêa e Maraschin (1994) avaliaram a resposta de uma pastagem nativa no Rio Grande do Sul a diferentes ofertas de forragem (4, 8, 12 e 16 kg

MS/100 kg PV/dia) e verificaram que o resíduo médio aumentou linearmente com o aumento das ofertas de forragem e que a condição de resíduo de área foliar muito baixa provocou diminuição da rebrota. Os autores concluíram ainda que a pastagem nativa manejada com maiores resíduos tende a compensar eventuais déficits hídricos no verão-outono. Isso é particularmente importante também no semiárido brasileiro, pois o pasto ficaria menos vulnerável a escassez de precipitação.

Em outro trabalho, Neves et al. (2009), avaliando a massa de forragem e a altura do pasto de uma pastagem natural no Rio Grande do Sul onde foram mantidas novilhas de corte manejadas sob níveis fixos (4, 8, 12 e 16% PV) de oferta de forragem, verificaram que houve efeito significativo das ofertas sobre a massa de forragem e a altura do pasto. Na menor oferta de forragem (8% PV) os valores de massa de forragem e altura do pasto remanescente foram de 1170 kg MS ha⁻¹ e 5,5 cm, respectivamente, enquanto que, na maior oferta (16% PV), os valores foram de 1935 kg MS ha⁻¹ e 9,3 cm. A menor oferta (4% PV) foi excluída das análises estatísticas pois, segundo os autores, a baixa reserva corporal das novilhas, associada à baixa massa de forragem nos piquetes, acarretou a necessidade de retirada dos animais, visando manter sua integridade física, uma vez que houve óbito devido à baixa oferta de forragem empregada.

A porcentagem de solo descoberto e de liteira foram influenciadas pelas ofertas de forragem (P<0,01), quando comparados os dados antes da entrada e após a saída dos animais dos piquetes (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de solo descoberto e de liteira de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais

Oferta de forragem kg MS/kg PV	Solo descoberto		Liteira	
	%		Pré-pastejo	Pós-pastejo
2,0	2,89 a	25,56 b	32,89 a	14,56 b
2,5	1,78 a	21,80 b	38,89 a	18,89 b
3,0	2,78 a	16,02 b	42,00 a	17,46 b
3,5	4,89 a	15,56 b	36,67 a	20,19 b

Médias seguidas por letras distintas na linha em cada variável não diferem entre si pelo teste t a 1% de probabilidade.

A precipitação pluviométrica associada ao pastejo pode ter afetado a cobertura do solo. As plantas, mediante o pisoteio e consumo dos animais, reduziram sua capacidade de manter o solo coberto, mesmo nas maiores ofertas de forragem e, conseqüentemente, a porcentagem de solo exposto aumentou.

Albuquerque et al. (2008) avaliaram diferentes lotações animais (alta - 1 novilho/6,7 ha; moderada - 1 novilho/10 ha; e leve - 1 novilho/13,3 ha) em uma área de Caatinga no semiárido de Pernambuco e verificaram que a cobertura vegetal do solo aumentou em todas as intensidades de pastejo (de 6,0 a 45,42%; 8,39 a 61,25% e 6,58 a 37,02%; na intensidade alta, moderada e leve, no ano de 1982, 1983 e 1984, respectivamente). Para os autores esses resultados se devem, não às intensidades de pastejo, mas à precipitação pluviométrica do período.

Ao contrário da porcentagem de solo descoberto, a porcentagem de liteira diminuiu (Tabela 3), verificando-se, portanto, que essas duas variáveis estiveram inversamente relacionadas (Figura 5).

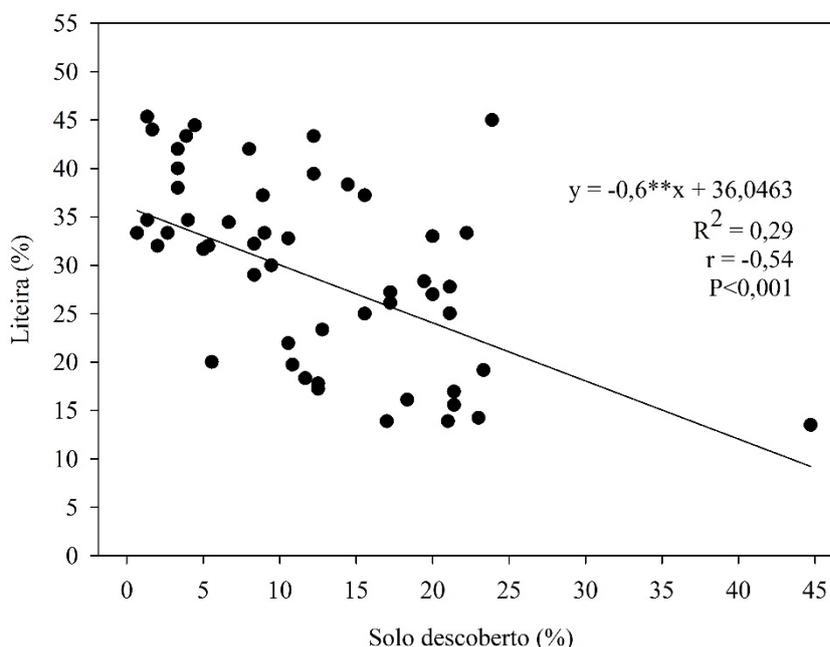


Figura 5. Relação da porcentagem de solo descoberto e de liteira, considerando os valores de todas as ofertas de forragem.

Tal resultado também está relacionado ao consumo da liteira pelos animais. É importante destacar que a liteira representa um importante recurso forrageiro para os animais nos períodos de baixa precipitação.

Ydoyaga Santana et al. (2011), em experimento realizado no município de Serra Talhada – PE, de março a julho de 2003, avaliaram a dinâmica da participação de algumas espécies na dieta dos animais e verificaram que, de maio a julho, a porcentagem de gramíneas e de orelha de onça (*Macropitilium martii* (Benth.) Maréchal & Baudet) na dieta diminuíram, enquanto que a porcentagem de mororó aumentou. Os autores separaram as partes das plantas na dieta dos animais e observaram que, do estrato herbáceo, a maior participação foi de folhas, a qual diminuiu a medida que o período de estiagem se aproximou, já o estrato arbustivo-arbóreo aumentou sua participação de folhas com a redução da precipitação. Tais resultados apontam que o estrato herbáceo da Caatinga tem maior importância na alimentação dos animais no período chuvoso, e que o estrato arbustivo-arbóreo se torna mais relevante, em termos da participação na dieta, nos períodos de estiagem, por conta da acessibilidade à forragem a medida que as folhas caem sobre o solo.

Quanto a porcentagem de solo descoberto e de liteira em relação às ofertas de forragem, houve efeito ($P < 0,01$) para ambas as variáveis (Figura 6).

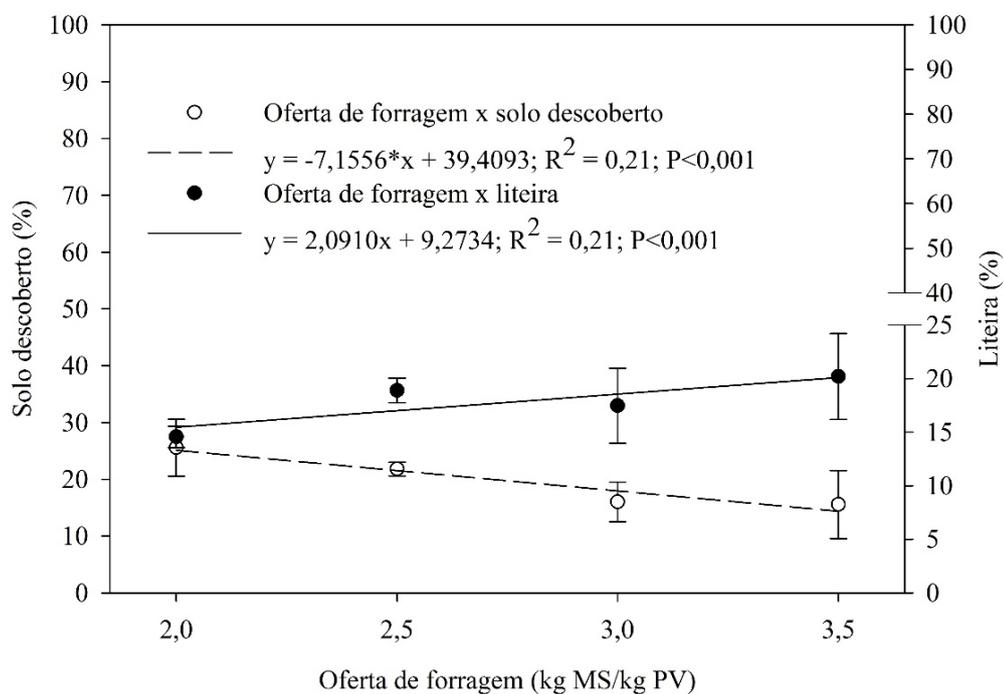


Figura 6. Porcentagem de solo descoberto e de liteira pós pastejo de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem. As barras verticais representam o intervalo de confiança da média, a 95% de confiança.

A menor oferta de forragem promoveu maior área de solo descoberto (Figura 6), devido à maior intensidade de pastejo nesse tratamento, fazendo com que as plantas fossem rebaixadas até o surgimento de áreas com o solo exposto. Já a porcentagem de liteira, a qual também está relacionada com a cobertura do solo (Figura 5), sofreu redução na maior pressão de pastejo, resultado esse ligado ao maior potencial de consumo da liteira pelos animais submetidos às menores ofertas de forragem, bem como por conta do pisoteio animal que, provavelmente, foi mais expressivo nessas áreas.

Barbosa et al. (2006) avaliaram uma pastagem de capim tanzânia no Paraná sob diferentes ofertas de forragem (3, 7, 11 e 15% do peso vivo) e também observaram redução da porcentagem de solo descoberto nas maiores ofertas.

A massa de forragem reduziu ao longo das avaliações (Figura 7). A massa de forragem variou de 2662 a 357 kg MS ha⁻¹, o que pode estar relacionado à reduzida precipitação do período (Figura 2).

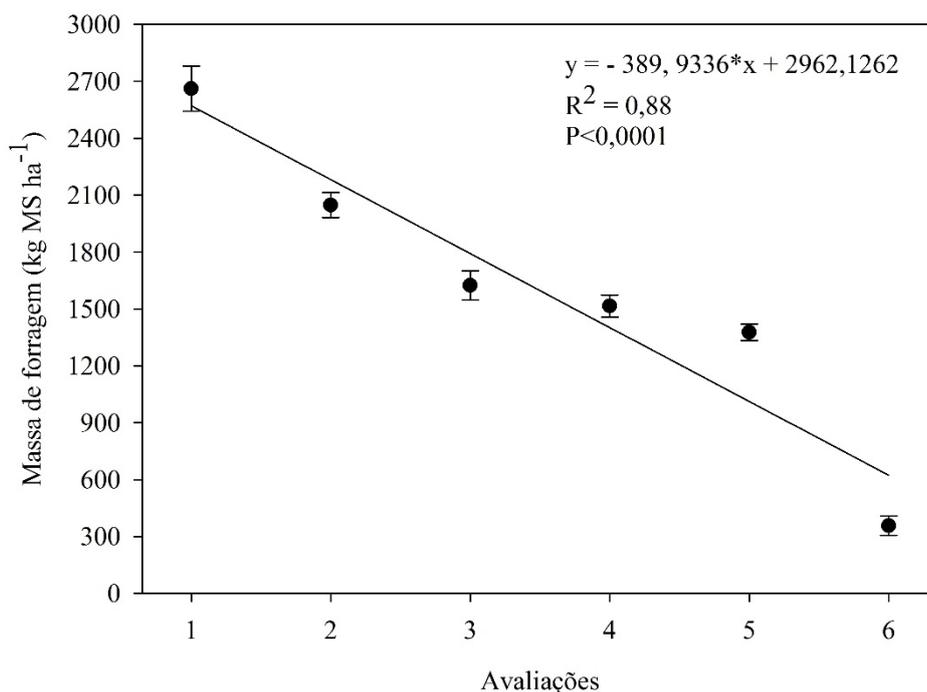


Figura 7. Massa de forragem de Caatinga manipulada pastejada por ovinos ao longo das avaliações. Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média (95% de confiança).

Na sexta avaliação o experimento foi finalizado e os animais retirados da área, por conta da reduzida massa de forragem disponível, pois havia a possibilidade de

comprometimento das necessidades dos animais e da persistência das plantas forrageiras na pastagem. Para Reis e Silva (2011), em condições normais de uso das pastagens, os animais são forçados a realizar o pastejo até níveis baixos de massa de forragem ou altura residual, com a finalidade de maximizar a quantidade de forragem colhida por hectare ou porque a forragem está sendo racionada em períodos de déficit. Reis et al. (1997) consideram que, para não haver limitação no consumo voluntário, a massa de forragem deve ser superior 2000 kg MS ha⁻¹. Por sua vez, Moraes e Maraschin (1988) explicam que, no caso de pastagens tropicais, em função de sua estrutura e menor qualidade, recomenda-se uma massa de forragem de 2000 a 3000 kg MS ha⁻¹, para permitir condições de crescimento à pastagem e oportunidade de seleção aos animais em pastejo.

A adoção da oferta de forragem como critério de manejo é, desse modo, um tema que envolve certa complexidade, principalmente pensando em ambientes extremamente dinâmicos como a Caatinga. Segundo Walker (1995), como a capacidade de suporte da pastagem varia no tempo e no espaço, é um grande desafio determinar a pressão de pastejo adequada, com acurácia e em tempo real.

A altura do pasto (estrato herbáceo) também sofreu influência ($P < 0,01$) ao longo das avaliações (Figura 8). A altura média das plantas do estrato herbáceo variou de 70,58 a 21,90 cm entre a primeira e a última avaliação.

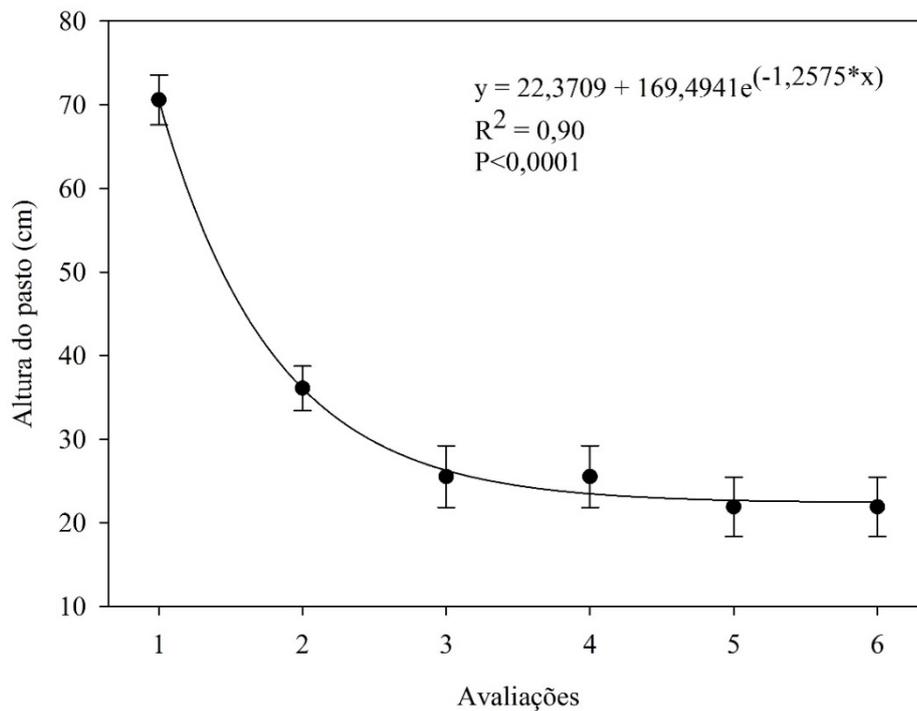


Figura 8. Altura do pasto de Caatinga manipulada pastejada por ovinos ao longo das avaliações. Barras verticais representam o intervalo de confiança (95% de confiança).

A partir da terceira avaliação, a altura do dossel tendeu a estabilizar (Figura 8), e mesmo com as chuvas de 15,4 e 14,8 mm na quarta e quinta avaliação, respectivamente (Figura 2), as plantas não evidenciaram crescimento. Esse resultado está relacionado a insuficiência da precipitação ocorrida no período de avaliação associada à remoção da massa de forragem pelos animais. A tendência da estabilização na altura média do pasto mostra que sua estrutura possivelmente estava afetando a apreensão de forragem pelos animais.

Apesar de não ter sido verificada influência da precipitação na altura do pasto (Figuras 2 e 8), foi observado aumento no surgimento de perfilhos basais no capim-buffel e capim-corrente (Figura 9).

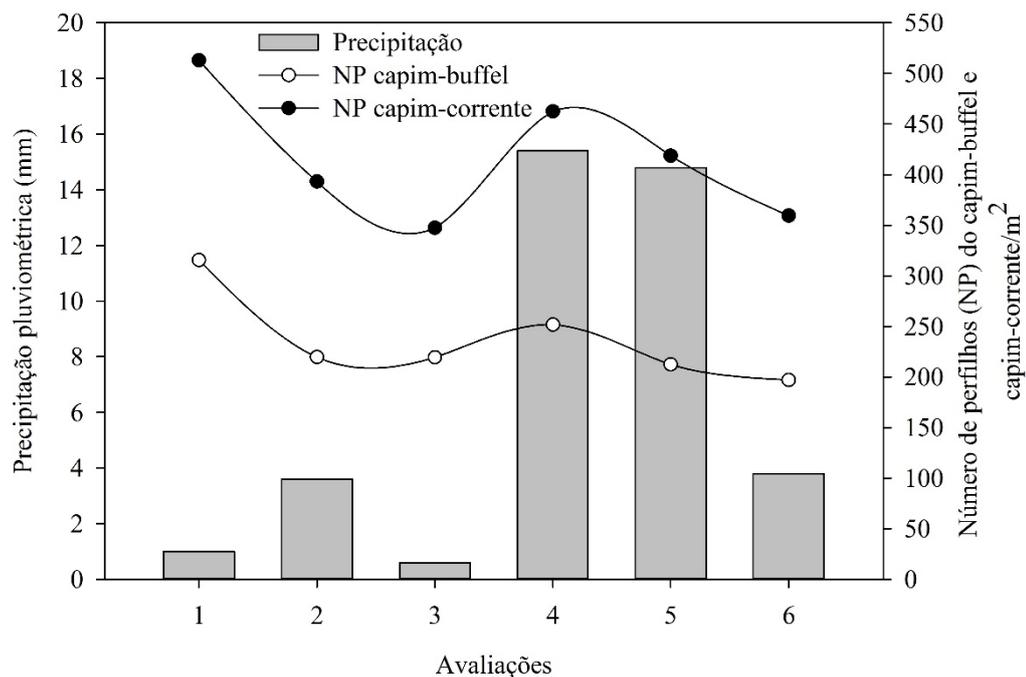


Figura 9. Número de perfilhos (NP) basais por metro quadrado de capim-buffel e capim-corrente em relação à precipitação pluviométrica ocorrida ao longo das avaliações em Caatinga manipulada pastejada por ovinos.

Porém, mesmo com o aumento no número de perfilhos, estes não contribuíram na altura geral do pasto, e a mesma tendeu a ser constante, por conta do pastejo seletivo dos animais, os quais, provavelmente, buscaram forragem com qualidade superior. De acordo com Evangelista et al. (2008), os ovinos possuem maior facilidade, em relação a bovinos, de apreensão de partes específicas das plantas, como folhas e brotos. Além disso, as características anatômicas dos ovinos, tal como menor tamanho da boca, lhes permitem pastejar rente ao solo (Sobrinho, 2006). Essas características possibilitaram, portanto, a apreensão dos perfilhos jovens pelos animais. Para Leite (2002), estes pequenos ruminantes são adaptados para consumir uma grande variedade de plantas, apresentando comportamento alimentar que pode ser classificado como oportunístico, facilmente modificando suas preferências alimentares de acordo com a oferta de forragem e a estação do ano.

A porcentagem de solo descoberto aumentou ($P < 0,01$) no decorrer das avaliações, enquanto que o percentual de liteira reduziu ($P < 0,01$) (Figura 10).

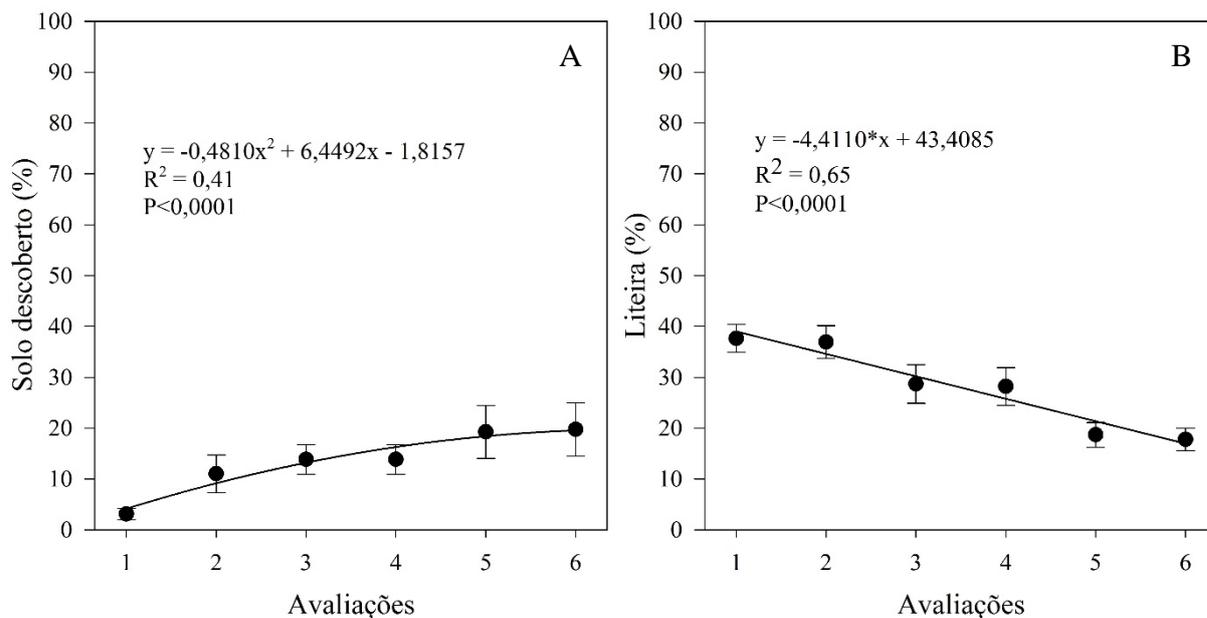


Figura 10. Porcentagem de solo descoberto (A) e de littera (B) de uma área de Caatinga manipulada pastejada por ovinos ao longo das avaliações. Barras verticais representam o intervalo de confiança (95% de confiança).

No início das avaliações, já havia uma pequena área de solo descoberto, correspondendo a 3,08% da área de pastagem, e que no decorrer das avaliações foi aumentando, atingindo 19,73% na última avaliação. Os dados se ajustaram ao modelo quadrático (Figura 10A) e, ao longo das avaliações, houve tendência de incrementos decrescentes na porcentagem de solo descoberto, muito provavelmente devido as maiores precipitações pluviométricas ocorridas na quarta e quinta avaliações (Figura 2), as quais favoreceram a rebrota e o surgimento de novos perfilhos (Figura 9), porém, sem contribuir com a altura do pasto (Figura 8).

A presença de áreas com solo desprotegido é de suma relevância para o ecossistema da pastagem, principalmente quanto a manutenção das plantas forrageiras e à conservação do solo, tendo em vista que a redução na cobertura vegetal pode desencadear processos erosivos através do impacto das gotas de chuva no solo descoberto, além de acentuar o efeito do pisoteio animal sobre a estrutura do solo, podendo ocorrer compactação e redução da permeabilidade do solo a água. Segundo Bertol et al. (2006), a biomassa na superfície do solo dissipa a energia mecânica oriunda da pressão dos cascos dos animais durante o pastejo e também a energia cinética das gotas de chuva e de escoamento superficial da água, amenizando os efeitos da erosão. Hoffman et al. (1983) acrescentam ainda que, não importa se a vegetação que cobre o solo está viva ou morta, desde que o solo esteja protegido.

O aumento das áreas de solo descoberto está ligada também a redução da liteira (Figura 10B), que teve seus valores reduzidos também por conta do consumo pelos animais. Através de observações *in loco* foi constatado, em vários momentos durante as avaliações, que os animais se alimentavam das folhas depositadas sobre o solo, principalmente das leguminosas, destacando-se o mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.). Além de sua relevância na cobertura do solo e na alimentação dos animais, a liteira é uma importante via de retorno de nutrientes ao solo em ambientes de pastagem (Dubeux Júnior et al., 2006).

Quanto à composição botânica, houve influência ($P < 0,01$) das avaliações (Figura 11A) e ofertas de forragem (Figura 12) na participação do capim-corrente na pastagem.

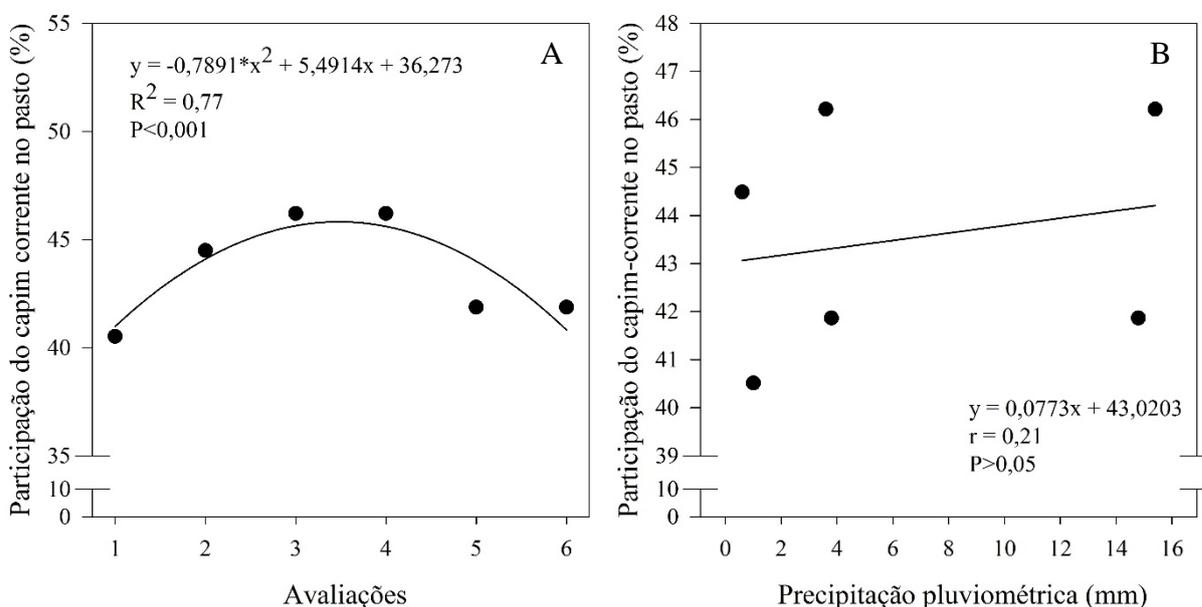


Figura 11. Participação do capim-corrente no pasto de uma área de Caatinga manipulada ao longo das avaliações (A) e a relação do percentual do capim-corrente com a precipitação pluviométrica (B).

A porcentagem de capim corrente no pasto aumentou até as avaliações três e quatro, declinando em seguida (Figura 11A). Possivelmente esse resultado está associado à precipitação pluviométrica do período pois, mesmo não havendo correlação significativa da precipitação com a porcentagem de capim-corrente, houve tendência de aumento da participação da gramínea no pasto com a elevação da precipitação pluviométrica (Figura 11B).

Oliveira et al. (1988) avaliaram em quatro períodos de pastejo (de 1982 a 1985) o comportamento de diversas gramíneas forrageiras (capim-corrente, capim-buffel cv. biloela,

capim-birdwood (*Cenchrus setiger* Vahl), capim-favorito (*Rynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubbard) e green panic (*Panicum maximum* Jacq.) submetidas às condições de pastejo no semiárido pernambucano. Os autores verificaram que, com exceção do capim-buffel cv. biloela, todas as outras forrageiras apresentaram oscilações nas suas produtividades, causadas pelas variações pluviométricas anuais ocorridas no período. Para os autores, esse resultado deve-se, em parte, ao fato de que o capim-corrente não possui rizomas ou órgãos diferenciados que permitam o acúmulo de reservas capazes de suprir as plantas durante as estiagens, ao contrário do capim-buffel, que apresenta uma região diferenciada, na base do colmo. Além disso, os autores constataram que o capim-corrente apresenta elevado poder de rebrota das gemas localizadas no colo da planta, imediatamente após o início do período chuvoso, porém, após a rebrota, caso haja um período longo de estiagem, poderá ocorrer a mortalidade das plântulas. Oliveira (2005) acrescenta também que o capim corrente apresenta moderada resistência à seca e requer, para o seu pleno desenvolvimento, uma precipitação anual entre 500 e 1000 mm bem distribuídos ao longo do ano.

Quanto às ofertas de forragem, o capim-corrente reduziu ($P < 0,001$) sua participação na composição botânica do pasto à medida que as ofertas aumentaram (Figura 12).

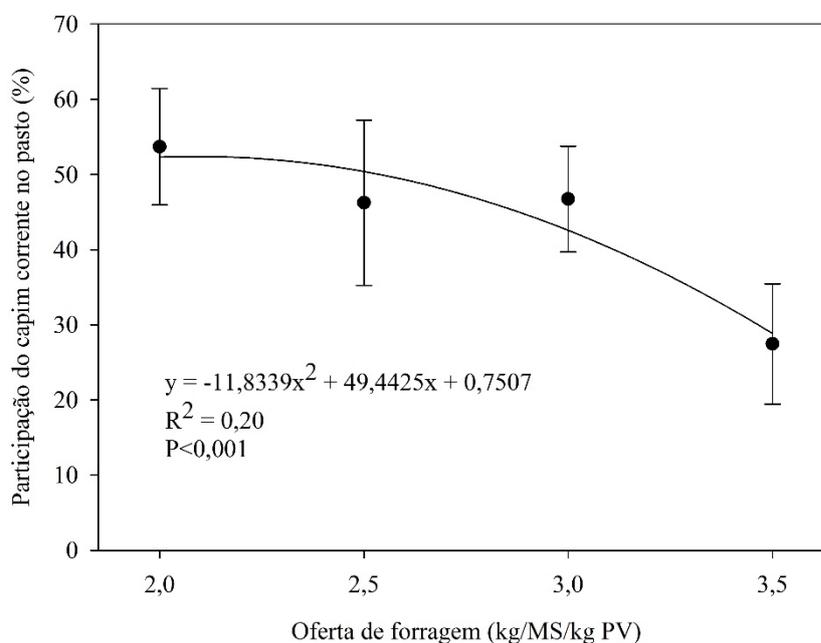


Figura 12. Participação do capim corrente no pasto de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem. Barras verticais são o intervalo de confiança (95% de confiança).

Esse resultado está relacionado à possível maior aceitabilidade pelos animais do capim-corrente, em que, na menor pressão de pastejo tiveram a oportunidade de selecionar e consumir mais essa gramínea em relação ao capim-buffel, gramínea mais abundante na área após o capim-corrente (Figura 13). É provável que a estrutura do capim-corrente tenha favorecido sua maior procura e consumo pelos animais em pastejo.

O capim-buffel, apesar de possuir hábito de crescimento variável, apresenta-se normalmente com crescimento de ascendente a ereto (cespitoso) (Cook et al., 2005a). Já o capim-corrente apresenta-se frequentemente estolonífero e mais raramente com rizomas (Cook et al. 2005b) e possui caules tenros e folhagem abundante (Oliveira, 2005). Além disso, os animais selecionam o capim-corrente quando jovem, e mesmo maduro, é mais palatável do que muitas outras gramíneas de estação quente (Cook et al., 2005b). Essas diferenças estruturais entre as duas gramíneas pode ter favorecido o pastejo no capim-corrente, provocando sua redução quanto a participação no pasto na maior oferta de forragem.

Para as demais espécies (Figura 13), não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) quanto à composição botânica, tanto ao longo das avaliações quanto em relação às ofertas de forragem. Em média, a espécie com maior participação na pastagem, ao final das avaliações, foi o capim-corrente, com 43,53%, seguido pelo capim-buffel, com 32,33%, mororó (10,18%), capa-bode (2,89%), feijão bravo (1,90%) e outras espécies (9,17%).

De modo geral, nas espécies de porte arbustivo, a partir da quarta avaliação, foi observado que as plantas não apresentavam folhas até a altura de, aproximadamente, 130 cm, a partir do solo, porque senesceram e caíram e/ou foram consumidas pelos animais. Entretanto, nas avaliações de composição botânica esse resultado não foi contabilizado, e as espécies não mostraram redução da participação na composição botânica do pasto. Desse modo, foi detectada apenas a presença da planta no pasto, sem que isso significasse que a mesma estava contribuindo com a alimentação dos animais. Maiores modificações na composição botânica da pastagem poderiam ser identificadas em períodos de pastejo superiores ao utilizado no presente trabalho.

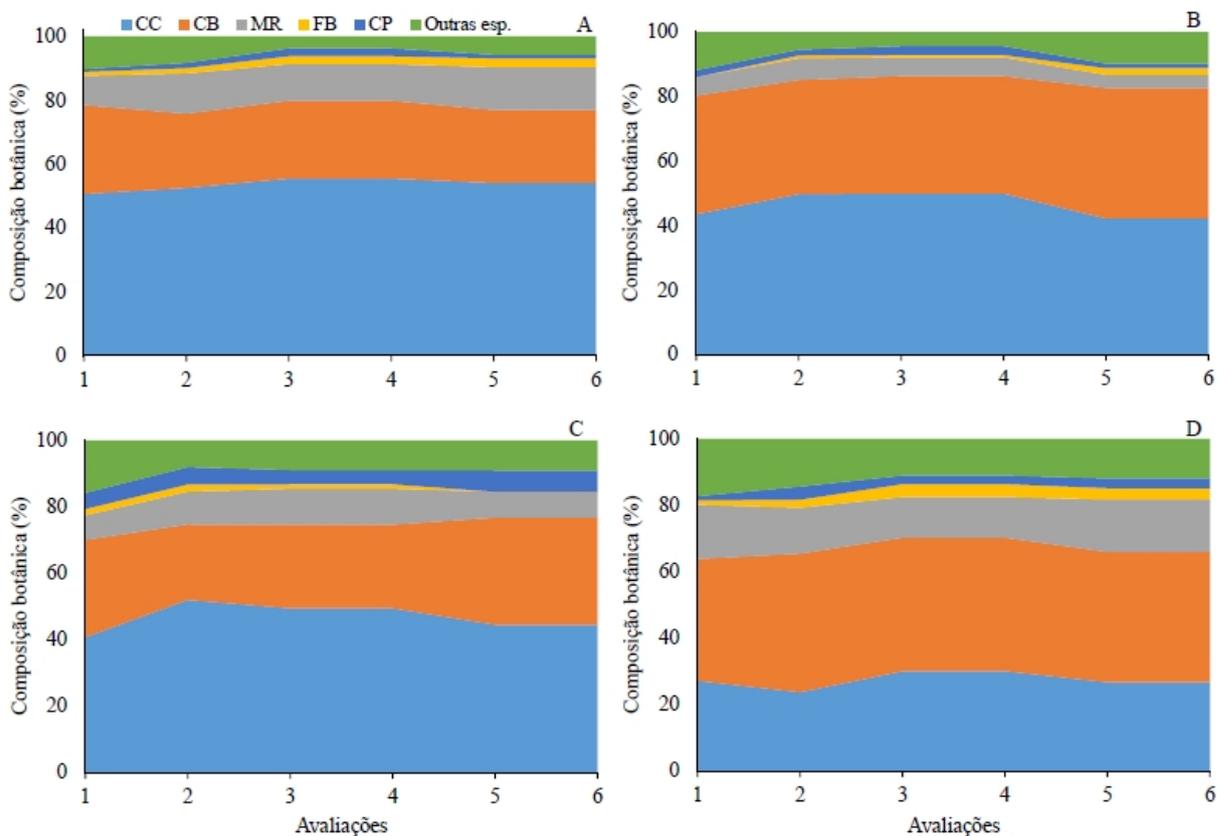


Figura 13. Composição botânica da pastagem de acordo com as ofertas de forragem de 2,0 (A); 2,5 (B); 3,0 (C); e 3,5 kg MS/kg PV (D) ao longo das avaliações. CC (capim-corrente), CB (capim-buffel), MR (mororó), FB (feijão-bravo), CP (capa-bode) e Outras esp. (outras espécies).

1.4 CONCLUSÕES

- I. A utilização de maiores ofertas de forragem em área de Caatinga manipulada fornecem indicativos de que é possível manejar esse bioma para fins pastoris obedecendo a sua capacidade de suporte;
- II. O aumento da oferta de forragem promove maiores resíduos pós pastejo, reduz as áreas de solo descoberto e preserva maior percentual de liteira na pastagem;
- III. O percentual de solo descoberto aumenta ao longo do período de pastejo;
- IV. O pastejo na área de Caatinga manipulada interfere na composição botânica do estrato herbáceo do pasto, no qual com o aumento da oferta de forragem, o capim-corrente tende a diminuir sua participação na composição botânica da pastagem.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, S. G.; SOARES, J. G. G.; GUIMARÃES FILHO, C. Effect of grazing by steers and a long drought on a Caatinga ligneous stratum in semi-arid Northeast, Brazil. **Revista Caatinga**, v.21, n.4, p.17-28, 2008.
- ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E. J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v.66, p. 2-28, 2011.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper n.56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 1998. 300p.
- ARAÚJO, E. C.; SILVA, V. M.; VIEIRA, M. E. Q.; ARAÚJO, C. Valor nutritivo e consumo voluntário de orelha de onça (*Macroptilium martii* (Benth.) Marechal e Baudet). **Pasturas Tropicales**, v.16, n.3, 1994.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Aspectos zo ecológicos e agropecuários do caprino e do ovino nas regiões semi-áridas. Embrapa Caprinos, 2006. 28 p. (**Documentos**, 61, Embrapa Caprinos).
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. – Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200p.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Manipulação da vegetação lenhosa da Caatinga para fins pastoris. Sobral, CE: EMBRAPA – CNPC, 1990. 18p. (EMBRAPA – CNPC. **Circular Técnica**, 11).
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Desenvolvimento sustentado da caatinga. Sobral: EMBRAPA - CNPC, 1997. 19p. (EMBRAPA - CNPC. **Circular Técnica**, 13).
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C.; GARCIA, R.; SOUSA, R. A. Efeitos da manipulação da vegetação lenhosa sobre a produção e compartimentalização da fitomassa pastável de uma Caatinga sucessional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.11-19, 2002.
- BARBOSA, M. A. A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECATO, U. Dinâmica da pastagem e desempenho de novilhos em pastagem de capim tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1594-1600, 2006.
- BERTOL, I.; MAFRA, A. L.; COGO, N. P. Conservação do solo em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; SILVA, S. C.; FARIA, V. P. (Eds.). Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 23. – As pastagens e o meio ambiente. **Anais...** – Piracicaba, SP: FEALQ, 2006. p.139-163.
- 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**, v.76, n.5, p.795-800, 1984.

CASTELLETTI, C. H. M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Quanto Ainda Resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C.; (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 2. ed. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p.719-734.

CORRÊA, F. L.; MARASCHIN, G. E. Crescimento e desaparecimento de uma pastagem nativa sob diferentes níveis de oferta de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.10, p.1617-1623, 1994.

COOK, B. G.; PENGELLY, B. C.; BROWN, S. D.; DONNELLY, J. L.; EAGLES, D. A.; FRANCO, M. A.; HANSON, J.; MULLEN, B. F.; PARTRIDGE, I. J.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R. *Cenchrus ciliaris*. In: **Tropical Forages: an interactive selection tool**, [online version], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT e ILRI, Brisbane, Austrália, 2005a. Disponível em: <
http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Urochloa_mosambicensis.htm>, acesso em: 09 fev. 2014.

COOK, B. G.; PENGELLY, B. C.; BROWN, S. D.; DONNELLY, J. L.; EAGLES, D. A.; FRANCO, M. A.; HANSON, J.; MULLEN, B. F.; PARTRIDGE, I. J.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R. *Urochloa mosambicensis*. In: **Tropical Forages: an interactive selection tool**, [online version], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT e ILRI, Brisbane, Austrália, 2005b. Disponível em: <
http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Urochloa_mosambicensis.htm>, acesso em: 09 fev. 2014.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea – Diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco. In: MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N.; MIRANDA, J. L. F. (Orgs). Recife: CPRM/PRODEEM. 2005. 12 p.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SOLLENBERGER, L. E.; VENDRAMINI, J. M. B.; STEWART, R. L.; INTERRANTE, S. M. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v.46, p.1299-1304, 2006.

EVANGELISTA, A. R.; TAVARES, V. B.; LOPES, J. Pastejo misto: bovino e ovino. In: MUNIZ, E. N.; GOMIDE, C. A. M.; RANGEL, J. H. A.; ALMEIDA, S. A.; SÁ, C. O.; SÁ, J. L. (Eds.). **Alternativas alimentares para ruminantes II**. – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. p.195-208.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G.; RICHÉ, G. R. Sistema caatinga-buffel-leucena para produção de bovinos no semi-árido. Petrolina: Embrapa – CPATSA, 1995. 39p. (**Circular Técnica**, 34).

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.15, p.663-670, 1975.

HAZELL, D. B. Effect of grazing intensify on plant composition, vigor, and production. **Journal of Range Management**, v.20, p.249-252, 1967.

HERINGER, I.; CARVALHO, P. C. F. Ajuste da carga animal em experimentos de pastejo: uma nova proposta. **Ciência Rural**, v.32, n.4, p.675-679, 2002.

HIGA, R. C. V.; XAUD, H. A. M.; ACCIOLY, L. J. O.; LIMA, R. M. B.; VASCONCELOS, S. S.; RODRIGUES, V. G. S.; CARVALHO, C. J. R.; SOUZA, C. R.; LEONIDAS, F. C.; TONINI, H.; FERRAZ, J. B. S.; XAUD, M. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M.; COSTA, R. S. C. Estoque de biomassa em florestas plantadas, sistemas agroflorestais, florestas secundárias e Caatinga. In: LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. A.; URQUIAGA, S. (Eds.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. p.105-158.

HOFFMAN, L.; RIES, R. E.; GILLEY, J. E. Relationship of runoff and soil loss to ground cover of native and reclaimed grazing land. **Agronomy Journal**, v.75, n.4, p.599-602, 1983.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. – Rio de Janeiro, 2006. 777p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v.40, p.1-71, 2012.

IPA – Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 3. ed. In: CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). – Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. 212p.

JONES, R. M.; HARGREAVES, J. N. G. Improvements to the dry-weight-rank method for measuring botanical composition. **Grass and Forage Science**, v.34, p.181-189, 1979.

LEITE, E. R. Manejo alimentar de caprinos e ovinos em pastejo no nordeste do Brasil. **Ciência Animal**, v.12, n.2, p.119-128, 2002.

LEITE, E. R.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MESQUITA, R. C. Ecosistema semi-árido. In: Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cone Sur. **Diálogo XL – Utilización y manejo de pastizales**. Montevideo: IICA. 1994, p.49-60.

LEITE, E. R.; ARAÚJO FILHO, J. A.; PINTO, F. C. Pastoreio combinado de caprinos com ovinos em Caatinga rebaixada: desempenho da pastagem e dos animais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.30, n.8, p.1129-1134, 1995.

LITTELL, R. C.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, v.76, n.4, p.1216-1231, 1998.

MELO, R. O.; PAHECO, E. P.; MENEZES, J. C.; CANTALICE, J. R. B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um Neossolo sob vegetação de Caatinga. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.12-17, 2008.

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**, v.32, n.1, 2002.

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

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, G. C. Potencial de produção de capim buffel na época seca no semi-árido pernambucano. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.22-29, 2007a.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, G. R. A. Consumo e desempenho de vacas guzerá e girolando na caatinga do sertão pernambucano. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.13-21, 2007b.

MOTT, G. O. Grazing pressures and the measurement of pastures production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., 1960, Reading. **Proceedings...** Reading. p.606-611, 1960.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M.; CARVALHO, P. C. F. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; SILVA, S. C.; FARIA, V. P. (Eds.). Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 23. – As pastagens e o meio ambiente. **Anais...** – Piracicaba, SP: FEALQ, 2006. p.37-86.

NEVES, F. P.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C.; JACQUES, A. V. A.; CARASSAI, I. J.; TENTARDINI, F. Estratégias de manejo da oferta de forragem para recria de novilhas em pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1532-1542, 2009.

OLIVEIRA, M. C. Capim-urocloa. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Eds.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido brasileiro**. Embrapa Semiárido. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.207-225.

OLIVEIRA, M. C. O capim buffel nas regiões secas do Nordeste. Petrolina, PE: Embrapa – CPATSA, 1981. 19p. (Embrapa – CPATSA. Circular técnica, 5).

OLIVEIRA, M. C.; SILVA, C. M. M. S.; ALBUQUERQUE, S. G.; BERNARDINO, F. A. Comportamento de gramíneas forrageiras sob condições de pastejo intensivo por bovinos na região semi-árida do Nordeste do Brasil. Petrolina: Embrapa – CPATSA, 1988. 15p. (Embrapa – CPATSA. **Documentos**, 56).

PARENTE, H. N.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, K. D.; PARENTE, M. O. M. Influência do pastejo e da precipitação sobre a fenologia de quatro espécies em área de caatinga. **Revista Árvore**, v.36, n.3, p.411-421, 2012.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; CÉZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PEREIRA, V. L. A.; ALVES, F. A.; SILVA, V. M.; OLIVEIRA, J. C. V. Valor nutritivo e consumo voluntário do feno de faveleira fornecido a ovinos no semiárido pernambucano. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 96-101, 2012.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. p.3-73.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo**: com problemas resolvidos. Curitiba: C. L. Prevedello, 1996. 446p.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; PEREIRA, J. R. A. A suplementação como estratégia de manejo de pastagem. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 13, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.123-150.

REIS, R. A.; SILVA, S. C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. – Jaboticabal: FUNEP, 2011. p.83-114.

RESENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; PINTO, J. C.; BORGES, A. M. F.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, I. F.; EVANGELISTA, A. R. Estrutura do pasto disponível e do resíduo pós-pastejo em pastagens de capim-cameroon e capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1742-1749, 2008.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; GUIM, A.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.204-215, 2010.

SAS Inst. Inc. **SAS statistic user's guide**. Release version 6. SAS Ins. Inc., Cary, NC. 1999.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; PEREIRA, L. E. T. Crescimento da planta forrageira: aspectos relativos ao acúmulo e valor nutritivo da forragem. In: SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.). Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 25. – Intensificação de sistemas de produção animal em pasto. **Anais...** – Piracicaba, SP: FEALQ, 2009. p.37-59.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.121-138, 2007.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.131-138, 2011.

SOBRINHO, A. G. S. **Criação de ovinos**. – 3. ed. – Jaboticabal: FUNEP, 2006. 302p.

SOLLENBERGER, L. E.; MOORE, J. E.; ALLEN, V.G.; PEDREIRA, C. G. S. Reporting forage allowance in grazing experiments: an alternative approach. **Crop Science**, v.45, p.896-900, 2005.

STEFFENS, T.; GRISSOM, G.; BARNES, M.; PROVENZA, F.; ROATH, R. Adaptive grazing management for recovery. **Rangelands**, v.35, n.5, p.28-34. 2013.

SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste - Estado de Pernambuco**. Recife, 1990. 363p.

TALLOWIN, J. R. B.; ROOK, A. J.; RUTTER, S. M. Impact of grazing management on biodiversity of grasslands. **Animal Science**, v.81, p.193-198, 2005.

† MANNETJE, L.; HAYDOCK, K. P. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. **Journal of British Grassland Society**, v.18, p.268-75, 1963.

VAN POOLLEN, H. W.; LACEY, J. R. Herbage response to grazing systems and stocking intensities. **Journal of Range Management**, v.32, n.4, 1979.

ZAPE - Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco – Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife. Governo do Estado de PE (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-ROM (Disponível para download). Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape/index.php?link=publicacao>>, acesso em 25 jan. 2014.

WALKER, J. W. Viewpoint: grazing management and research now and in the next millennium. **Journal of Range Management**, v.48, n.4, p.350-357, 1995.

YDOYAGA SANTANA, D. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; SILVA, M. J. A.; MARQUES, K. A.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, D. C. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.69-78, 2011.

CAPÍTULO 2 – PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO DE CAATINGA MANIPULADA MANEJADA SOB DIFERENTES OFERTAS DE FORRAGEM

RESUMO

No Brasil, o sistema de produção animal é baseado principalmente na criação a pasto, e a vegetação da Caatinga no semiárido pernambucano tem sido o principal recurso forrageiro para os rebanhos naquela região. Devido a sazonalidade na oferta de forragem da Caatinga, em determinadas épocas do ano o ecossistema da pastagem é submetido ao superpastejo, que pode danificar as plantas forrageiras e, conseqüentemente, com a redução excessiva da vegetação e a elevação do pisoteio animal, causar danos às características físico-hídricas do solo. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência da oferta de forragem em características físico-hídricas do solo em área de caatinga manipulada no semiárido do estado de Pernambuco. A pesquisa foi realizada de maio a julho de 2013 na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) em uma área de Caatinga enriquecida com mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) e capim-buffel (*Cenchrus ciliaries* L.). A área experimental, de 7200 m², foi dividida em 12 piquetes de 584 m² (29,2 m x 20 m) e o período de pastejo realizado entre os meses de junho e julho de 2013, com um total de 39 dias de pastejo. Foram avaliadas quatro ofertas de forragem (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 kg MS/kg PV), utilizando-se ovinos com peso vivo inicial de 23 kg, sobre a resistência mecânica do solo à penetração (MPa) em três camadas de solo (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m), a condutividade hidráulica saturada (mm s⁻¹), a sorvidade (mm s^{-1/2}), densidade do solo (g cm⁻³), e as umidades inicial θ_i e final do solo θ_f (cm³ cm⁻³), antes da entrada e após a saída dos animais das parcelas experimentais. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Os dados foram analisados comparando-os antes e após o pastejo e para verificar o comportamento das características do solo em relação às ofertas de forragem (após o pastejo), foram realizadas análises de regressão. Houve influência (P<0,01) do pisoteio animal na compactação do solo, principalmente na camada superficial (0-10 cm), em que a maior resistência à penetração (12,65 MPa) foi observada na menor oferta de forragem. A densidade do solo variou (P<0,01) de 1,46 a 1,42 g cm⁻³, da menor à maior oferta de forragem, respectivamente. A sorvidade e a condutividade hidráulica do solo foram maiores (1,25 m s^{-1/2} e 0,032 mm s⁻¹, respectivamente) com o aumento da oferta de forragem e estiveram

inversamente relacionadas com a densidade do solo. Independente da oferta de forragem utilizada, houve compactação do solo, principalmente na camada superficial (0-10 cm), quando analisados os dados antes da entrada e após a retirada dos animais da área, porém, nessa camada, o aumento da oferta de forragem promoveu menores valores de resistência mecânica à penetração e aumentou a permeabilidade do solo à água.

Palavras-chave: compactação do solo, condutividade hidráulica, massa de forragem, pressão de pastejo.

HYDRO-PHYSICAL SOIL PROPERTIES IN MANIPULATED CAATINGA MANAGED UNDER DIFFERENT HERBAGE ALLOWANCES

ABSTRACT

In Brazil, the livestock production system is mainly based on pasture, and the Caatinga vegetation in the semiarid of Pernambuco has been the main forage resource for livestock in that region. Because of seasonality in herbage allowance of Caatinga, at certain times of year the grassland ecosystem is subjected to overgrazing. As a result, damage on forage crops may occur and, consequently, excessive reduction of vegetation and elevation of animal trampling, leading to deterioration on soil hydro-physical characteristics. The objective of this study was to evaluate the effect of herbage allowance in soil hydro-physical characteristics in an area of manipulated Caatinga at Pernambuco State semiarid. The research was carried out from May to July 2013 at Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) in an area of Caatinga enriched with mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) and buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). The experimental area of 7200 m² was divided into 12 paddocks of 584 m² (29.2 m x 20 m) and the grazing period held between June and July 2013, with a total of 39 days of grazing. Four herbage allowances were applied (2.0; 2.5; 3.0 and 3.5 kg DM/kg PV) using sheep with initial live weight of 23 kg, on the soil mechanical resistance to penetration (MPa) in three layers of soil (0-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m), saturated hydraulic conductivity (mm s⁻¹), sorptivity (mm s^{-1/2}), soil density (g cm⁻³) and the initial and final soil moisture (cm³ cm⁻³), before and after removal of the sheep from the experimental area. The experimental design used was randomized blocks with three replications. Data were analyzed by comparing them before and after grazing and to verify the behavior of soil characteristics in relation to herbage allowances (after grazing), were carried out regression analyses. There were significant effects (P<0.01) of animal trampling on soil compaction, especially in the surface layer (0-10 cm), where the greatest resistance to penetration (12.65 MPa) was observed in smaller herbage allowance. Soil bulk density varied (P<0.01) from 1.46 to 1.42 g cm⁻³, from smallest to the largest herbage allowance, respectively. The sorptivity and hydraulic conductivity were higher (1.25 m s^{-1/2} and 0.032 mm s⁻¹, respectively) with increasing of herbage allowance and were inversely related to soil density. Regardless of the herbage allowance used, there was soil compaction, especially in the surface layer (0-10

cm), when data were analyzed before and after removal of the sheep from the experimental area, however, in this layer, the increase of herbage allowance promoted lower values of penetration resistance and increased soil permeability to water.

Keywords: soil compaction, hydraulic conductivity, forage mass, grazing pressure.

2.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os sistemas de produção animal são baseados principalmente na criação a pasto, utilizando-se, para isso, uma área de aproximadamente 159 milhões de hectares, dos quais 64% corresponde à pastagens cultivadas e 36%, pastagens naturais (IBGE, 2006).

Em termos de pequenos ruminantes, sua produção é bastante expressiva no Brasil, e a região Nordeste ocupa um lugar de destaque na criação desses animais. O rebanho nacional de ovinos e caprinos é de 16.789.492 e 8.646.463 de cabeças (IBGE, 2012). A região Nordeste detém 90,7% do rebanho caprino e 55,5% do rebanho ovino e o Estado de Pernambuco se destaca com 22,8 e 17,7% do rebanho nordestino de caprinos e ovinos, respectivamente (IBGE, 2012).

No semiárido brasileiro, o principal recurso forrageiro é a vegetação da Caatinga, mas a utilização inadequada deste bioma tem promovido sérios riscos a sua conservação. Atualmente, cerca de 25% do ecossistema Caatinga encontra-se em processo de desertificação (Higa et al., 2012).

Devido a sazonalidade na disponibilidade de forragem da Caatinga, em determinadas épocas do ano, o ecossistema da pastagem é submetido ao superpastejo, que pode danificar as plantas forrageiras e, conseqüentemente, com a redução excessiva da vegetação e a elevação do pisoteio animal, causar danos às características físico-hídricas do solo. É imprescindível manejar a vegetação da Caatinga em sua capacidade suporte, ou seja, na máxima taxa de lotação que irá atingir um nível desejado de desempenho animal, sem comprometimento do ecossistema (Allen et al., 2011). Deve-se então ajustar a lotação animal controlando o nível de oferta de forragem (Nabinger et al., 2006).

Diversos trabalhos na literatura têm mostrado os efeitos adversos que o manejo inadequado do pastejo pode causar (Hazell, 1967; Leite et al., 1995; Parente et al., 2008; Parente e Parente, 2010; Parente e Maia, 2011). O superpastejo está entre as principais práticas que favorecem a degradação do solo em uma área de pastagem (Bertoni e Lombardi Neto, 2010), por isso, é importante que práticas corretas de manejo do pastejo sejam implementadas em áreas de caatinga, tendo em vista ser, de modo geral, um ecossistema com baixa resiliência devido à ocorrência de fatores limitantes, destacando-se os de natureza hídrica.

A conservação do solo em áreas de pastagem está diretamente relacionada, entre outros fatores, ao manejo animal visando controlar a oferta de forragem, a cobertura do solo e

as alterações das propriedades físicas que ocorrem nele (Bertol et al., 2006). Dentre as propriedades físicas que podem ser estudadas visando identificar alterações no solo devido ao pisoteio animal estão aquelas relacionadas a compactação e a infiltração de água no solo.

A pressão aplicada pelo pisoteio dos animais pode promover alterações na densidade e porosidade do solo, com conseqüente modificação da resistência do solo à penetração e na permeabilidade do solo à água. Tais alterações irão refletir no desenvolvimento do sistema radicular, afetando conseqüentemente a produção de forragem.

Bertol et al. (1998) estudaram a influência da oferta de forragem em várias propriedades físicas do solo para uma pastagem natural localizada no Rio Grande do Sul. Os autores verificaram que a diminuição da oferta de forragem, com conseqüente aumento da pressão de pastejo, diminuiu a taxa de infiltração de água no solo e, em geral, aumentou a densidade e diminuiu a porosidade e estabilidade dos agregados em água na camada superficial do solo. Em uma região semiárida da Argentina, Quiroga et al. (2009) observaram aumento na densidade do solo ao inserir bovinos em pastagens implantadas sob sistemas convencional e plantio direto. Outros trabalhos têm demonstrado que o pastejo animal têm um efeito negativo sobre a estrutura do solo e aumentam sua densidade por conta do pisoteio (Imhoff et al., 2000; Silva et al., 2003).

A diminuição da porosidade implica em redução do volume de ar e água, os quais poderiam ser armazenados no solo e, posteriormente, fornecidos às plantas. O aumento da densidade do solo é um indicativo da existência de camadas compactadas, que vão impedir ou reduzir o desenvolvimento e o aprofundamento do sistema radicular e o fluxo de água e ar no solo. Um sistema radicular superficial torna a planta forrageira mais susceptível a estiagens prolongadas, como é o caso do semiárido brasileiro. Para espécies arbóreas, de vasta ocorrência na Caatinga, um sistema radicular superficial poderá favorecer o tombamento da planta, particularmente no período chuvoso, por conta do umedecimento do solo associado aos ventos (Freire et al., 2013). Dessa forma, fatores ligados ao solo, como a resistência à penetração e a permeabilidade à água, impactam enormemente o desempenho vegetal, isto é, seu crescimento, desenvolvimento, reprodução e sobrevivência (Taiz e Zeiger, 2013).

Em relação à infiltração de água no solo, o processo de infiltração é caracterizado por duas propriedades hidrodinâmicas: a sorvidade (S) e a condutividade hidráulica (K_s). O valor de S está associado à fase inicial da infiltração e nessa fase, a infiltração é praticamente independente dos efeitos da gravidade (Borges et al., 1999). Com o avanço da frente de molhamento, ou seja, com o umedecimento do solo, a força da gravidade se torna a principal

força que atua no processo de infiltração (Prevedello, 1996). A condutividade hidráulica, por sua vez, depende da estrutura e do conteúdo de água do solo, e seu valor aumenta com o aumento do conteúdo de água, passando a ser dependente dos efeitos gravitacionais (Hillel, 1998). Os valores S e Ks na camada superficial do solo definem a partição dos aportes externos de água (precipitação pluvial), afetando assim tanto o armazenamento de água no solo, como o escoamento superficial (Borges et al., 1999).

As propriedades dos solos de pastagens nativas apresentam alta variabilidade espacial e temporal (Manley et al., 1995; Ettema e Wardle, 2002; Schöning et al., 2006). Assim, considerando a diversidade de solos que ocorrem na Caatinga, o ajuste da lotação animal, em função da oferta da forragem, evitaria a utilização de taxas de lotação generalistas, que desconsideram o real potencial produtivo da pastagem.

Pelo exposto, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar a influência da oferta de forragem em características físico-hídricas do solo em área de Caatinga manipulada no semiárido do estado de Pernambuco.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos meses de maio a julho de 2013, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na Fazenda Saco, em uma área de Caatinga manipulada (Figura 1). O experimento foi localizado geograficamente sob as coordenadas $7^{\circ} 57' 41''$ S e $38^{\circ} 17' 868''$ W e apresentou altitude média de 515 m.

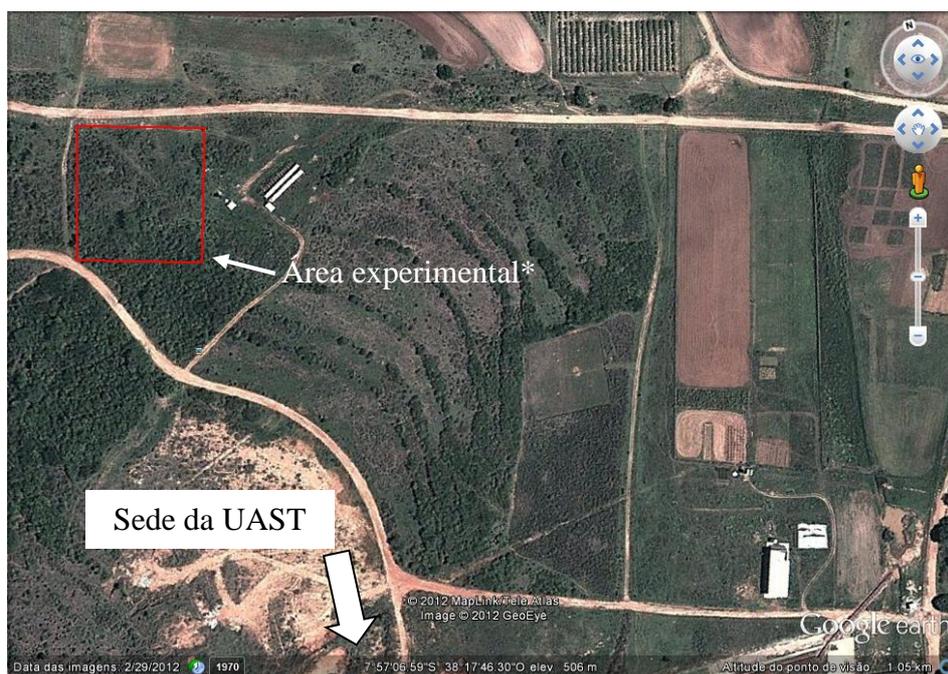


Figura 1. Localização da área experimental. Fonte: Google Earth, em 06 de agosto de 2013.

*Desenho da área experimental fora de escala.

O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bwh, denominado semiárido, quente e seco, com chuvas de verão, médias anuais térmicas superiores a 25°C (Melo et al., 2008) e pluviosidade média anual de 642 mm (SUDENE, 1990), com chuvas irregulares, porém concentrando-se, na maioria dos casos, no primeiro semestre do ano (Silva et al., 2011). O município de Serra Talhada está localizado na parte setentrional da microrregião Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco e situa-se a uma altitude de 429 metros (CPRM, 2005).

O experimento foi executado em uma área de Caatinga manipulada por meio do enriquecimento com as espécies mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud.) e capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy), ambas semeadas na década de oitenta. O

estrato arbustivo-arbóreo da área é composto principalmente por mororó, aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz) e capa-bode (*Melochia tomentosa* L.), enquanto que no estrato herbáceo predominaram capim-corrente, capim-búffel (*Cenchrus ciliares* L.) e orelha-de-onça (*Macropitilium martii* (Benth.) Maréchal & Baudet), sendo esta última mais frequente no período chuvoso do ano. Em anos anteriores, esta área foi pastejada esporadicamente por bovinos.

A área experimental, de 7.200 m² (90 x 80 metros), foi dividida em três blocos com quatro piquetes cada, totalizando 12 parcelas de 584 m² (20 m x 29,2 m) (Figura 2).

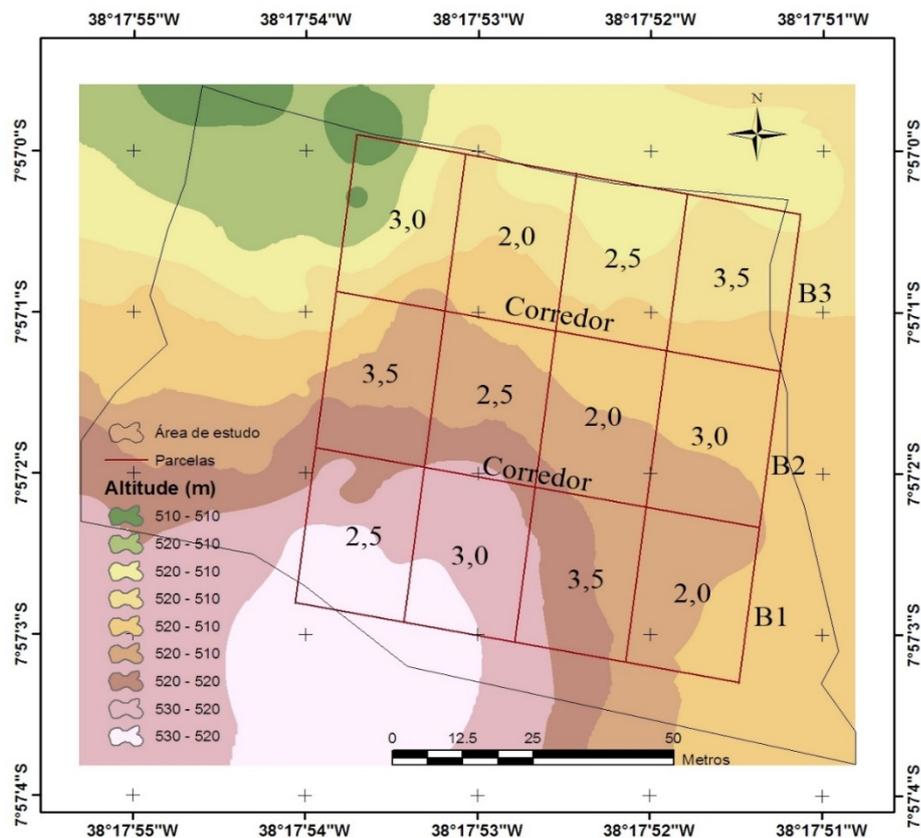


Figura 2. Croqui da área experimental, mostrando a variação na altitude local e as parcelas experimentais (piquetes). O número dentro de cada piquete representa a oferta de forragem pretendida.

Foram realizadas análises físicas (granulometria pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997)) e químicas do solo da área. Para tanto, foram coletadas cinco amostras de solo em cada parcela, uma amostra aproximadamente no centro e quatro nas bordas, formando um

quadrado, acerca de três metros do limite de cada piquete, em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm). A partir das amostras simples, foram formadas três amostras compostas, uma para cada bloco experimental. A análise química foi realizada pelo laboratório de fertilidade do solo do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) (Tabela 1). O solo foi considerado franco-arenoso (Prevedello, 1996), eutrófico, de acidez fraca e fertilidade média a alta (IPA, 2008) e não foi realizada adubação química ou correção do mesmo.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos de amostras de solo da área experimental, conforme a profundidade

Característica do solo	Unidade	Profundidade (cm)	
		0 – 20	20 - 40
P ^a	mg dm ⁻³	86,50 ± 24,50*	49,00 ± 25,48
pH ^b	-	6,73 ± 0,35	6,73 ± 0,40
Ca	cmol _c dm ⁻³	8,72 ± 1,79	10,52 ± 2,52
Mg ^c	cmol _c dm ⁻³	1,60 ± 0,86	2,30 ± 0,70
Na	cmol _c dm ⁻³	0,04 ± 0	0,05 ± 0,01
K	cmol _c dm ⁻³	0,65 ± 0,06	0,35 ± 0,14
Al	cmol _c dm ⁻³	0,00 ± 0	0,00 ± 0
H	cmol _c dm ⁻³	1,89 ± 0,34	1,73 ± 0,74
SB ^d	cmol _c dm ⁻³	11,00 ± 0,93	13,20 ± 2,89
CTC ^e	cmol _c dm ⁻³	12,90 ± 0,69	14,93 ± 2,84
V ^f	%	85,00 ± 3,39	88,00 ± 5,19
MO ^g	%	4,47 ± 0,16	5,33 ± 0,73
Areia	%	68,79 ± 2,09	65,90 ± 3,52
Silte	%	18,15 ± 2,12	17,94 ± 1,34
Argila	%	13,06 ± 1,20	16,15 ± 4,08

^aP extraído com Mehlich-1; ^bpH em água (1:2,5); ^cMg estimado quando Ca+Mg > 10,00 e Ca > 9,95; ^dSoma de bases; ^eCapacidade de troca de cátions potencial; ^fSaturação por bases; ^gMatéria orgânica, determinada pelo método da mufla. *Intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$) entre as três amostras compostas.

Na Figura 3 são apresentados os dados meteorológicos obtidos a partir de uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada no *campus* da UFRPE/UAST, além de dados compilados pela Superintendência de

Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) para a normal climatológica da precipitação pluviométrica da cidade de Serra Talhada.

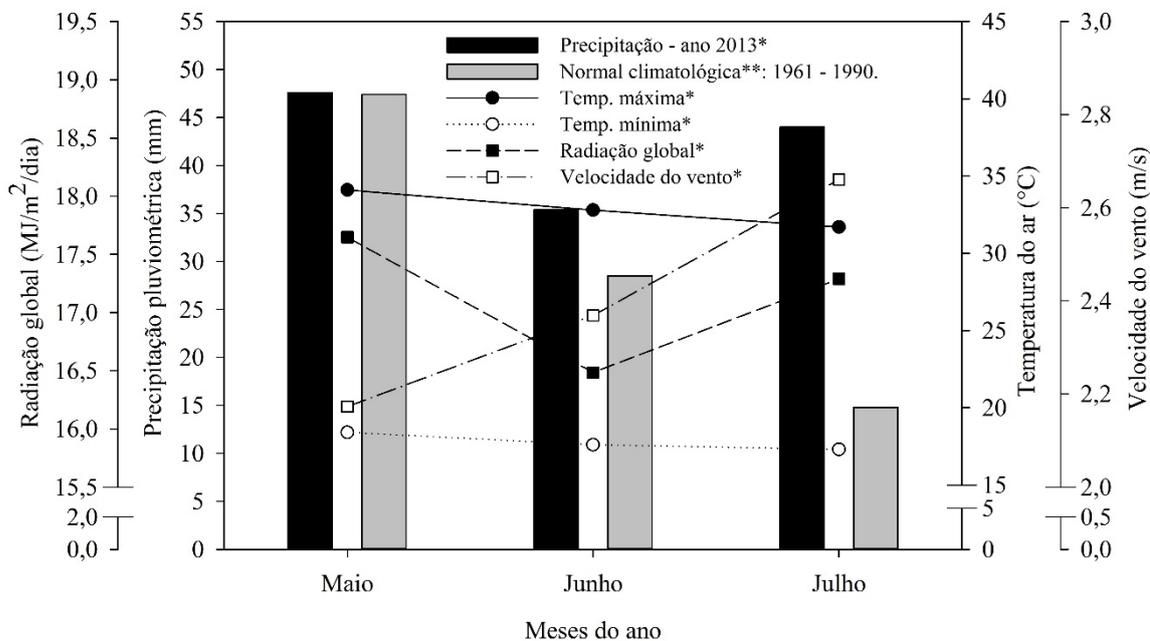


Figura 3. Variáveis meteorológicas registradas no período experimental. Fontes: *INMET; **SUDENE (1990).

A área experimental foi submetida a quatro ofertas de forragem: 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 kg de massa seca (MS)/kg de peso vivo (PV), sendo pastejada por ovinos machos, não castrados, sem padrão racial definido, com peso vivo inicial de $23 \pm 3,27$ kg, adotando-se a lotação a contínua como método de pastejo.

Antes do período de pastejo, que teve uma duração de 39 dias, os animais foram pesados em balança mecânica com capacidade para 300 kg, vermifugados e liberados nos piquetes de acordo com as ofertas de forragem. Em cada piquete foram instalados bebedouros e saleiros para fornecimento de água e sal mineral à vontade.

A quantidade de animais por piquete foi definida dividindo-se o valor da massa de forragem (MF) (kg de MS) do piquete pela oferta de forragem (OF) pretendida (kg MS/kg PV). Os animais foram então adicionados ao piquete de modo que a soma de seus pesos vivos se aproximassem ao máximo do quociente MF/OF.

Para cada oferta de forragem pretendida (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 kg MS/kg PV), foram obtidas a oferta de forragem real e a taxa de lotação, as quais foram 2,0; 2,49; 2,98 e 3,32 kg

MS/kg PV e 2,0; 2,32; 2,70 e 2,90 ha/UA/ano, respectivamente. O cálculo da taxa de lotação (ha/UA/ano) foi baseada no peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$), em que UA é a unidade animal.

Para estimativa da massa de forragem em cada piquete foi utilizado o método do rendimento visual comparativo (Haydock e Shaw, 1975). Este método consiste em selecionar e coletar, no pasto, cinco padrões de referência de acordo com sua massa seca, com o padrão 1 representando o de menor massa de forragem e o padrão 5, o de maior massa. Posteriormente, os padrões foram atribuídos visualmente ao pasto. Para cada padrão referência foram coletadas três repetições utilizando-se quadrados de 1 x 1 m. Os padrões foram atribuídos ao pasto em 18 pontos por piquete percorrendo-se três transectas de seis pontos. Para a determinação dos padrões referência, as plantas herbáceas foram colhidas rente ao solo, enquanto as arbóreas e arbustivas tiveram seus ramos de até 0,6 cm de espessura cortados a até 1,5 m de altura, em relação ao nível do solo. O material coletado foi pesado, acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e levados para estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas.

Avaliação da resistência mecânica do solo à penetração – RP (MPa)

As medidas de resistência mecânica à penetração foram realizadas até 0,30 m de profundidade e definidas para três camadas do solo: 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, com quatro repetições por piquete. Foram realizadas avaliações antes da entrada dos animais na área, no terço final do mês de maio, e após a saída dos animais, na segunda semana de julho.

Foi utilizado o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf, de acordo com o método primeiramente descrito por Stolf et al. (1983a) e recomendado quanto ao seu uso por Stolf et al. (1983b).

O penetrômetro IAA/Planalsucar – Stolf tem como princípio de funcionamento a penetração de uma haste com uma ponta cônica, através do impacto de um peso de massa conhecida que cai de uma altura constante, em queda livre. A cada impacto faz-se a leitura da penetração da haste no solo (Figura 4).

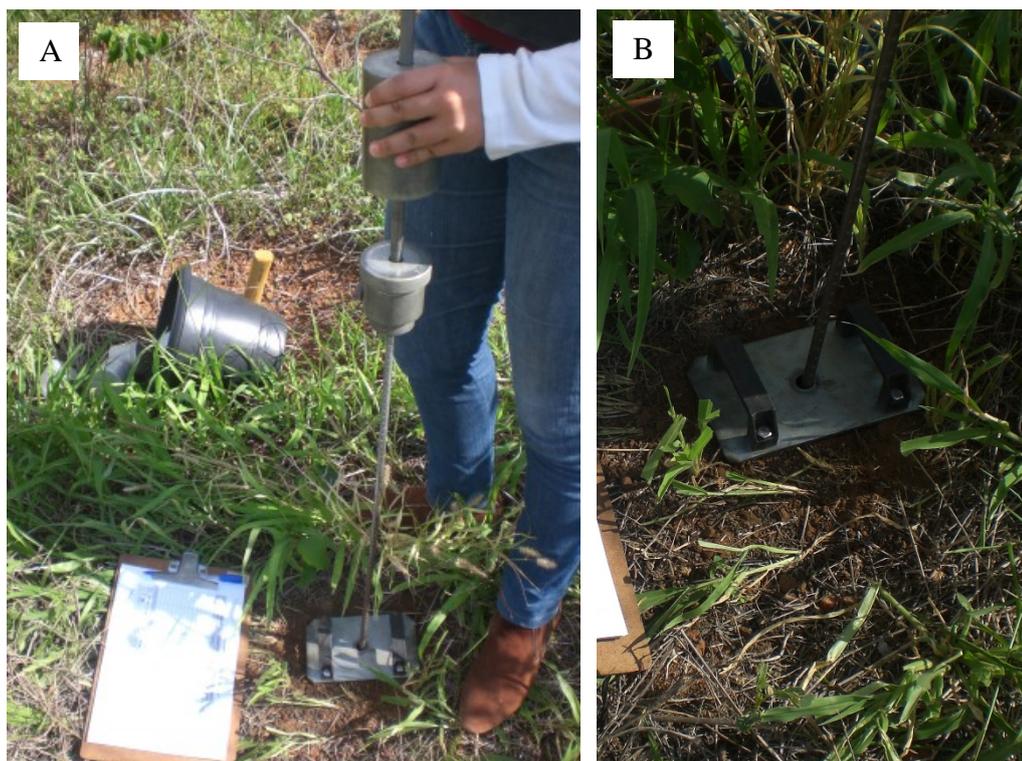


Figura 4. Utilização do penetrômetro de impacto (A) e detalhe da base do aparelho (B) onde foram realizadas as leituras.

Conta-se, então, o número de impactos necessários para que o aparelho penetre a espessura de determinada camada de solo. No entanto, no caso do penetrômetro utilizado, as leituras não são realizadas diretamente, tornando-se necessária a transformação dos valores de impactos e profundidade de penetração em leituras expressas em unidade de pressão (Stolf, 1984; Stolf, 1991). Dessa forma, os dados obtidos em impactos dm^{-1} foram convertidos em resistência dinâmica, conforme por Stolf (1991):

$$RP = 5,6 + 6,89 N$$

em que RP é a resistência mecânica do solo à penetração, em Kgf cm^{-2} , e N é o número de impactos do peso metálico. Após a obtenção dos resultados em Kgf cm^{-2} , estes foram multiplicados pela constante 0,098 para conversão em MPa, segundo Oliveira et al. (2007). Os dados do número de impactos necessários para que a haste do aparelho penetrasse uma determinada camada de solo foram tabulados em planilha eletrônica e os cálculos realizados com o auxílio do Excel adaptado por Stolf (2011).

Em cada repetição e camada de solo avaliadas, foi coletada uma amostra de solo deformada para determinação da umidade gravimétrica ao longo do perfil, considerando as mesmas camadas (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20 a 0,30 m).

As amostras de solo foram coletadas a cerca de 4 cm de distância de onde foi realizado o teste de resistência a penetração. Para isso, utilizou-se uma haste cilíndrica metálica graduada, perfurada internamente, de modo que, ao ser introduzida no solo até a profundidade desejada, permitisse que o mesmo entrasse na haste para que pudesse ser coletado, repetindo-se o procedimento até a última camada de solo (Figura 5).



Figura 5. Haste metálica utilizada para coleta do solo (A) e detalhe da haste graduada de acordo com as profundidades de solo avaliadas (B).

Medidas de infiltração de água no solo – Determinação de K_s e S

Os testes de infiltração de água no solo foram realizados, assim como os de resistência à penetração, com quatro repetições por piquete, antes da entrada e após a saída dos animais na área experimental.

A avaliação da infiltração de água no solo foi realizada de acordo com a metodologia “Beerkan” (Braud et al., 2005; Lassabatère et al., 2006; Souza et al., 2008), a qual consiste na adição de volumes constantes de água no solo ao longo do tempo, até que ocorra a

estabilização da curva de infiltração. Para os testes foi utilizado um infiltrômetro de anel simples (Figura 6).

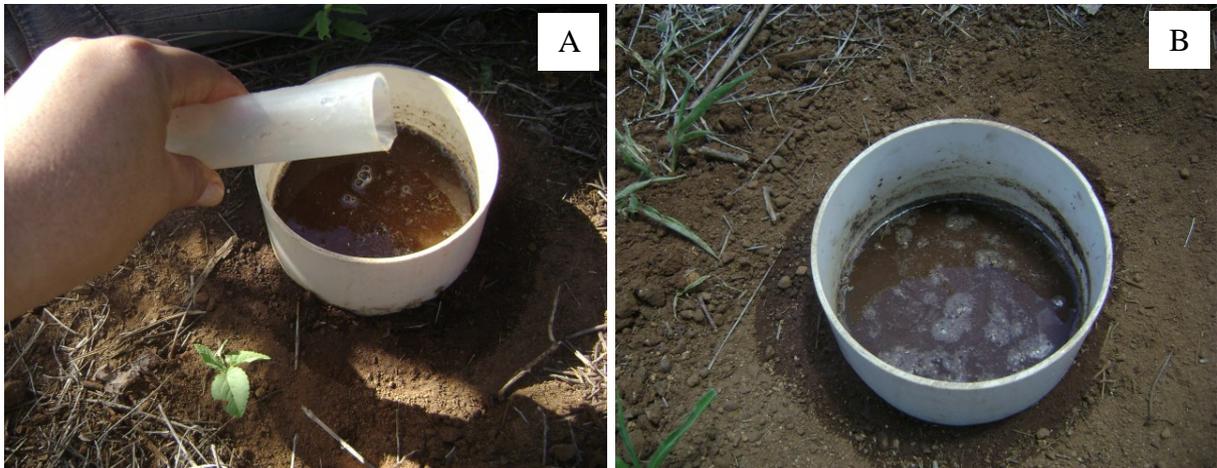


Figura 6. Adição de água (A) no infiltrômetro de anel simples (B) durante a realização de um dos testes de infiltração.

O infiltrômetro, de 150 mm de diâmetro, foi posicionado na superfície do solo e inserido a uma profundidade de, aproximadamente, 1 cm, para prevenir perdas laterais de água durante o processo de infiltração de água no solo. A extremidade inferior do infiltrômetro recebeu um corte em bisel visando facilitar sua introdução na superfície do solo, que deve ser realizada com o mínimo de esforço possível, no intuito de garantir a integridade estrutural do solo (Souza et al., 2007). Após a instalação do infiltrômetro foi monitorado o tempo que cada volume de água (100 mL) levava para infiltrar-se no solo. Esses ensaios fornecem a infiltração tridimensional axissimétrica em função do tempo.

Foram determinados dois atributos hidráulicos do solo: a condutividade hidráulica (mm s^{-1}) e a sorvidade ($\text{mm s}^{-1/2}$), por intermédio do regime transitório da infiltração tridimensional, além da densidade e da umidade inicial (θ_{inic}) e final (θ_{fin}) do solo.

Em cada teste de infiltração foram coletadas duas amostras de solo, uma deformada (antes da realização do ensaio, para determinação da umidade inicial do solo (θ_{inic})), e outra indeformada (após a realização do teste, para determinação da densidade e umidade final do solo (θ_{fin})). As amostras foram colocadas em latas de alumínio e devidamente lacradas para evitar a perda de umidade, enquanto outros testes subsequentes eram realizados, até o momento em que foram levadas ao laboratório, pesadas e colocadas em estufa a 105°C por 48 horas para determinação da massa do solo seco. A partir de então foi obtida a umidade gravimétrica do solo, segundo a equação 1:

$$U \text{ (g g}^{-1}\text{)} = \frac{m_{su} - m_{ss}}{m_{ss}} = \frac{m_{H_2O}}{m_{ss}} \quad (1)$$

e a umidade volumétrica do solo, conforme a equação 2:

$$\theta \text{ (cm}^3 \text{ cm}^{-3}\text{)} = U * \frac{\rho_{solo}}{\rho_{H_2O}} \quad (2)$$

sendo m_{su} a massa de solo úmido (g), m_{ss} a massa de solo seco (g); m_{H_2O} a massa de água (g); ρ_{solo} a densidade do solo (g cm^{-3}); e ρ_{H_2O} a densidade da água (g cm^{-3}). Para a densidade da água admitiu-se o valor igual a 1 g cm^{-3} , segundo Reichardt e Timm (2012).

A densidade do solo foi determinada pelo método do cilindro de Uhland, que possui um volume V conhecido. A partir da amostra do solo retirada após o teste de infiltração, foi determinada a massa do solo seco e calculada a densidade do solo, conforme a equação 3:

$$\rho_{solo} \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{m_{ss}}{V} \quad (3)$$

sendo V o volume do cilindro, em cm^3 .

A condutividade hidráulica saturada (K_s) e a sorvidade (S) foram obtidas através de modelos propostos por Haverkamp et al. (1994). Desse modo, a infiltração tridimensional acumulada I , em função do tempo t , foi determinada conforme a equação 4:

$$I(t) = S\sqrt{t} + [aS^2 + bK_s]t \quad (4)$$

em que,

$$a = \frac{\gamma}{r(\theta_{fin} - \theta_{ini})}$$

e

$$b = \left(\frac{\theta_{ini}}{\theta_{fin}}\right)^\eta + \frac{2 - \beta}{3} \left(1 - \left(\frac{\theta_{ini}}{\theta_{fin}}\right)^\eta\right)$$

sendo γ uma constante teórica, cujo valor é igual a 0,75 (Smettem et al., 1994); β uma constante cujo valor é 0,6 (Haverkamp et al., 1994) e η um parâmetro dependente da textura do solo.

As equações da metodologia proposta por Haverkamp et al. (1994) foram resolvidas através do *software* Scilab[®], utilizando um algoritmo chamado BEST (*Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments*), proposto por Lassabatère et al., (2006). Para os cálculos de Ks e S, foram inseridos no algoritmo os dados da infiltração acumulada e do tempo em segundos; a densidade do solo; a densidade de partículas sólidas do solo, adotando-se o valor representativo de 2,65 g cm⁻³ (Prevedello, 1996); as umidades volumétricas inicial e final; e o raio do infiltrômetro, em mm.

Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (ofertas de forragem) e três repetições. Como critério de blocagem foi considerado o relevo da área experimental (Figura 2).

Os dados, antes da entrada e após a saída dos animais, foram comparados por meio do Teste t utilizando-se o procedimento TTEST (PROC TTEST) do SAS. Visando testar a normalidade dos dados (Shapiro-Wilk a 1 e a 5% de probabilidade) e obter os desvios padrão, foi utilizado o procedimento Univariate (PROC UNIVARIATE), também do SAS (SAS, 1999). Para verificar o comportamento das características do solo em relação às ofertas de forragem (após o pastejo), realizaram-se análises de regressão através do *software* SigmaPlot v.12 para Windows, a 1 e a 5% de probabilidade. Foram ainda realizadas análises de correlação de Pearson da densidade do solo em relação à condutividade hidráulica e a sorvidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resistência mecânica do solo à penetração

As ofertas de forragem influenciaram ($P < 0,01$) a resistência do solo à penetração após a estação de pastejo (Tabela 2).

Tabela 2. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais

Oferta de forragem	Camadas do solo					
	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
kg MS/kg PV	Antes do pastejo	Após o pastejo	Antes do pastejo	Após o pastejo	Antes do pastejo	Após o pastejo
2,0	2,72 b	12,65 a	3,70 b	20,30 a	13,47 a	24,64 a
2,5	3,95 b	10,98 a	12,02 a	16,16 a	19,53 a	17,55 a
3,0	3,96 b	11,18 a	14,35 a	19,37 a	17,79 a	25,48 a
3,5	3,67 b	10,37 a	4,77 b	18,68 a	13,21 b	24,79 a

Médias seguidas por letras distintas na linha em cada camada do solo diferem entre si pelo Teste t ($P < 0,01$).

Na camada mais superficial, 0-10 cm, o pisoteio animal proporcionou aumento na resistência do solo à penetração em todas as ofertas de forragem avaliadas (Tabela 2). Tal resultado deve-se ao fato de a primeira camada de solo ser aquela que entra em contato direto com os cascos dos animais, facilitando sua compactação. Diversos autores concordam que, quando ocorre compactação do solo devido ao pisoteio animal, esta se concentra na primeira camada, a até 5 cm de profundidade (Salton et al., 2002; Flores et al., 2007). Alterações superficiais do solo pela compactação adquirem relevância, por exemplo, quanto à capacidade do solo em transferir água. Para Shaver et al. (2013), as propriedades físicas da camada superficial do solo são mais críticas porque representam a interface inicial solo-precipitação. Assim, a compactação dessa camada aumenta o risco de ocorrer escoamento superficial durante as chuvas e, com isso, pode haver deslocamentos da camada de liteira da pastagem.

Du Toit et al. (2009) estudaram o impacto de diferentes taxas de lotação de ovinos na qualidade física do solo. Os autores avaliaram, antes e após a estação de pastejo, a densidade e a compactação do solo em dois períodos de pastejo (em maio de 1995 e maio de 1996). Os

autores verificaram que a densidade do solo e a compactação do solo aumentaram significativamente no segundo ano na maior taxa de lotação.

Na camada de 10-20 cm, a maior pressão de pastejo (2 kg MS/kg PV) promoveu aumento significativo da resistência do solo à penetração. Porém, na menor oferta de forragem também houve aumento na resistência, para as camadas de 10-20 e 20-30 cm (Tabela 2), o que pode estar relacionado a existência de uma camada de solo compactada nessa profundidade, mesmo antes da entrada dos animais no experimento, tendo em vista ser uma área que, em anos anteriores, foi utilizada para fins pastoris, principalmente para criação de bovinos, sem o devido manejo da oferta de forragem na área, principalmente em épocas de estiagem prolongada, em que as áreas de pastagem tendem a ser submetidas ao superpastejo. Segundo a FAO (2014), o pastejo excessivo é uma atividade comum em muitas áreas semiáridas do mundo, as quais apresentam épocas longas de estiagem (de 6 a 9 meses) e, durante a estação seca, ocorrem limitações principalmente quanto à oferta de recursos alimentares em quantidade e qualidade, fazendo com que a lotação animal atinja, e até exceda, a capacidade de lotação real que o ecossistema da pastagem pode suportar.

Foi constatado que o solo da área experimental era raso. Em vários pontos foram encontradas rochas a partir de 30 cm de profundidade e, por isso, os testes de resistência à penetração foram realizados até essa profundidade, visando evitar que a haste do penetrômetro atingisse a rocha, o que provocaria um erro muito grande na leitura do equipamento. Desse modo, a possível influência do pastejo em anos anteriores, associada ao fato de se tratar de um solo, no geral, pouco desenvolvido, pode ter contribuído para o surgimento de camadas subsuperficiais do solo com maiores resistências à penetração, mesmo antes da realização do experimento.

De maneira geral, solos em estado natural, sob vegetação nativa, apresentam características físicas, como a resistência à penetração, desejáveis (Andreola et al., 2000). Entretanto, à medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola e/ou pastoril, sem o devido manejo, as propriedades físicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal (Spera et al., 2004).

Além do pisoteio animal, outros fatores podem influenciar a resistência do solo à penetração, a exemplo da umidade do solo. Nesse sentido, houve diferença significativa ($P < 0,01$) da umidade do solo no momento das avaliações em todas as ofertas de forragem avaliadas, exceto na oferta de 2,5 kg MS/kg PV (Tabela 3).

Tabela 3. Umidade gravimétrica (g/g) do solo durante os testes de resistência mecânica do solo à penetração em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais

Oferta de forragem	Camadas do solo					
	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
kg MS/kg PV	Antes do pastejo	Após o pastejo	Antes do pastejo	Após o pastejo	Antes do pastejo	Após o pastejo
2,0	0,10 a	0,05 b	0,09 a	0,05 b	0,08 a	0,06 b
2,5	0,05 a	0,05 a	0,05 a	0,05 a	0,05 a	0,05 a
3,0	0,07 a	0,05 b	0,07 a	0,05 b	0,07 a	0,05 b
3,5	0,11 a	0,05 b	0,10 a	0,05 b	0,08 a	0,05 b

Médias seguidas por letras distintas na linha em cada camada do solo diferem entre si pelo Teste t ($P < 0,01$).

Dessa forma, a menor umidade do solo encontrada após a saída dos animais pode ter contribuído para o aumento da resistência à penetração. Segundo Silveira et al. (2010), quando o solo está seco ou apresenta baixo conteúdo de água, suas partículas apresentam-se mais próximas e difíceis de serem separadas por qualquer força externa. Além disso, diversos trabalhos têm demonstrado haver correlação negativa da resistência à penetração com a umidade do solo (Busscher et al., 1997; Tormena et al., 1998; Correchel et al., 1999; Cunha et al., 2002; Silveira et al., 2010; Kumar et al., 2012).

O conteúdo de água influencia inversamente a resistência do solo à penetração. Porém, para a mesma umidade após o período de pastejo (Tabela 3), houve efeito das ofertas de forragem sobre a resistência, principalmente na camada de solo de 0-10 cm de profundidade (Figura 7A), enquanto que nas demais camadas (Figuras 7B e 7C), verificou-se comportamento semelhante da regressão entre elas.

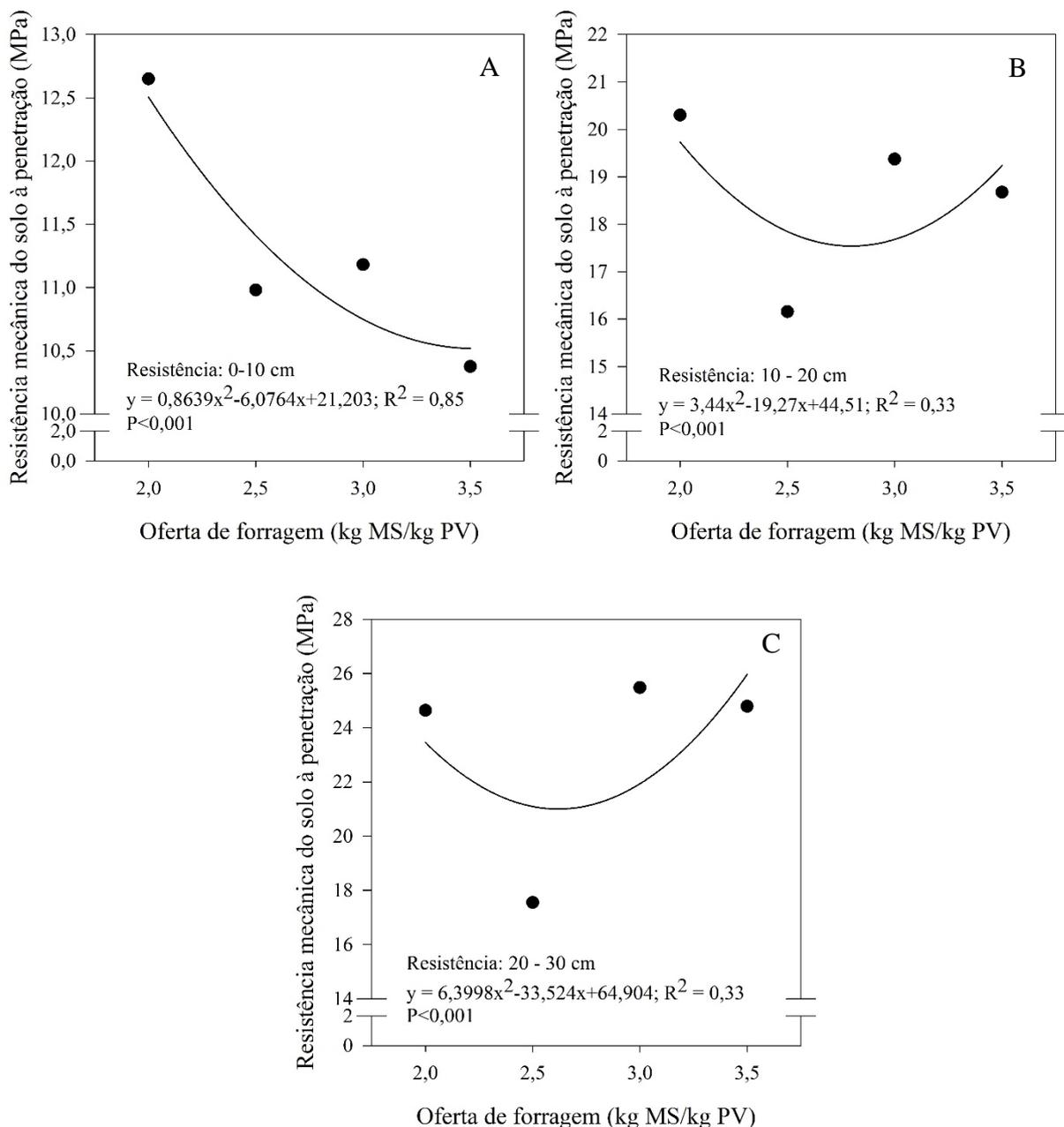


Figura 7. Resistência mecânica do solo à penetração nas profundidades de 0-10 (A), 10-20 (B) e 20-30 cm (C) em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem.

Esse resultado comprova o efeito do manejo da oferta de forragem na compactação do solo. Donkor et al. (2002) também obtiveram maior compactação para os primeiros centímetros de solo estudados. Os autores avaliaram o efeito do pastejo por cervo (*Cervus elaphus canadensis*) em pastagem formada por *Bromus-Poa* (*Bromus inermis* Leyss. e *Poa pratensis* L.) na resistência à penetração do solo e verificaram que a influência do pastejo foi mais expressiva até os primeiros 10 cm de profundidade do solo.

O pisoteio de ovinos pode exercer pressões no solo da ordem de 350 kPa (Proffitt et al., 1993; Betteridge et al., 1999; Nie et al., 2001), porém, esses autores alertam que a pressão exercida pelos animais, quando estes estão em movimento, pode ser o dobro da exercida quando eles estão parados. Nesse sentido, a maior resistência à penetração encontrada na menor oferta de forragem para a primeira camada de solo (0-10 cm) (Figura 7A), pode estar relacionada a aumentos no tempo de pastejo dos animais submetidos a esse tratamento, tendo em vista que os animais tinham a sua disposição menor quantidade de alimento e precisaram percorrer maiores distâncias para selecionar e capturar a forragem, e nesses deslocamentos o potencial de compactação do solo foi aumentado.

Mesmo havendo diferença da resistência à penetração em relação às ofertas de forragem nas demais camadas de solo (10-20 e 20-30 cm) (Figuras 7B e 7C), é possível que este resultado não esteja ligado às ofertas estudadas, mas devido a possível pré-existência de camadas compactadas. Vale salientar que o período de pastejo (39 dias) pode não ter sido suficiente para que as ofertas de forragem evidenciassem sua influência também nas camadas subsuperficiais do solo.

Resistências do solo à penetração em torno de 2 a 2,5 MPa são mencionadas na literatura por resultarem em efeitos negativos sobre o crescimento de plantas (Materchera et al., 1991; Weaich et al., 1996; Tormena et al., 1998; Whalley et al., 2007; Whalley et al., 2008; Silveira et al., 2010). Canarache (1990) considera que valores de resistência à penetração a partir de 2,5 MPa apresenta alguma limitação ao crescimento das raízes, e que resistências de 5 MPa são totalmente críticas ao crescimento do sistema radicular.

No presente trabalho, de modo geral, a resistência à penetração aumentou com a profundidade do solo após o pisoteio animal, e mesmo antes da entrada dos animais, o solo já apresentava resistências à penetração elevadas (Tabela 2). Assim, pode-se inferir que as plantas da área experimental foram submetidas a pressões de compactação do solo bastante elevadas, considerando os valores de resistência tidos como críticos para o crescimento radicular. Com o passar do tempo, isso pode afetar o crescimento da planta, perfilhamento e absorção de nutrientes. As maiores resistências do solo à penetração foram verificadas na camada de 20-30 cm (Tabela 2), com valor de $23,11 \pm 11,96$ MPa, considerando todas as ofertas de forragem. Segundo Canarache (1990), valores de resistência acima de 10,1 MPa são classificados como muito altos e não há possibilidade de crescimento radicular. Para verificar essa informação nas condições da Caatinga manipulada estudada, seria necessário coletar blocos de solo na área até 30 cm de profundidade e verificar a presença ou não de

raízes nesses blocos, pois as espécies encontradas na Caatinga, possivelmente, suportam resistências à penetração maiores do que os valores considerados como críticos ou impeditivos, a prova disso é a heterogeneidade da vegetação nesse bioma.

Infiltração de água no solo

Não houve efeito ($P>0,05$) do pisoteio animal sobre a densidade do solo, antes da entrada e após a saída dos animais (Tabela 4).

Tabela 4. Densidade do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais

Oferta de forragem kg MS/kg PV	Densidade do solo g cm ⁻³	
	Antes do pastejo	Após o pastejo
2,0	1,40 a	1,46 a
2,5	1,44 a	1,44 a
3,0	1,41 a	1,41 a
3,5	1,41 a	1,42 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem ($P>0,05$) entre si pelo Teste t.

Esse resultado deve-se possivelmente ao período de tempo em que os animais permaneceram nos piquetes (39 dias), não sendo suficiente para que fossem detectadas diferenças significativas. Ressalta-se que os animais foram removidos dos piquetes após esse período devido à redução excessiva da massa de forragem da área experimental e, dessa forma, a continuidade do pastejo comprometeria a condição física dos animais e a persistências das plantas forrageiras na pastagem.

Du Toit et al. (2009) estudaram o impacto de diferentes taxas de lotação de ovinos na densidade do solo, antes e após a estação de pastejo, em dois períodos de pastejo de um mês cada, em maio de 1995 e 1996, e verificaram que a densidade do solo aumentou significativamente, somente no segundo ano, nas maiores taxas de lotação.

Entretanto, analisando-se os dados de densidade do solo em função das ofertas de forragem, houve diferença ($P<0,01$) entre os tratamentos. Na menor oferta foi constatada uma

densidade de 1,46 g cm⁻³, com tendência de redução desse valor à medida que a pressão de pastejo diminuiu (Figura 8).

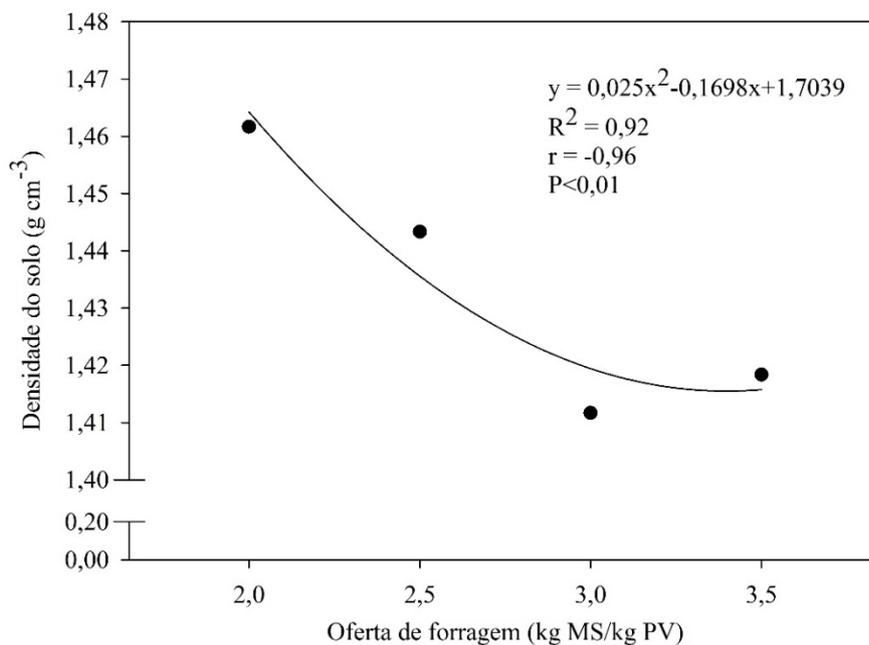


Figura 8. Densidade do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, após a estação de pastejo.

A maior densidade do solo encontrada na menor oferta de forragem (2 kg MS/kg PV) deve-se ao fato de que, nos piquetes com as menores ofertas, os animais podem ter aumentado o tempo de pastejo, visando suprir suas necessidades nutricionais. Com a maior movimentação dos animais na área, o potencial de compactação do solo também foi aumentado. No ecossistema da pastagem, aumentos na densidade do solo, devido ao pastejo, interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras, pois afeta diretamente o sistema radicular das plantas. Para Latif et al. (2008), a elevação da densidade do solo restringe o movimento de água e gases no solo, assim como a penetração das raízes.

Quanto às umidades, inicial e final do solo, houve diferença apenas para a umidade inicial ($P < 0,01$) (Tabela 5).

Tabela 5. Umidades inicial (antes da realização do teste de infiltração) e final (após o teste) de uma área de Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais

Oferta de forragem kg MS/kg PV	Umidade inicial		Umidade final	
	Antes do pastejo	Após o pastejo	Antes do pastejo	Após o pastejo
2	0,08 a	0,02 b	0,47 a	0,45 a
2,5	0,10 a	0,02 b	0,46 a	0,46 a
3	0,08 a	0,02 b	0,46 a	0,47 a
3,5	0,10 a	0,02 b	0,46 a	0,46 a

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste t ($P < 0,01$).

A diferença verificada na umidade inicial do solo, antes e após o pastejo (Tabela 5), pode ter sido provocada pela dinâmica da cobertura vegetal ao longo do experimento, que foi modificada pelos animais por ocasião do pastejo. Dessa forma, antes da entrada dos animais a área apresentava maior massa de forragem, com potencial de manter maiores quantidades de água no solo e, ao longo do tempo, devido ao consumo da forragem, o solo se tornou mais desprotegido, aumentando a perda de água por evaporação. Além disso, no mês de maio de 2013, época em que os testes de infiltração foram realizados antes da entrada dos animais, a precipitação pluviométrica foi ligeiramente superior a do mês de julho (Figura 3), período em que foram executados os testes de infiltração após a saída dos ovinos.

A densidade e a porosidade do solo apresentam relação entre si. Para Reichardt e Timm (2012), aumentos na densidade são seguidos pela redução da porosidade. Portanto, como a densidade não foi alterada ($P > 0,05$) (Tabela 4), a umidade final não sofreu influência após o período de pastejo ($P > 0,05$) (Tabela 5). Porém, quanto às ofertas de forragem, houve diferença ($P < 0,01$) para ambas as características (Figura 9).

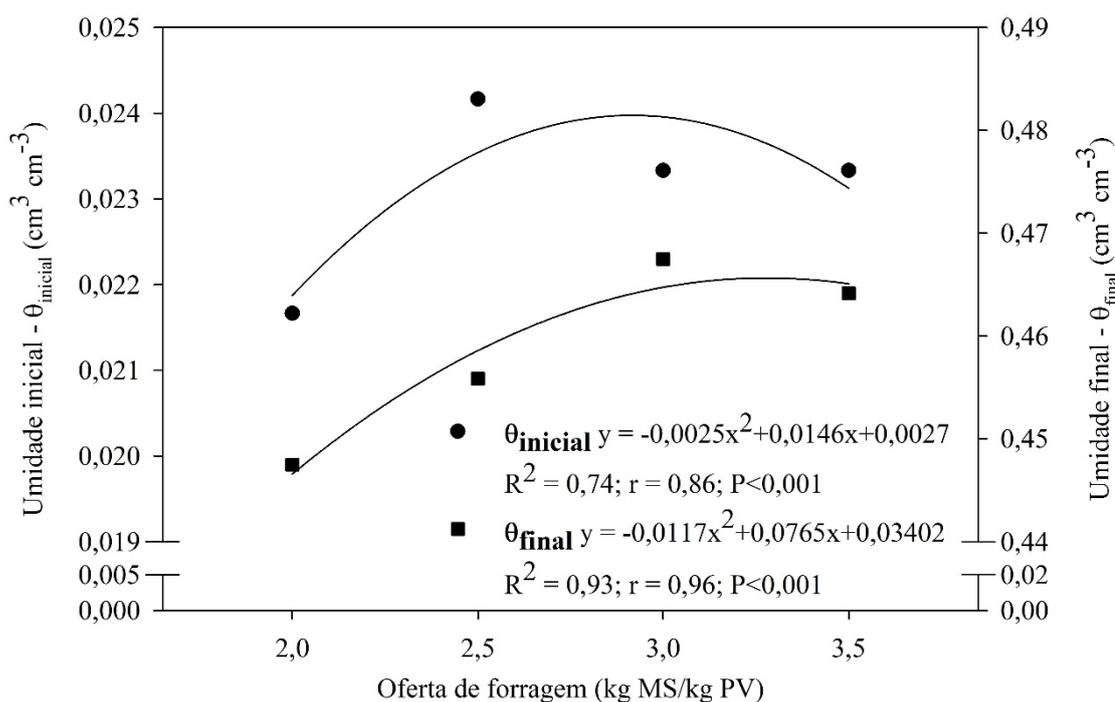


Figura 9. Umidades inicial (antes dos testes de infiltração) e final (após os teste de infiltração) do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, após a estação de pastejo.

Sob condições naturais do solo (umidade inicial) e após os testes de infiltração (umidade final), houve elevação do conteúdo de água do solo à medida que a oferta de forragem aumentou (Figura 9), indicando que a utilização de menores pressões de pastejo aumentam a capacidade de armazenamento de água do solo. A capacidade de infiltração e retenção de água do solo é fundamental para a produção vegetal. A retenção limitada de água pelo solo pode levar a insuficiência hídrica para absorção pelas plantas e é afetada pela distribuição do tamanho das partículas do solo e dos poros (Arriaga e Lowery, 2003).

A sorvidade e a condutividade hidráulica saturada do solo, antes da entrada e após a saída dos animais, foram modificadas ($P < 0,01$) pelo pastejo (Tabela 6).

Tabela 6. Sorvidade e condutividade hidráulica do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem, antes da entrada e após a saída dos animais da área

Oferta de forragem kg MS kg PV ⁻¹	Sorvidade mm s ^{-1/2}		Condutividade hidráulica (Ks) mm s ⁻¹	
	Antes do pastejo	Após o pastejo	Antes do pastejo	Após o pastejo
2	0,91 a	1,13 a	0,012 b	0,024 a
2,5	0,58 b	0,95 a	0,009 b	0,030 a
3	0,77 b	1,20 a	0,012 b	0,030 a
3,5	0,66 b	1,25 a	0,009 b	0,032 a

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo Teste t (P<0,01).

Com exceção da menor oferta de forragem, a sorvidade aumentou após o pastejo. Esse resultado deve-se, possivelmente, ao maior conteúdo de água no solo antes do pastejo (Tabela 5). A sorvidade está associada à fase inicial da infiltração (Borges et al., 1999) e é um parâmetro do solo que depende de vários fatores, entre eles a textura, estrutura e o conteúdo de água inicial do solo. De maneira geral, quanto menor a umidade inicial do solo, maior é a sorvidade. Além disso, nas avaliações após o pastejo, o pasto apresentava grande quantidade de gramíneas mortas, principalmente capim-corrente, gramínea mais abundante na área experimental, devido ao déficit hídrico. Isso pode ter favorecido a velocidade de infiltração de água no solo, por conta dos pequenos canais deixados no solo por ocasião da secagem e morte do sistema radicular das plantas. Nesse sentido, Bertoni e Lombardi Neto (2010) comentam que a morte das raízes das plantas promove o aumento da infiltração da água no solo, pois, no lugar das raízes, formam-se canalículos, caminhos preferenciais pelos quais a água escoar mais rapidamente.

Quando a condutividade hidráulica saturada e a sorvidade foram comparadas com as ofertas de forragem, houve diferença significativa (Figuras 10A e 10B).

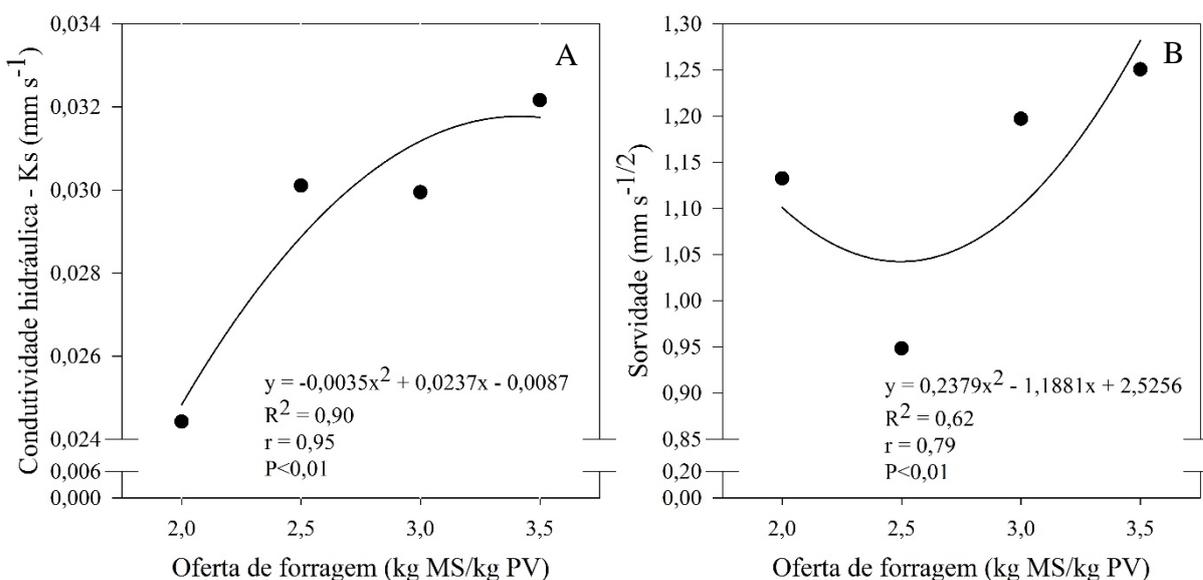


Figura 10. Condutividade hidráulica saturada (Ks) (A) e sorvidade (B) do solo em Caatinga manipulada manejada sob diferentes ofertas de forragem.

A condutividade hidráulica foi maior nas maiores ofertas de forragem, apresentando valores de $0,024 \pm 0,010$ e $0,032 \pm 0,018$ mm s⁻¹, enquanto a sorvidade variou de $1,13 \pm 0,46$ e $1,25 \pm 0,49$ mm s^{-1/2}, na menor e maior oferta, respectivamente. A utilização de maiores ofertas de forragem, provavelmente, causaram menores alterações físicas no solo, favorecendo a infiltração de água no solo nessas condições. Du Toit et al. (2009), avaliando o impacto de diferentes taxas de lotação de ovinos na infiltração de água no solo, em 1995 e 1996, em uma região árida da África do Sul, verificaram que, em ambos os anos, a velocidade de infiltração reduziu nas maiores taxas de lotação.

O aumento da permeabilidade à água na maior oferta de forragem também está relacionada à cobertura vegetal do solo, a qual, possivelmente, foi mantida por mais tempo nessa situação. As plantas e os resíduos vegetais sobre a superfície do solo podem manter a estrutura do mesmo, promover a infiltração de água e minimizar o escoamento superficial e a erosão e, portanto, taxas de infiltração de água no solo sob cobertura vegetal são, normalmente, mais elevadas do que as de uma superfície descoberta (Lili et al., 2008). Em adição, nas proximidades da superfície, a estrutura do solo é afetada pelas práticas de manejo, podendo ser mantida ou mesmo melhorada com o manejo adequado (Reichardt, 1987).

Houve correlação negativa ($P < 0,01$) da condutividade hidráulica e da sorvidade com a densidade do solo (Figura 11). Desse modo, a capacidade do solo em transmitir água reduziu à medida que a densidade do solo aumentou.

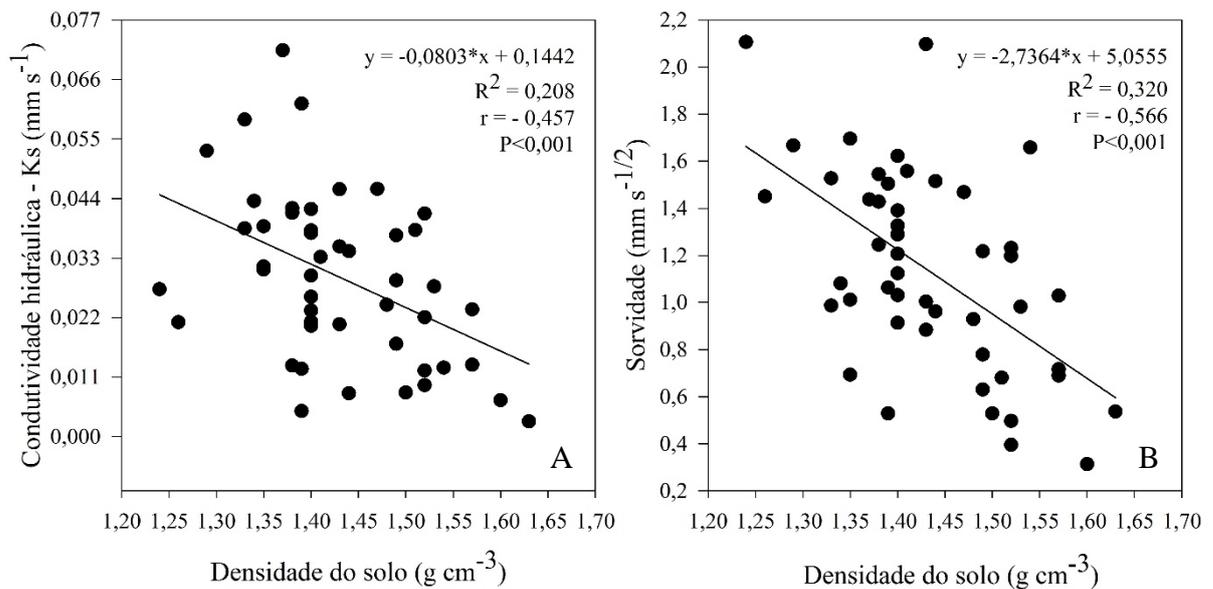


Figura 11. Relação entre a densidade do solo e a condutividade hidráulica (A) e a Sorvidade (B) do solo em Caatinga manipulada, utilizando dados obtidos em todas as ofertas de forragem estudadas.

A condutividade hidráulica é influenciada pela estrutura e textura do solo, sendo maior naquele com porosidade elevada, porém, a condutividade não depende somente da porosidade total, mas também e, sobretudo, dos tamanhos dos poros condutores (Hillel, 1998), e como aumentos na densidade estão ligados diretamente a reduções na porosidade do solo (Reichardt, 1987; Reichardt e Timm, 2012), a taxa de transferência de água reduziu com aumentos na densidade do mesmo. Outros autores também relatam que a densidade do solo afeta significativamente a taxa de infiltração de água nesse meio poroso (Chanasyk e Naeth, 1995; Stroosnijder, 1996; Snyman, 2005).

Assim como a condutividade hidráulica, a sorvidade também reduziu com o aumento na densidade do solo (Figura 11B). Correlação negativa da densidade do solo com a sorvidade também foi verificada por Shaver et al. (2013).

2.4 CONCLUSÕES

- I. Independente da oferta de forragem utilizada há compactação do solo, principalmente na camada superficial (0-10 cm), quando analisados os dados antes da entrada e após a retirada dos animais da área, entretanto, nessa camada, o aumento da oferta de forragem promove menores valores de resistência mecânica à penetração;
- II. A densidade do solo não é alterada após o pastejo, porém, maiores valores de densidade são obtidos nas menores ofertas de forragem;
- III. O aumento da oferta de forragem promove maior permeabilidade do solo à água e aumenta a capacidade de armazenamento de água no solo, reduzindo os riscos ou amenizando os efeitos do escoamento superficial durante as chuvas;
- IV. A condutividade hidráulica e a sorvidade reduzem com o aumento da densidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.24, p.857-865, 2000.
- ARRIAGA, F. J.; LOWERY, B. Soil physical properties and crop productivity of an eroded soil amended with cattle manure. **Soil Science**, v.168, n.12, p.888-899, 2003.
- BERTOL, I.; GOMES, K. E.; DENARDIN, R. B. N.; MACHADO, L. A. Z.; MARASCHING, E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.5, p.779-786, 1998.
- BERTOL, I.; MAFRA, A. L.; COGO, N. P. Conservação do solo em pastagens. In: Pedreira, C. G. S.; Moura, J. C.; Silva, S. C.; Faria, V. P. (Eds.). Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 23. – As pastagens e o meio ambiente. **Anais...** – Piracicaba, SP: FEALQ, 2006. p.139-163.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 7ª ed. – São Paulo: Ícone, 2010. 355p.
- BETTERIDGE, K.; MACKAY, A. D.; SHEPHERD, T. G.; BARKER, D. J.; BUDDING, P. J.; DEVANTIER, B. P.; COSTALL, D. A. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. **Australian Journal of Soil Research**, n.37, n.4, p.743-760, 1999.
- BORGES, E.; ANTONINO, A.C. D.; DALL'OLIO, A.; AUDRY, P.; CARNEIRO, C. J. G. Determinação da condutividade hidráulica e da sorvidade de um solo não-saturado utilizando-se permeâmetro a disco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p.2083-2089, 1999.
- BRAUD, I.; DE CONDAPPA, D.; SORIA UGLADE, J. M.; HAVERKAMP, R.; ANGULO-JARAMILLO, R.; GALLE, S.; VAUCLIN, M. Use of scaled forms of the infiltration equation for the estimation of unsaturated soil hydraulic properties (the Beerkan method). **European Journal of Soil Science**, v.56, p.361-374, 2005.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P. J.; CAMP, C.R.; SOJKA, R. E. Correction of cone index water content differences in a Coastal Plain soil. **Soil and Tillage Research**, v.43, p.205-217, 1997.
- CANARACHE, A. PENETR – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, v.16, p.51-70, 1990.
- CHANASYK, D. S., NAETH, M. A. Grazing impacts of bulk density and soil strength in the foothill fescue grasslands of Alberta Canada. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, p.551-557, 1995.
- CORRECHEL, V.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Influência da posição relativa à linha de cultivo sobre a densidade do solo em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.23, p.165-173, 1999.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea – Diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco. In: MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N.; MIRANDA, J. L. F. (Orgs). Recife: CPRM/PRODEEM. 2005. 12 p.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v.10, n.1-4, 2002.

DONKOR, N. T.; GEDIR, J. V.; HUDSON, R. J.; BORK, E. W.; CHANASYK, D. S.; NAETH, M. A. Impacts of grazing systems on soil compaction and pasture production in Alberta. **Canadian Journal of Soil Science**, v.82, p.1-8, 2002.

Du TOIT, G. van N.; SNYMAN, H. A.; MALAN, P. J. Physical impact of grazing by sheep on soil parameters in the Nama Karoo subshrub/grass rangeland of South Africa. **Journal of Arid Environments**, v.73, p.804-810, 2009.

ETTEMA, C. H.; WARDLE, D. A. Spatial soil ecology. **Trends in Ecology and Evolution**, v.17, n.4, p.177–183, 2002.

FAO. Livestock, Environment and Development (LEAD) Initiative. Livestock and Environment Toolbox. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Disponível em: < <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/pt/lead/toolbox/index.htm>>, acesso em 15 jan. 2014.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. Dal B.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.771-780, 2007.

FREIRE, L. R.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E.; LIMA, E.; SANTOS, G. A.; SOBRINHO, N. M. B. A.; EIRA, P. A. Fertilidade do solo. In: FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. (Eds.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. – Brasília, DF: Embrapa, Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p.69-86.

HAVERKAMP, R.; ROSS, P. J.; SMETTEM, K. R. J.; PARLANGE, J. Y. Three-dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer: 2. Physically based infiltration equation. **Water Resources Research**, v.30, n.11, p.2931- 2935, 1994.

HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.15, p.663-670, 1975.

HAZELL, D. B. Effect of grazing intensity on plant composition, vigor, and production. **Journal of Range Management**, v.20, p.249-252, 1967.

HIGA, R. C. V.; XAUD, H. A. M.; ACCIOLY, L. J. O.; LIMA, R. M. B.; VASCONCELOS, S. S.; RODRIGUES, V. G. S.; CARVALHO, C. J. R.; SOUZA, C. R.; LEONIDAS, F. C.; TONINI, H.; FERRAZ, J. B. S.; XAUD, M. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M.; COSTA, R. S. C. Estoque de biomassa em florestas plantadas, sistemas agroflorestais, florestas secundárias e Caatinga. In: LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. A.; URQUIAGA, S. (Eds.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. p.105-158.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic press, 1998. 771p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. – Rio de Janeiro, 2006. 777p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v.40, p.1-71, 2012.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Spatial heterogeneity of soil properties in areas under elephant-grass short-duration grazing system. **Plant and Soil**, v.219, p.161-168, 2000.

IPA – Instituto Agronômico de Pernambuco. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 3. ed. In: CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). – Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, 2008. 212p.

KUMAR, A.; CHEN, Y.; SADEK, A.; RAHMAN, S. Soil cone index in relation to soil texture, moisture content, and bulk density for no-tillage and conventional tillage. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v.14, n.1, p.26-37, 2012.

LASSABATÈRE, L.; ANGULO-JARAMILLO, R.; SORIA UGALDE, J. M.; CUENCA, R.; BRAUD, I.; HAVERKAMP, R. Beerkan estimation of soil transfer parameters through infiltration experiments - BEST. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.521-532, 2006.

LATIF, N.; KHAN, M. A.; ALI, T. Effects of soil compaction caused by tillage and seed covering techniques on soil physical properties and performance of wheat crop. **Soil and Environment**, v.2, p.185-192, 2008.

LEITE, E. R.; ARAÚJO FILHO, J. A.; PINTO, F. C. Pastoreio combinado de caprinos com ovinos em Caatinga rebaixada: desempenho da pastagem e dos animais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.30, n.8, p.1129-1134, 1995.

LILI, M.; BRALTS, V. F.; YINGHUA, P.; HAN, L.; TINGWU, L. Methods for measuring soil infiltration: state of the art. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v.1, n.1, p.22-30, 2008.

MANLEY, J. T.; SCHUMAN, G. E.; REEDER, J. D.; HART, R. H. Rangeland soil carbon and nitrogen responses to grazing. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.50, n.3, p.294–298, 1995.

MATERECHERA, S. A.; DEXTER, A. R.; ALSTON, A. M. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species. **Plant and Soil**, v.135, p.31-41, 1991.

MELO, R. O.; PAHECO, E. P.; MENEZES, J. C.; CANTALICE, J. R. B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um Neossolo sob vegetação de Caatinga. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.12-17, 2008.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M.; CARVALHO, P. C. F. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; SILVA, S. C.; FARIA, V. P. (Eds.). Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 23. – As pastagens e o meio ambiente. **Anais... – Piracicaba**, SP: FEALQ, 2006. p.37-86.

NIE, Z. N.; WARD, G. N.; MICHAEL, A. T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on south - Western Victoria. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.52, n.1, p.37-43, 2001.

OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.265–270, 2007.

PARENTE, H. N.; MAIA, M. O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. **Revista Trópica**, v.5, n.3, p.3-15, 2011.

PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M. Impacto do pastejo no ecossistema caatinga. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.13, n.2, p.115-120, 2010.

PARENTE, H. N.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P. Impacto decorrente do pastejo por caprinos sobre a liteira da Caatinga. In: Congresso Nordeste de Produção Animal, 5, 2008, Aracajú. **Anais... Aracajú**: SNPA, 2008.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo**: com problemas resolvidos. Curitiba: C. L. Prevedello, 1996. 446p.

PROFFITT, A. P. B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M. R. & EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red-Brown earth. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.44, p.317-331, 1993.

QUIROGA, A.; FERNÁNDEZ, R.; NOELLEMAYER, E. Grazing effect on soil properties in conventional and no-till systems. **Soil and Tillage Research**, v.105, p.164-170, 2009.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, 1987. 188p.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. 2 ed. Barueri, SP: Manole, 2012. 500p.

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

SAS Inst. Inc. **SAS statistical user's guide**. Release version 6. SAS Ins. Inc., Cary, NC. 1999.

- SCHÖNING, I.; TOTSCHKE, K. U.; KÖEGEL-KNABNER, I. Small scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested Luvisol. **Geoderma**, v.136, p.631–642, 2006.
- SHAVER, T. M.; PETERSON, G. A.; AHUJA, L. R.; WESTFALL, D. G. Soil sorptivity enhancement with crop residue accumulation in semiarid dryland no-till agroecosystems. **Geoderma**, v.192, p.254-258, 2013.
- SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil and Tillage Research**, v.70, p.83-90, 2003.
- SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.131–138, 2011.
- SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade *versus* resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.659-667, 2010.
- SMETTEM, K. R. J.; PARLANGE, J. Y.; ROSS, P. J.; HAVERKAMP, R. Three-dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer: 1. A capillary-based theory. **Water Resources Research**, v.30, n.11, p.2925-2929, 1994.
- SNYMAN, H. A. Rangeland degradation in a semi-arid South Africa (1): influence on seasonal root distribution, root/shoot ratios and water-use efficiency. **Journal of Arid Environments**, v.60, p.457–481, 2005.
- SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; ANGULO-JARAMILLO, R.; MACIEL NETTO, A. Caracterização hidrodinâmica de solos: Aplicação do método Beerkan. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.128–135, 2008.
- SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; GOUVEIA NETO, C. G.; SILVA, J. M.; SILVA, I. F. Efeito do encrostamento superficial nas propriedades hidráulicas de um solo cultivado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.69-74, 2007.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.28, p.533-542, 2004.
- STROOSNIJDER, L. Modelling the effect of grazing on infiltration, runoff and primary production in the Sahel. **Ecological Modelling**, v.92, p.79–88, 1996.
- STOLF, R. **Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR., 1984. 8p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n.2).
- STOLF, R. Penetrômetro de Impacto Stolf – programa de manipulação de dados em Excel-VBA. UFSCar, 2011. Disponível em <<http://www.cca.ufscar.br/drnpa/hprubismar.htm#2.1>>, acesso em 13 jan. 2014.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmula de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. An impact penetrometer model to determine the deep tillage in sugarcane areas. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 18, 1983a, La Habana. **Proceedings...** v.1, t.2, p.853-867.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983b. 9p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n.1).

SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste - Estado de Pernambuco**. Recife, 1990. 363p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. – 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDI, P. L. Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.

WEAICH, K.; CASS, A.; BRISTOW, K. L. Pre-emergent shoot growth of maize (*Zea mays*, L.) as a function of soil strength. **Soil and Tillage Research**, v.40, p.3-23, 1996.

WHALLEY, W. R., TO, J., KAY, B. D., WHITMORE, A. P. Prediction of the penetrometer resistance of soils with models with few parameters. **Geoderma**, v.137, p.370–377, 2007.

WHALLEY, W. R., WATTS, C. W., GREGORY, A. S., MOONEY, S. J., CLARK, L. J., WHITMORE, A. P. The effect of soil strength on yield of wheat. **Plant and Soil**, v.306, p.237–247, 2008.