



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS, CURSO DE MESTRADO

**BALANÇO DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMA BIOSALINO DE
PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA**

MARIANA FERREIRA SANTA CRUZ COIMBRA

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
NOVEMBRO, 2020

**BALANÇO DE NUTRIENTES EM ECOSSISTEMA BIOSALINO DE
PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA**

MARIANA FERREIRA SANTA CRUZ COIMBRA

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

ORIENTADOR: PROF. DR OSSIVAL LOLATO RIBEIRO

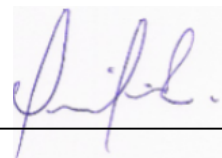
COORIENTADORA: PROFA. DR. DIANA SIGNOR DEON

COORIENTADOR: PROF. DR. JÚLIO CÉSAR AZEVEDO NÓBREGA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E
BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE
DE ECOSSISTEMAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO
DE MARIANA FERREIRA SANTA CRUZ COIMBRA**



Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB
(Orientador)



Profa. Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB



Dr. Welson Lima Simões
Embrapa Semiárido

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas em 13 de Novembro de 2020, conferindo o grau de mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas

FICHA CATALOGRÁFICA

C679b

Coimbra, Mariana Ferreira Santa Cruz
Balanço de nutrientes em ecossistema biosalino de
produção de palma forrageira / Mariana Ferreira Santa Cruz
Coimbra. Cruz das Almas, BA, 2020.
32p.; il.

Orientador: Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro
Co-Orientador: Prof^a. Dr^a. Diana Signor Deon
Co-Orientador: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais
e Biológicas, Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas

1. Palma Forrageira. 2. Salinidade do Solo. 3. Matéria
Orgânica I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 633.33

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Neubler Nilo Ribeiro da Cunha (*Bibliotecário - CRB5/1578*)
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico)

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de mestrado foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas (Universidade Federal do Recôncavo da Bahia), localizado em Cruz das Almas-BA, em parceria com a Embrapa Semiárido (Petrolina-PE) e parcialmente financiada pela bolsa Capes/CNPq. A proposta de trabalho foi vinculada diretamente ao Grupo de Estudos de Agricultura Biosalina do campo experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, financiado pelo CNPq e coordenado pelo professor Gherman Garcia Leal de Araújo. A todos estes meus mais profundos agradecimentos.

À professora Diana Signor Deon pelos seus ensinamentos, técnica, precisão, leveza, paciência, disponibilidade e confiança. Sem a sua orientação nada teria acontecido, e muita coisa ainda acontecerá.

Ao professor Ossival Lolato Ribeiro pela sua conduta com os seus alunos, preocupação e incentivo nas minhas escolhas profissionais e pessoais.

Ao professor Júlio César Azevedo Nóbrega por me orientar profissionalmente desde 2016, em que me mostra que o caminho que une ética, estudo e dedicação será sempre o melhor.

Ao professor pós doutorando da Embrapa Semiárido Fleming Sena Campos pelas colaborações, apoio integral e incentivos acadêmicos e profissionais.

Ao professor Gherman Garcia Leal de Araújo por confiar a mim a realização deste trabalho a respeito da Agricultura Biosalina.

Aos pesquisadores estagiários do Ensino Médio, graduandos e mestrandos do Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido: Karina, Túlio Andorinha, Danilo Souza, Judicael Novaes e Viviane Azevedo. Muito obrigada pela companhia, cafés e conversas que tornaram o dia a dia de trabalho ainda mais satisfatório.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

BALANÇO DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMA BIOSALINO DE PRODUÇÃO DE
PALMA FORRAGEIRA **8**

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Evapotranspiração de referência, precipitação e lâminas de água salina 12%, 20% e 28% (ET_o) de maio de 2016 a abril de 2017 no campo experimental da Embrapa Semiárido	18
Figura 02. Variação dos estoques de N no solo de acordo com diferentes doses de esterco aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira	19
Figura 03. Variação dos estoques de P no solo de acordo com diferentes doses de esterco aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira	20
Figura 04. Variação dos estoques de K no solo aos seis e doze meses de acordo com diferentes lâminas de água no estudo da palma forrageira	21
Figura 05. Variação dos estoques de Ca e Mg no solo aos seis meses de acordo com diferentes lâminas de água no estudo da palma forrageira	22
Figura 06. Variação no estoque de Ca no solo de acordo com diferentes doses de esterco e diferentes lâminas de água aos doze meses no estudo da palma forrageira	23
Figura 07. Variação no estoque de Mg no solo de acordo com diferentes doses de esterco e diferentes lâminas de água aos doze meses no estudo da palma forrageira	24
Figura 08. Variação dos estoques de Na de acordo com doses de esterco e lâminas de água aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira	24
Figura 09. Balanço de N de acordo com diferentes doses de esterco aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira	26

Figura 10. Balanço de P de acordo com diferentes doses de esterco e diferentes lâminas de água (A) e doze (B) meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE)	27
Figura 11. Balanço de Na de acordo com diferentes lâminas de água aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira	28
Figura 12. Balanço de K de acordo com diferentes doses de esterco e diferentes lâminas de água aos seis (A) e doze meses (B) no estudo da palma forrageira	29
Figura 13. Balanço de Ca de acordo com diferentes doses de esterco e diferentes lâminas de água aos seis (A) e doze meses (B) no estudo da palma forrageira	30
Figura 14. Balanço de Mg de acordo com diferentes doses de esterco e diferentes lâminas de água aos seis (A) e doze meses (B) no estudo da palma forrageira	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Características químicas do esterco caprino utilizado no estudo da palma forrageira sob diferentes lâminas de água em sistema de agricultura biosalina	13
Tabela 02. Composição mineralógica da palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana [(<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.) durante o período estudado	14
Tabela 03. Caracterização física do Argissolo Amarelo (0-0,30 m) utilizado no estudo da palma forrageira sob diferentes lâminas de água em sistema de agricultura biosalina ...	15
Tabela 04. Caracterização química do Argissolo Amarelo utilizado no estudo da palma forrageira sob diferentes lâminas de água em sistema de agricultura biosalina	15
Tabela 05. Caracterização química da água do poço artesiano utilizada na irrigação da palma forrageira na região de Petrolina/PE	16
Tabela 06. Caracterização química da água de chuva da região de Petrolina/PE	16
Tabela 07. Variação de estoques de elementos no solo durante o período estudado no cultivo da palma forrageira em comparação com o período inicial da área experimental da região de Petrolina/PE	18
Tabela 08. Balanço de nutrientes no período de estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE)	25

**BALANÇO DE NUTRIENTES EM ECOSSISTEMA BIOSALINO DE
PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA¹**

¹ Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi

BALANÇO DE NUTRIENTES EM ECOSISTEMA BIOSALINO DE PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA

Autor: Mariana Ferreira Santa Cruz Coimbra

Orientador: Ossival Lolato Ribeiro

Coorientadora: Diana Signor Deon

Coorientador: Júlio César Azevedo Nóbrega

RESUMO: Os estudos sobre o balanço de nutrientes no cultivo da palma forrageira permitem avaliar possíveis alterações na presença de sais no sistema e possibilitam inferir sobre a recuperação de áreas impróprias para o cultivo devido ao excesso de sal. O objetivo deste trabalho foi avaliar eventuais diferenças no balanço de nutrientes no cultivo do clone Orelha de Elefante Mexicana [(*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) na idade de seis meses e doze meses, em Argissolo Amarelo do Campo Experimental Caatinga, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE, submetida a doses de esterco caprino (0, 15, 30 e 45 Mg ha⁻¹) e água salina (0%, 12%, 20% e 28% da ET₀), no período de maio de 2016 a abril de 2017. A medição da entrada de nutrientes pelo esterco, água salina e água da chuva, e a saída dos nutrientes pela planta permitiram analisar a capacidade fitoextratora desta cultura quando submetida a estas condições no ambiente estudado. Os resultados indicam que o balanço de nutrientes no cultivo de palma forrageira na idade de seis e doze meses foi mais eficiente para o elemento P e K, respectivamente. Nos dois períodos o balanço dos elementos N, Na, Ca e Mg foi positivo, no entanto, se apresentou negativo para N em ausência de esterco e para Ca e Mg em ausência de lâmina de água. O manejo de nutrientes em sistema integrado com água salina e incorporação de material orgânico é adequado para o cultivo de palma forrageira no Semiárido.

Palavras-chave: salinidade, matéria orgânica, semiárido, irrigação, água rica em sal

NUTRIENT BALANCE IN BIOSALINE ECOSYSTEM FOR FORAGE PALM PRODUCTION

Author: Mariana Ferreira Santa Cruz Coimbra

Adviser: Ossival Lolato Ribeiro

Co-Adviser: Diana Signor Deon

Co-Adviser: Júlio César Azevedo Nóbrega

Abstract: Studies on the balance of nutrients in the cultivation of forage palm allow to evaluate possible changes in the presence of salts in the system and make it possible to infer about the recovery of areas unsuitable for cultivation due to excess salt. The objective of this work was to evaluate possible differences in the balance of nutrients in the cultivation of the clone Orelha de Elefante Mexicana [(*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.)]. At the age of six months and twelve months, in Yellow Argisol of Campo Experimental Caatinga, belonging to the Embrapa Semiárido, in Petrolina - PE, submitted to doses of goat manure (0, 15, 30 and 45 Mg ha⁻¹) and saline water (0%, 12%, 20% and 28% of ET₀), in May from 2016 to April 2017. The measurement of nutrient input by manure, saline water and rainwater, and the nutrient output by the plant allowed us to analyze the phytoextracting capacity of this crop when subjected to these conditions in the studied environment. the balance of nutrients in the cultivation of forage palm at the age of six and twelve months was more efficient for the element P and K, respectively. In the two periods the balance of the elements N, Na, Ca and Mg was positive, however, it was shown negative for N in the absence of manure and for Ca and Mg in the absence of irrigation with water blade. The management of nutrients in an integrated system with saline water and incorporation of organic material is suitable for the cultivation of forage palm in the Semiarid Region.

Key words: salinity, organic matter, semiarid, irrigation, salt rich water

INTRODUÇÃO

No Estado de Pernambuco a demanda por áreas próprias para o cultivo agrícola é alta, mas devido aos altos índices de salinidade e sodicidade dos seus solos, ocasionados pela constituição geológica local, estas são escassas (AQUINO et al., 2016). Os aquíferos dessas regiões apresentam altos teores de sódio e, por isso, métodos que promovam o equilíbrio desse elemento no solo tem sido amplamente procurados (PEDROTTI et al., 2015). Estudos tem mostrado que a agricultura biosalina se apresenta como uma alternativa sustentável e econômica na região semiárida do nordeste brasileiro (CROON, 2013), que necessita dos seus aquíferos para irrigação dos seus plantios.

Em um sistema que apresenta teores elevados de sódio, conhecer a quantidade de elementos presentes e os exportados no sistema durante o plantio é de grande importância na definição do balanço dos nutrientes (ELSER et al., 2010).

A palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana [(*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.], por possuir o metabolismo ácido das Crassuláceas, apresenta alta eficiência no uso da água (TAIZ & ZEIGER, 2017), e é considerada alternativa para o semiárido por produzir até 60 vezes mais forragem do que pastagens nativas do Nordeste brasileiro (DUBEUX JR. et al., 2015), além de ser uma planta adaptada a esse clima sem apresentar necessidade de ser armazenada em forma de silagem ou feno (FERRAZ JUNIOR, 2018).

As quantidades de nutrientes que entram e saem do sistema durante o cultivo da cultura definem o balanço de nutrientes e a capacidade da planta de fitoextrair estes sais e sódio do solo, tornando-o mais propício para o cultivo agrícola de espécies menos adaptadas a estas condições. A presença da matéria orgânica é fundamental para incorporar nutrientes ao sistema mas, principalmente, para auxiliar na permanência da umidade do solo e, conseqüentemente, melhorar a condição de desenvolvimento da

cultura. Diante dessa situação, a palma forrageira poderia simultaneamente suprir a demanda alimentar do rebanho e ser uma opção sustentável de extração de sais do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar eventuais diferenças no balanço de nutrientes de uma espécie de palma forrageira, em duas idades distintas, em um Argissolo Amarelo, submetida a doses de esterco, lâminas de água salina e água da chuva na região do Semiárido Pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campo Experimental Caatinga, na Embrapa Semiárido, em Petrolina - PE, na região do Submédio São Francisco (latitude 9° 8' 8,9" S, longitude 40° 18' 33,6" O, altitude 373 m). O clima da região é classificado, segundo Köppen, semiárido do tipo BSw^h, com precipitação média anual de 400 mm concentrada no período de novembro a abril; a temperatura média durante o período de estudo foi de 22,45 °C. Antes do plantio da palma, a área permaneceu em pousio por cinco anos. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico abruptico plântico (SANTOS et al, 2018), está situado em relevo plano e apresenta textura média. Durante o período experimental (maio de 2016 a abril de 2017), a evapotranspiração de referência (ET₀) foi 2237 mm (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2017).

O esquema experimental adotado foi em parcelas sub-sub-divididas no espaço e no tempo, no delineamento em blocos casualizados, onde a parcela principal foi composta por quatro lâminas de irrigação (0%, 12%; 20% e 28% ET₀), que correspondem a 117,4; 357,4; 507,4 e 687,4 mm, respectivamente. As sub-parcelas foram compostas por quatro doses de matéria orgânica (esterco caprino curtido na Embrapa Semiárido) (0, 15, 30, e 45 Mg ha⁻¹), e nas sub-sub-parcelas considerou-se os períodos de corte: seis e doze meses após o plantio. Durante o período experimental houve precipitação total de 33,2 mm nos

seis primeiros meses do período estudado e 84,2 mm nos doze primeiros meses estudados para todos os tratamentos.

A análise química do esterco caprino foi realizada na Embrapa Semiárido (2016) e apresentou os seguintes resultados: CE = 1,06 dS cm⁻¹; pH = 6,1; C = 120 g Kg⁻¹; N e P = 14,38 e 2,97 g dm⁻³; K⁺, Na⁺, Ca⁺² e Mg⁺² = 0,34, 0,24, 1,5 e 0,6 cmolc dm⁻³, respectivamente.

A área total do experimento foi de 1.024 m² (64 x 16 m), sendo cada bloco com 512 m², cada parcela com 128 m² referente à ET_o, e cada sub-parcela com 32 m² referente ao esterco. A área útil de cada sub-parcela foi de 15,36 m² contendo cinco fileiras com 10 plantas (50 plantas), sob espaçamento de 1,6 x 0,4 m, sendo que as 26 plantas que eram referentes às bordaduras foram excluídas, permanecendo apenas 24 plantas por sub-parcela, das quais 12 foram utilizadas para o período de corte de seis meses e as demais para o período de doze meses (sub-sub-parcela). A cultura foi implantada em abril de 2015 e conduzida em sistema de irrigação com uma lâmina d'água de 507,4 mm até o estabelecimento da cultura. A área foi submetida a um corte de uniformização em março de 2016. A evapotranspiração de referência foi calculada conforme Allen et al. (1998). Em maio de 2016 iniciou-se a aplicação dos tratamentos (doses de esterco e lâminas de irrigação).

Em novembro de 2016 e em abril de 2017 três cladódios primários representativos de cada sub-parcela foram amostrados e pesados, fragmentados, colocados em bandejas e conduzidos a uma estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C por oito dias. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho de faca tipo *Willey* com peneiras dotadas de crivos de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos devidamente identificados. Em seguida foram levadas para o Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da Embrapa Semiárido para a determinação da composição mineralógica da palma

aos seis e doze meses após o plantio (Tabela 2). Foi feita a coleta e pesagem de toda a planta para avaliação do total de nutrientes extraídos.

Tabela 1 – Estado nutricional da palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana [(*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) aos seis e doze meses durante o plantio após o corte de uniformização da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petroлина/PE).

Tratamentos	6 meses (kg ha ⁻¹)						12 meses (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg
L0M0	0,02	0,47	12,58	0,05	5,80	11,47	0,09	0,23	10,08	0,06	7,23	10,79
L12M0	0,56	2,12	71,72	0,36	39,23	66,04	0,68	1,01	79,78	0,35	39,99	44,81
L20M0	0,40	2,40	87,70	0,42	40,95	50,95	0,42	0,62	83,55	0,30	53,78	43,94
L28M0	0,17	1,65	70,87	0,24	29,81	37,71	0,26	0,29	33,45	2,95	32,04	31,44
L0M15	0,49	2,75	65,29	0,04	43,27	74,50	3,24	2,92	153,53	1,48	100,09	133,73
L12M15	0,39	2,82	73,59	0,31	42,04	35,59	1,85	0,99	77,91	3,78	75,92	81,19
L20M15	0,09	3,55	80,99	0,38	41,42	54,66	4,30	2,82	121,01	14,49	173,22	156,04
L28M15	0,50	6,64	229,82	0,66	89,33	105,15	4,09	2,30	249,49	3,55	125,69	149,06
L0M30	0,73	3,30	91,48	0,32	43,31	63,61	1,22	1,00	85,79	0,38	43,33	50,43
L12M30	1,93	5,57	154,02	0,78	75,64	82,51	27,16	5,59	340,01	3,59	296,18	266,01
L20M30	1,23	5,90	96,54	0,55	74,90	87,78	19,12	14,12	779,64	18,91	814,35	767,03
L28M30	1,62	8,93	189,33	0,71	96,02	98,34	25,72	9,61	360,48	8,38	464,64	374,30
L0M45	0,95	5,22	167,89	0,63	69,71	121,41	1,00	1,65	83,08	0,39	41,39	47,99
L12M45	1,76	5,05	78,13	0,45	50,32	52,41	7,82	6,44	398,81	4,66	340,40	284,53
L20M45	0,34	3,83	149,87	0,41	51,97	72,24	6,67	5,87	356,53	12,75	302,36	310,15
L28M45	1,57	14,50	284,79	0,85	111,88	145,48	18,14	11,69	697,40	3,89	664,63	457,18

L = lâmina; M = matéria orgânica; L0 = 0 mm; L12 = 130; L20 = 370; L28 = 520 mm; M0 = 0 Mg ha⁻¹, M15 = 15 Mg ha⁻¹; M30 = 30 Mg ha⁻¹; M45 = 45 Mg ha⁻¹.

O solo foi caracterizado física e quimicamente em uma amostra simples coletada na profundidade de 0–3 m. As análises físicas das amostras de solo (Tabela 2) foram realizadas no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido, Petroлина/PE, de acordo com metodologia descrita no Manual de Análises Físicas e Químicas da Embrapa (2013).

Tabela 2 - Caracterização física do Argissolo Amarelo (0-0,30 m) da área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE) utilizada no estudo da palma forrageira.

Profundidade	Densidade (kg dm ⁻³)		Porosidade (g kg ⁻¹)	Granulometria (g kg ⁻¹)		
	Solo	Partículas		Areia	Silte	Argila
0-0,10 m	1,47	2,58	4,32	834	105	061
0,10-1,20 m	1,41	2,58	4,52	806	135	058
0,20-0,30 m	1,44	2,58	4,40	716	115	169

A caracterização química do solo (Tabela 3) foi realizada no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido, Petrolina/PE, conforme o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2009). Para a determinação dos teores de C e N foi utilizado o padrão internacional, pelo método de combustão seca (Swift, 1996).

Tabela 3 - Caracterização química do Argissolo Amarelo da área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE) utilizada no estudo da palma forrageira.

Profundidade	pH	C.E	C	N	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	CTC	V
		(mS cm ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg dm ⁻³)									(%)
0-0,10 m	6,1	1,06	5,2	0,43	2,97	0,34	0,24	1,5	0,60	0,00	2,1	2,7	4,8	56,3
0,10-0,20 m	6,0	0,30	4,9	0,43	2,50	0,30	0,21	1,2	0,70	0,00	2,7	2,4	5,1	47,0
0,20-0,30 m	5,5	0,24	3,7	0,38	0,61	0,18	0,03	1,6	0,60	0,00	3,0	2,4	5,5	44,2

Condutividade elétrica (CE), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), soma de bases (SB) capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação de bases (V)

Os dados meteorológicos foram captados por uma estação automática pertencente à Embrapa Semiárido, localizada a menos de 500 m do campo experimental onde os ensaios foram realizados. Registros das médias dos valores de evapotranspiração e precipitação diários foram coletados de maio de 2016 até a última coleta, em abril de 2017.

A água de irrigação utilizada no experimento é oriunda de dois poços tubulares com vazão aproximada de 1500 L h⁻¹, e foi classificada em 2016 (Tabela 5) no Laboratório Agroambiental – Análises de água, na Embrapa Semiárido, Petrolina/PE, entre C4S1 (C4 = salinidade muito alta/ S1 = sódio baixo) e C4S2 (C4 = alta salinidade/

S2 = sódio médio), que representam as respectivas classificações, de acordo com Richards (1954).

As irrigações com lâminas de água salina foram realizadas por meio de um sistema de irrigação por gotejamento com coeficiente de uniformização de 93%, vazão de 0,9 L h⁻¹, três vezes na semana, proveniente de um reservatório de 30000 litros de água salina, exclusivo para o experimento.

Tabela 4 - Caracterização química de água do poço artesiano utilizada na irrigação durante o estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrobrás/PE).

Coleta	Classificação	RAS	CE	pH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	K	Na	Ca	Mg
		-----	dS m	-----	-----	-----	-----	mmol L ⁻¹	-----	-----	-----
Mar/16	C4S1	2,47	3,58	7,17	4,88	2,46	14,50	0,83	10,80	4,68	10,56
Mai/16	C4S2	3,64	5,05	6,70	5,64	2,35	54,75	0,64	27,00	12,60	31,34
Jul/16	C4S1	2,47	3,15	7,27	3,58	2,79	32,00	0,41	14,20	15,40	11,08
Set/16	C4S1	1,43	5,97	7,92	4,25	4,26	87,50	0,63	16,10	20,24	80,92
Jan/17	C3S1	1,16	1,82	7,20	3,37	1,78	19,30	0,55	8,75	22,50	23,10

C3 (Salinidade alta), C4 (Salinidade muito alta), S1 (Sódio Baixo), S2 (Sódio médio), Relação de adsorção de sódios (RAS), condutividade elétrica (CE), bicarbonatos (HCO₃⁻), Sulfato (SO₄²⁻), Cloreto (Cl⁻) potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg).

A salinidade da água da chuva, refletida pelos valores dos sólidos dissolvidos totais (SDT), está abaixo do limite máximo permitido (1.000 mg L⁻¹) para consumo humano, cujo valor máximo obtido foi igual a STD = 230,40 mg L⁻¹. Os valores de pH variaram de neutro a alcalino, obtendo-se um valor médio de pH = 7,67, sendo considerada água doce (0 a 500 mg L⁻¹), de acordo com a Agência Nacional das Águas (2018).

A caracterização química da água da chuva apresentou os seguintes valores, de acordo com Brito et. al (2005): Classificação = C2 (Salinidade média), S1 (Sódio baixo); pH = 7,67; SDT (Sólidos dissolvidos totais) = 203,95; bicarbonatos HCO₃⁻ = 3,03, Sulfato (SO₄²⁻) = 0,10; Cloreto (Cl⁻) = 0,47; potássio (K) = 0,62; sódio (Na) = 0,32; cálcio (Ca) = 2,19; e magnésio (Mg) = 0,71, em mmol L⁻¹.

Foram calculados os estoques de P disponível, K⁺, Na⁺, Ca⁺² e Mg⁺² trocáveis nas camadas 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m do solo, considerando a condição antes da implantação do experimento, aos seis e aos doze meses. Os estoques na camada 0-0,30 m

foram obtidos pela soma dos estoques nas três camadas consideradas. Para cada elemento, a variação nos estoques aos seis e aos doze meses foi obtida, respectivamente, pela diferença entre o estoque aos seis meses e no início do experimento e entre o estoque aos doze meses e aquele obtido no início do experimento.

O balanço de nutrientes foi calculado por: $\text{Balanço (Mg ha}^{-1}\text{)} = [\text{Entrada de nutriente via esterco (Mg ha}^{-1}\text{)} + \text{Entrada de nutriente via água de irrigação (Mg ha}^{-1}\text{)} + \text{Entrada de nutriente via água de chuva (Mg ha}^{-1}\text{)}] - \text{Saída de nutriente via colheita da palma forrageira (Mg ha}^{-1}\text{)}.$

Para nitrogênio, considerou-se como entrada apenas o esterco, já que não foram analisados teores desse elemento na água.

Para os demais nutrientes (P , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} e Na^+) considerou-se a equação acima.

Os elementos inseridos ao sistema pelo esterco foram C , N , P , K^+ , Na^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} , pela água da chuva e água de irrigação Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ , e pela planta foram extraídos N , P , K^+ , Na^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em julho de 2016 foi observado a menor temperatura ($24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), e em janeiro de 2017 a máxima ($29,16^{\circ}\text{C}$) no período estudado (Figura 1). A precipitação entre junho e setembro de 2016 ($1,20\text{ mm}$), e em janeiro ($0,40\text{ mm}$) e abril ($0,00\text{ mm}$) de 2017 foram as menores no período total. Já os meses outubro de 2016 (26 mm) e fevereiro de 2017 ($38,40\text{ mm}$) apresentaram os maiores valores pluviométricos, o que acarretou em menor demanda por irrigação neste período e, conseqüentemente, em menor entrada de sais no sistema por água da chuva. Essas condições promoveram maior demanda por água de

irrigação aos seis meses, o que acarretou em maior entrada de sais no sistema por esta fonte.

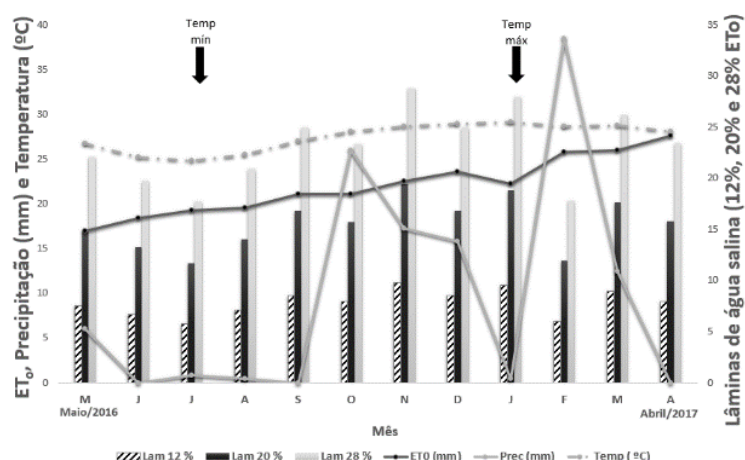


Figura 1 – Evapotranspiração de referência, precipitação (mm), temperatura °C e lâminas de água [12%, 20% e 28% (ET_0)] de maio de 2016 a abril de 2017 no período de estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrópolis/PE).

Na tabela 5 é apresentado a variação de estoque dos elementos no solo aos seis e doze meses no período estudado.

Tabela 5 – Variação de estoques de elementos no solo utilizado aos seis e doze meses durante o período avaliado em comparação com o período inicial do estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrópolis/PE).

6 meses			
N	$y = -462,44 + 238,48 * MO - 6,27 * MO * MO$	0,9726	0,0348
P	Não significativo	-	-
K	$y = -51,3989 - 0,082 * MO * MO + 0,0316 * MO * L$	0,075	0,0486
Na	Não significativo	-	-
Ca	Não significativo	-	-
Mg	Não significativo	-	-
12 meses			
N	$y = 3252,38 + 858,052 * MO - 13,25 * MO^2$	0,9071	0,0028
P	$y = -7,094 + 1,347 * MO$	0,9309	<0,0001
K	Não significativo	-	-
Na	Não significativo	-	-
Ca	Não significativo	-	-
Mg	$y = -96,51 + 50,006 * MO - 0,9481 * MO^2$	0,7923	0,0161

Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), efeito não significativo (ns), matéria orgânica (MO), lâmina de água salina (L).

Não houve efeito significativo de esterco sobre os estoques dos elementos P, Na⁺, Ca⁺² e Mg⁺² no solo aos seis meses após o plantio de palma. Aos doze meses não houve interação significativa apenas para o elemento Na⁺.

Doses crescentes de esterco proporcionaram um aumento quadrático no teor de N no solo (Figura 2-a) nos dois períodos estudados. A disponibilidade do nutriente no solo aos doze meses se apresentou muito maior quando comparado aos seis meses, como pode ser visto nos três maiores teores de estoque do elemento no topo da curva ajustada, e isso pode ser explicado pelo índice pluviométrico (Figura 1), que foi maior neste período, o que acarreta em maior oferta de água da chuva no sistema, aumento da entrada do elemento no solo via fixação atmosférica (SIQUEIRA e MOREIRA, 2006), e menor entrada de sais no sistema pela água dos poços locais via irrigação, o que gera um ambiente química e fisicamente mais favorável para o desenvolvimento dos microrganismos decompositores presentes no solo, responsáveis pela da mineralização desse elemento e posterior disponibilização para a planta.

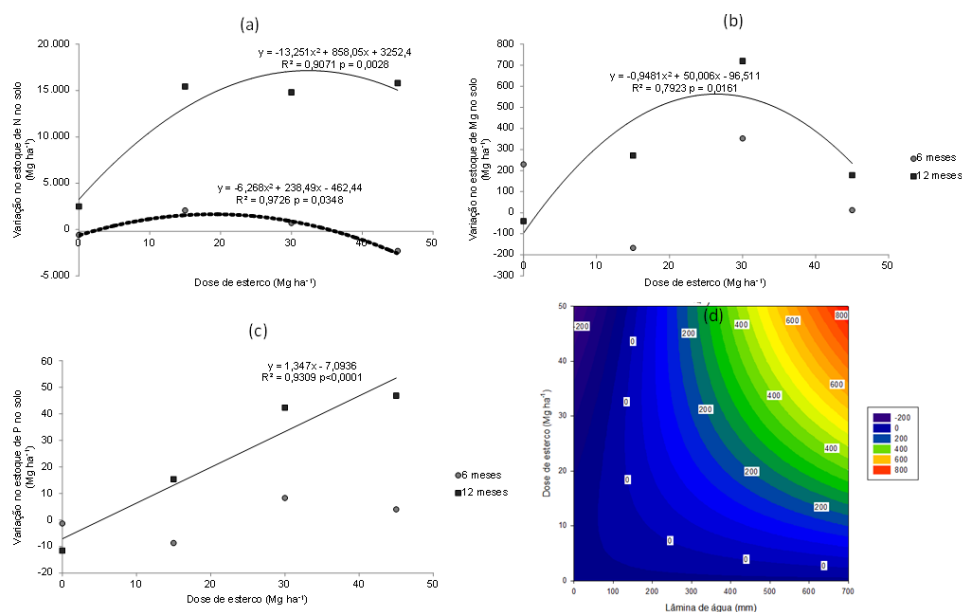


Figura 2. Variação dos estoques de N (a), Mg⁺² (b), P (c) e K⁺ (d) no solo de acordo com doses de esterco aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE).

Não houve efeito das doses de esterco na disponibilização do P no solo (Figura 2-c) aos seis meses. Já aos doze meses houve um crescimento linear, sendo que para cada tonelada de esterco inserida no solo houve um aumento de 1,347 Mg do nutriente neste período, possivelmente devido à baixa mobilidade do elemento tanto no solo quanto na planta, o que promove a sua disponibilização ao longo do tempo.

A liberação do P no esterco caprino, assim como o N, é um processo que depende da decomposição para ser liberado. A decomposição foi maior no segundo período estudado, afetando a liberação desse nutriente no solo no primeiro período. O principal fator que pode explicar a baixa decomposição dos esterços dos ruminantes é a baixa umidade no solo (SOUTO et al, 2005).

As lâminas de água não apresentaram efeito para estoque de P no solo, já que o elemento não foi disponibilizado por esta fonte (Tabela 5).

O estoque de K^+ no solo apresentou efeito apenas para as lâminas de água, sendo quadrático decrescente de acordo com o aumento da lâmina nos dois períodos avaliados (Figura 2-d). Aos doze meses o efeito se apresentou superior em relação aos seis meses, embora tenha sido uma diferença pouco pronunciada, com máximo valor na lâmina de 117,4 mm. A redução do K^+ está relacionada à sua forma em cátion livre ou por ser facilmente adsorvido, não fazendo ligação com alguma molécula orgânica, torando-se facilmente trocável no solo. Conforme a oferta de água de irrigação aumentou, possivelmente mais o elemento foi lavado do solo, devido à sua alta mobilidade acentuada no solo estudado, que é um Argissolo e apresenta constituição arenosa (Tabela 3) na camada estudada (0-0,30 m).

As doses de esterco não apresentaram efeito no teor de estoque do K^+ no solo nos dois períodos estudados. Além de se apresentar em quantidade muito pequena no esterco caprino utilizado, este elemento apresenta alta mobilidade no solo, o que acarreta na sua

solubilização em presença de água, principalmente na camada de solo analisada (0,30 m – 0,40 m).

O estoque de Mg^{+2} no solo aos doze meses (Figura 2-b) apresentou efeito quadrático para doses de esterco e efeito linear decrescente para lâmina de água. A maior oferta de lâmina de água promoveu maior crescimento da planta e, conseqüentemente, maior demanda pelo elemento estocado no solo, diminuindo, portanto, o teor do elemento no solo. Conforme houve maior oferta de esterco, o valor do estoque do elemento no solo foi crescente, passando a ter comportamento decrescente a partir da terceira dose de esterco (30 Mg ha^{-1}). O esterco melhora as condições físicas do solo e, em presença de água, a mineralização dos nutrientes nele presentes aumentam ao longo do tempo, o que acarreta maior desenvolvimento da planta e maior demanda do elemento.

O estoque de Ca^{+2} no solo foi influenciado pela interação entre doses de esterco e lâminas de água aos doze meses (Figura 3). Quando não houve oferta de esterco nem de lâmina de água, houve estoque do elemento ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na camada estudada do solo (0-0,30 m), que foi decrescendo à medida em que houve oferta de esterco no sistema, o que acarretou em melhor desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, maior demanda no nutriente. O que potencializa a disponibilidade dos nutrientes presentes no esterco é a presença de água e o tempo, que permitem a mineralização do elemento no solo, o que explica a falta desta interação aos seis meses.

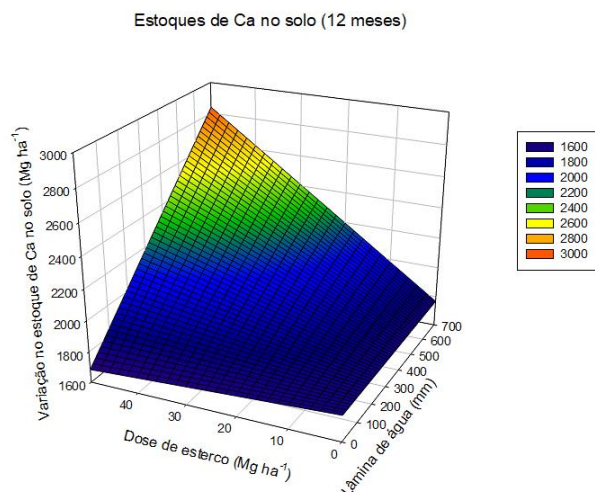


Figura 3. Variação no estoque de Ca^{+2} no solo de acordo com doses de esterco e lâminas de água aos doze meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE).

Para estoques de Na^{+} no solo não houve efeitos significativo de lâmina de água e esterco aos seis e doze meses no período estudado (Figura 8). Embora os gráficos apresentem uma tendência crescente, isso possivelmente pode ser explicado por dados laboratoriais muito variáveis, proveniente de problemas técnicos.

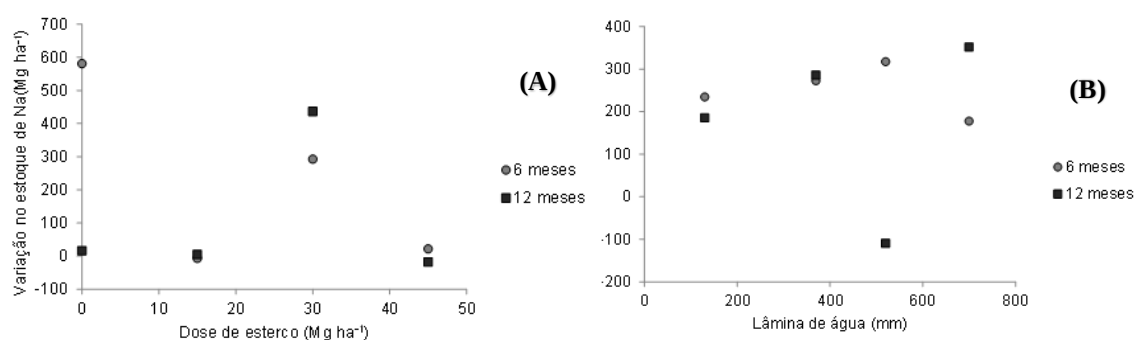


Figura 4. Variação dos estoques de Na^{+} de acordo com doses de esterco (A) e lâminas de água (B) aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE).

O balanço dos nutrientes P, K⁺, Ca⁺² e Mg⁺² nos dois períodos estudados apresentou efeito interativo entre o fornecimento de esterco caprino e lâmina de água. Já para o N houve efeito apenas em presença de esterco e para o Na⁺ apenas para lâmina de água, ambos aos seis e doze meses, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Balanço de nutrientes aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE).

Nutriente	Equação	R ²	p
6 meses			
N	$y = -0,26 + 10,76 * MO$	0,99	<0,0001
P	$y = -1,48 - 0,00167 * MO * L$	0,69	<0,0001
K	$y = -45,40 - 0,0032 * MO * L$	0,44	<0,0001
Na	$y = -136,046 + 4,098 * L + 0,0349 * MO - 0,0000827$	0,99	<0,0001
Ca	$y = -253,07 + 6,689 * L + 0,023 * MO^2 - 0,017 * MO * L$	0,99	<0,0001
Mg	$y = -372,71 + 10,08 * L - 0,014 * L * MO$	0,99	<0,0001
12 meses			
N	$y = -2,75 + 10,54 * MO$	0,99	<0,0001
P	$y = -1,24 + 0,00148 * MO^2 - 0,00072 * MO * L$	0,54	<0,0001
K	$y = 195,59 - 2,466 * L + 0,0046 * L^2 - 0,0246 * L * MO$	0,45	<0,0001
Na	$y = -385,99 + 3,267 * L + 0,00024 * L * L - 0,3959 * MO + 0,0087 * MO^2$	0,99	<0,0001
Ca	$y = -698,16 + 5,16 * L + 0,00499 * L^2 - 0,040 * L * MO + 0,107 * MO^2$	0,96	<0,0001
Mg	$y = -578,45 + 4,50 * L - 8,74 * MO + 0,00513 * L^2 - 0,02241 * L * MO + 0,2163 * MO^2$	0,97	<0,0001

Os máximos valores de extração de K⁺ do sistema, quando houve interação entre doses de esterco e lâminas de água foram 250,48 kg ha⁻¹ aos seis meses (Figura 12A) e 633,70 kg ha⁻¹ aos doze meses (Figura 12B), ambos obtidos na máxima dose de esterco (45 Mg ha⁻¹) e máxima lâmina de água (687,4 mm).

O balanço de N no sistema apresentou efeito significativo linear crescente tanto aos seis quanto aos doze meses em presença de esterco (Figura 9), sendo os máximos valores correspondentes a 484,21 kg ha⁻¹ e 476,97 kg ha⁻¹, respectivamente. A dose de 45 Mg ha⁻¹ de esterco caprino foi responsável pelo máximo valor de balanço de nitrogênio do sistema nos dois períodos, embora aos doze meses a extração do elemento pela planta tenha sido maior (33,63 kg ha⁻¹) quando comparado aos seis meses (4,62 kg ha⁻¹) (Tabela

2). Possivelmente isso ocorreu devido à maior oferta de água de chuva neste período (Figura 1), o que acarreta maior incorporação do elemento no solo (SIQUEIRA e MOREIRA, 2006) e, conseqüentemente, maior absorção deste pela palma forrageira, visto a mobilidade do elemento tanto no solo quanto na planta. Embora tenha ocorrido extração do elemento pela planta no sistema, houve maior fornecimento do que extração, acarretando em um balanço positivo de N, ou seja, o fornecimento do elemento foi além da demanda da planta.

Em ausência de esterco o balanço do N se apresentou negativo ou próximo de zero, com valores médios iguais a $-0,29 \text{ kg ha}^{-1}$ e $0,36 \text{ kg ha}^{-1}$ nos períodos de seis e doze meses de corte da planta, respectivamente. Nesse caso, a demanda de N da planta está sendo suprida pela mineralização da matéria orgânica do solo, o que, em médio e longo prazo, resultará em empobrecimento do solo devido à falta de reposição desse nutriente.

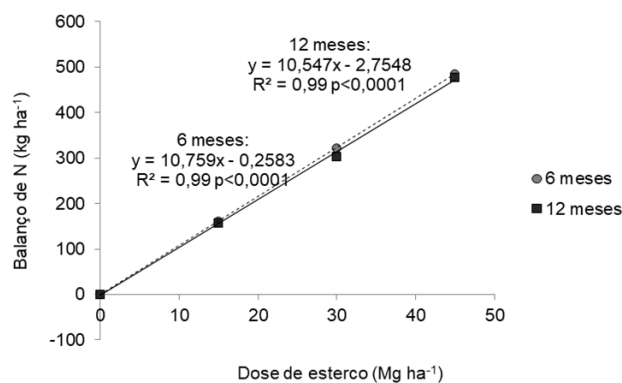


Figura 5. Balanço de N de acordo com doses de esterco no plantio de palma forrageira aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE).

O balanço do P no sistema apresentou efeito quadrático para doses de esterco e linear para lâminas de água nos dois períodos estudados (Figura 10), sendo que as médias dos máximos valores nos dois períodos foram $(-7,87 \text{ kg ha}^{-1})$ e $(-5,91 \text{ kg ha}^{-1})$, respectivamente.

Aos seis meses a extração do P pela planta no sistema se apresentou superior ($14,50 \text{ kg ha}^{-1}$) quando comparado aos doze meses ($11,69 \text{ kg ha}^{-1}$), possivelmente devido à menor oferta de água da chuva neste período (33,2 mm), que apresentou pluviosidade inferior em relação ao segundo período estudado (84,2 mm) (Figura 1). Isso se refletiu no balanço de nutrientes, indicando maior extração do elemento do sistema aos seis meses. Embora a água da chuva não tenha sido fonte deste elemento, a sua maior disponibilidade no sistema durante o segundo período gerou uma condição melhor para o desenvolvimento da microbiota no solo e, conseqüentemente, maior crescimento da planta, o que leva a uma maior demanda desta por P.

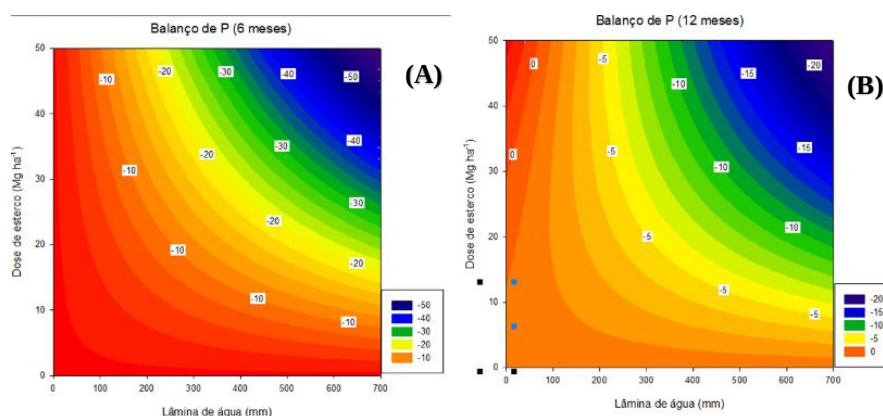


Figura 6. Balanço de P de acordo com doses de esterco e lâminas de água no plantio de palma forrageira aos seis (A) e doze (B) meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrópolis/PE).

Para o balanço de Na^+ (Figura 7) no sistema houve efeito linear crescente de lâmina de água tanto aos seis meses quanto aos doze meses, com valor máximo para a maior oferta de água (687,4 mm), sendo estes valores iguais a $527,68 \text{ kg ha}^{-1}$ e $951,23 \text{ kg ha}^{-1}$ nos dois períodos, respectivamente. Embora a planta esteja se desenvolvendo, o Na^+ não está sendo extraído do sistema, mas sim estocado no solo, o que pode acarretar em problemas futuros. Por isso, é necessário que haja acompanhamento desse elemento no solo, a fim de se evitar problemas por sodicidade. Alternativas que poderiam ser adotadas

para mitigar esse acúmulo seriam práticas de manejo para reduzir a evaporação do solo (cobertura morta, por exemplo), aumento da lâmina de irrigação para propiciar lixiviação, cultivo consorciado ou em rotação com espécies que exportem maior quantidade de Na que a palma forrageira. O esterco é fonte pequena de Na e, por isso, possivelmente o seu efeito não foi significativo no balanço do elemento.

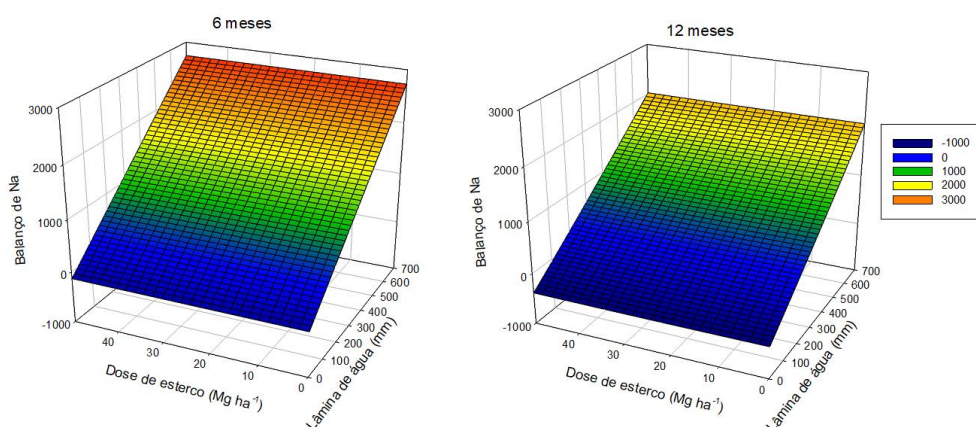


Figura 7. Balanço de Na^+ de acordo com lâminas de água no plantio de palma forrageira aos seis e doze meses no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE).

O balanço do K^+ apresentou efeito significativo quadrático para as doses de esterco e linear para as lâminas de água nos dois períodos (Figura 8), sendo que a extração do elemento do sistema em presença das duas variáveis foi a maior no segundo período ($-633,70 \text{ kg ha}^{-1}$), quando comparada ao primeiro ($-250,48 \text{ kg ha}^{-1}$).

Quanto maior foi a oferta de lâmina de água e de doses de esterco, maior foi o crescimento da planta nos períodos estudados, o que gerou maior demanda pelo elemento e, conseqüentemente maior foi a extração do K^+ pela planta aos seis ($284,79 \text{ kg ha}^{-1}$) e doze meses ($697,40 \text{ kg ha}^{-1}$).

No primeiro período estudado houve maior acúmulo do K^+ no sistema através da água de irrigação, que apresentou maiores teores ($1,68 \text{ mmol L}^{-1}$) quando comparado ao

segundo período (0,55 mmol L⁻¹). A pluviosidade no segundo período (84,20 mm) foi maior do que no primeiro (33,20 mm), o que explica a maior presença de nutrientes na água de poço no primeiro período, possivelmente devido à baixa diluição destes em presença de menor volume da água armazenada. A oferta de K⁺ pela água da chuva foi igual para os dois períodos estudados (0,62 mmol L⁻¹) (Tabela 6), mas a maior pluviosidade no segundo período promoveu menor entrada do nutriente através da água de poço (0,55 mmol L⁻¹) (Tabela 5) no sistema. Maior oferta de lâmina de água que continha menores teores do elemento acarretou em maior desenvolvimento da planta com grande demanda pelo elemento, o que acarretou em um balanço negativo de K.

Apesar disso, nos dois períodos houve remoção do K⁺ do sistema mesmo quando não havia entrada do elemento nem pela lâmina de água salina e nem pelo esterco, e isso pode ser explicado pela alta mobilidade do elemento do solo, que se caracteriza por ser arenoso (Tabela 3), o que potencializa a disponibilidade do elemento em presença de água de chuva, já que o K⁺ é o cátion mais estocado nos tecidos da palma forrageira, sendo extraído em grandes quantidades da solução do solo pelas raízes da planta na forma de íon K⁺ (TORRES e PEREIRA 2008).

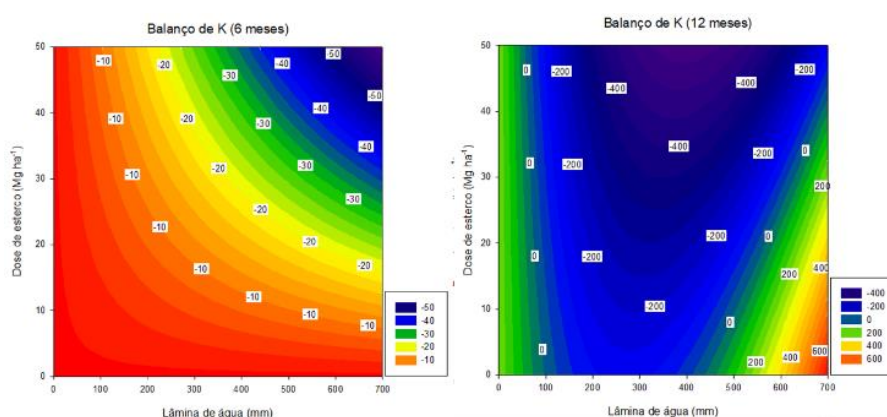


Figura 8. Balanço de K⁺ de acordo com doses de esterco e lâminas de água no plantio de palma forrageira aos seis (A) e doze meses (B) no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrópolis/PE).

O balanço do Ca^{+2} no sistema (Figura 9) apresentou efeito significativo nos dois períodos quando houve interação entre as duas variáveis. Aos seis meses é possível observar que houve muito pouca extração do elemento do sistema em ausência de água, e essa remoção se manteve constante com ou sem esterco. Conforme a oferta de água foi maior, maior foi a deposição do elemento no sistema, apresentando pequena tendência decrescente em presença de esterco. Aos doze meses pode-se observar que o acúmulo do elemento no sistema foi muito maior ($867,88 \text{ kg ha}^{-1}$), quando comparado aos seis meses ($387,1 \text{ kg ha}^{-1}$), e a tendência crescente do seu estoque de acordo com a maior oferta de esterco e água se deu de forma mais acentuada.

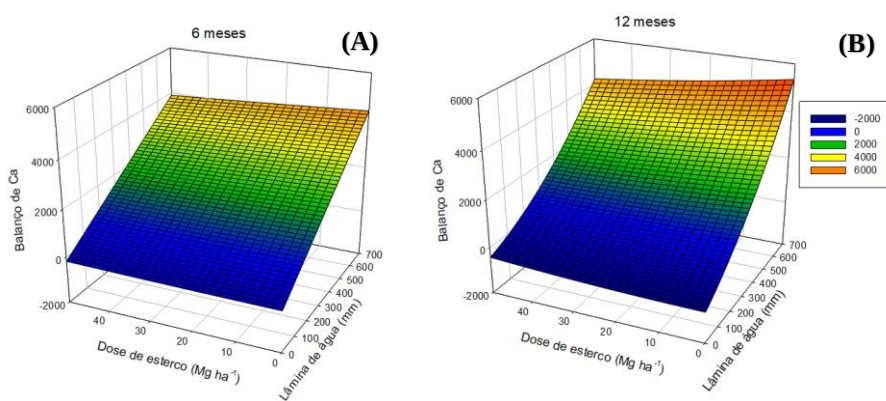


Figura 9. Balanço de Ca^{+2} de acordo com doses de esterco e lâminas de água salina no plantio de palma forrageira meses (A) e doze meses (B) no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrópolis/PE).

O balanço do Mg^{+2} (Figura 10) no sistema apresentou efeito significativo nos dois períodos quando houve interação entre as duas variáveis. Tanto aos seis quanto aos doze meses é possível observar que houve muito pouca extração do elemento do sistema em ausência de água. Conforme houve maior oferta de água salina, maior foi o estoque do elemento no sistema, independente da presença de esterco, embora haja uma tendência pouco acentuada da diminuição do estoque do elemento, de acordo com a maior oferta de esterco nos dois períodos.

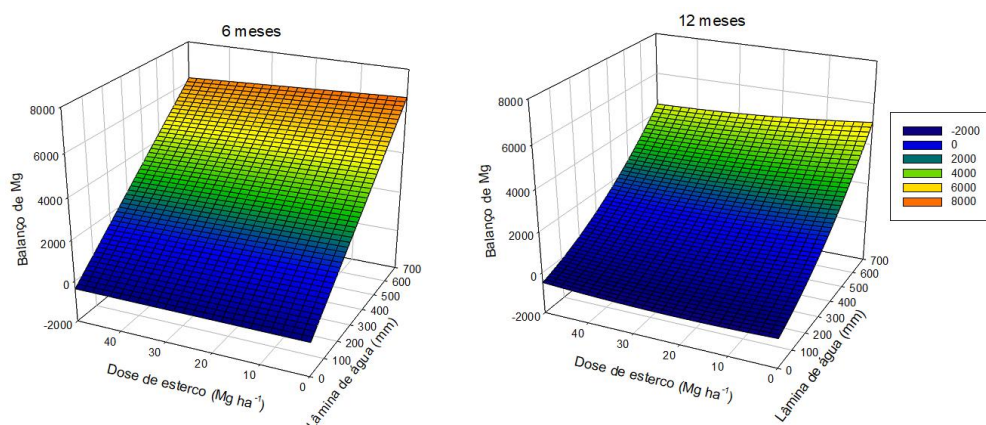


Figura 10. Balanço de Mg^{+2} de acordo com doses de esterco e lâminas de água no plantio de palma forrageira aos seis (A) e doze meses (B) no estudo da palma forrageira na área experimental da Embrapa Semiárido (Petrolina/PE).

Os elementos Ca^{+2} e Mg^{+2} apresentaram balanço negativo de nutrientes para as lâminas de água iguais a zero em presença de esterco, sendo os valores médios para Ca^{+2} iguais a $-30,95 \text{ kg ha}^{-1}$ e $-38,44 \text{ kg ha}^{-1}$, e para Mg^{+2} $-65,36 \text{ kg ha}^{-1}$ e $-58,35 \text{ kg ha}^{-1}$ nos dois períodos de seis e doze meses, respectivamente. Isso possivelmente ocorreu devido à ausência de entrada destes elementos via água salina, que apresentavam teores expressivos dos elementos (Tabela 5), sendo 48,24 e 22,50 para Ca^{+2} e 123,34 e 23,10 para Mg^{+2} aos seis e doze meses no período de cultivo da palma forrageira, respectivamente. Quando houve oferta de lâmina de água, em presença de esterco, o balanço dos dois elementos se apresentou positivo, indicando que ocorreu acúmulo dos elementos no sistema nestas condições.

CONCLUSÃO

O plantio da palma forrageira em períodos chuvosos é uma alternativa interessante que deve ser avaliada como um complemento à agricultura biosalina, já que almeja-se a menor entrada de sais no sistema.

A palma forrageira se apresentou eficiente no balanço de P aos seis meses e no balanço de K⁺ aos seis e aos doze meses de cultivo em sistema biosalino, sendo por isso necessário atenção à adubação destes elementos para a manutenção das suas demandas pela planta. Além disso houve tendência de acúmulo de Ca⁺², Mg⁺² e Na no sistema, provocado pelo uso da água de irrigação.

É necessário promover adubação com fonte de N, principalmente quando se tem irrigação, já que a planta cresce mais e aumenta a sua exigência pela mineralização da matéria orgânica do solo, o que pode levar à depauperação do solo e à desertificação em última análise.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Cadernos de capacitação em recursos hídricos – v. 5: planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. ANA: Brasília, 2013. Disponível em: . Acesso em: 22 jun. 2018.
- Aquino, R. S., Lemos, C. G., Alencar, C. A., Silva, E. G., Silva Lima, R., Gomes, J. A. F., & Silva, A. F. (2016). A realidade da caprinocultura e ovinocultura no semiárido brasileiro: um retrato do sertão do Araripe, Pernambuco. PUBVET, 10(4), 271-281.
- BRITO, LT de L. et al. Avaliação das características físico-química e bacteriológicas das águas de cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE. In: Embrapa Semiárido- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina, PI. Anais... Teresina: ABCMAC; Governo do Estado do Piauí; Embrapa Semi-Árido; IRPAA; ASA, 2005. 1 CD-ROM., 2005.

- Croon, F. W. (2013). Practical aspects of irrigation of biosaline crops with saline water viewed from a land and water use perspective. *Irrigation and Drainage*, 62(5), 649-657.
- Dubeux Jr, J. C., Muir, J. P., Nair, P. R., Sollenberger, L. E., Silva, H. M., & Mello, A. D. (2015). The advantages and challenges of integrating tree legumes into pastoral systems. In *Proceedings of the 1st International Conference on Forages in Warm Climates*. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil (pp. 141-164).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, p353, 2013.
- Embrapa. 1999. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. Embrapa Solos. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia. 370 p.
- Ferraz| Junior, R. S. Indicadores de qualidade de solo em área cultivada com gliricídia e palma forrageira em Sistema Biossalino no Semiárido Nordeste. Embrapa Semiárido-Tese/dissertação (ALICE). Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Semiárido) –Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Petrolina, Petrolina –PE, 2018.
- Pedrotti, A., Chagas, R. M., Ramos, V. C., Prata, A. D. N., Lucas, A. A. T., & Santos, P. D. (2015). Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(2), 1308-1324.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (Vol. 78, No. 2, p. 154).
- Santos, H. G., et al. "Sistema Brasileiro de Classificação de Solos." Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E) (2018).
- Siqueira, J. O.; Moreira, FM de S. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: Editora da Ufla, p. 305-329,

2002. Montgomery, D. C.; Peck, E. A.; Vining, G. G. Introduction to linear regression analysis. New York: John Wiley & Sons, 2006. 640 p.
- Souto, P. C., Souto, J. S., Santos, R. V., Araújo, G. T., & Souto, L. S. (2005). Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 125-130.
- SWIFT, R. S. Organic Matter Characterization. In: *Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods-SSSA Book Series nº 5*. Madison: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996. P. 1011-1069.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- Tavares Filho, Antonio N. et al. Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino-sódicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 16, n. 3, 2012.
- Torres, J. L. R., & Pereira, M. G. (2008). Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(4), 1609-1618.