

EVOLUÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E ACÚMULO DE NUTRIENTES PELO CAPIM MOMBAÇA (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM PÓ DE ROCHA E ESTERCO BOVINO¹

Lucia Valentini²; Wander Eustáquio de Bastos Andrade²; Aldo Shimoya³; Samuel Oliveira de Souza⁴;
Luiz Antônio Antunes de Oliveira²; José Márcio Ferreira²; Silvino Amorim Neto²

(¹Trabalho conduzido com recursos do Programa Rio Rural; ²Pesquisador da Pesagro-Rio;

³Pesquisador da UCAM – Campos; ⁴Consultor do Programa Rio Rural)

INTRODUÇÃO

O valor nutritivo de forrageiras tem grande importância por influenciar diretamente a dieta animal. Assim, solos com adequado suprimento de nutrientes poderão suprir as necessidades de crescimento da forrageira e fornecer nutrientes de forma balanceada aos animais em sistema de pastejo.

A escolha da fonte de adubação torna-se muito importante, não só em função dos nutrientes presentes na mesma, mas também pelo seu valor na propriedade, com reflexos diretos no custo da atividade. Nesse aspecto, fontes alternativas para a adubação são fundamentais, e de preferência fazendo o aproveitamento de resíduos de outra atividade, tornando o sistema de produção em uso integrado e mais sustentável.

A busca por alternativa social, ambiental e economicamente mais vantajosa que as fontes convencionais de nutrientes torna importante o estudo do pó de rocha para emprego na agricultura. Apesar de ser prática antiga, a utilização de rochas silicatadas ainda demanda estudos aplicados e participativos com agricultores, especialmente com materiais de disponibilidade local abundante em várias regiões do Brasil, como o gnaiss (CARVALHO, 2012).

Na região Noroeste Fluminense, o uso de pó de rocha pode ser alternativa interessante. Segundo Almeida (2002), o município de Santo Antônio de Pádua dispõe de quantidade expressiva de pedreiras de rochas ornamentais, sendo sua principal atividade econômica. Ainda segundo o autor, a rocha existente e comercializada na região é um gnaiss milonitizado. Essa atividade gera o resíduo conhecido como pó de rocha.

O emprego de processos microbianos tem sido buscado para acelerar a liberação de nutrientes de pós de rocha, destacando-se os processos de compostagem (LIMA et al., 2009; BATISTA et al., 2012), vermicompostagem (SOUZA, 2014) e biofertilizantes (LIMA et al., 2010).

A produção leiteira bovina é uma das atividades das pequenas propriedades do Estado do Rio de Janeiro e constitui fonte de renda regular, contribuindo de forma significativa para a constituição das receitas da propriedade, principalmente quando é do tipo familiar (CASTAGNA et al., 2009). A maioria das explorações leiteiras no estado é conduzida em sistema de pastoreio contínuo, sobre pastagens nativas ou em pastagens de Braquiárias, sem a devida reposição de nutrientes no solo, o que torna o sistema não sustentável, tanto do ponto de vista ambiental quanto do ponto de vista econômico.

Ações envolvendo a recuperação de pastagens vêm sendo introduzidas pela Pesagro-Rio, e aprimorando o seu manejo. Dentre essas técnicas, o pastejo rotacionado tem sido de fundamental importância (SOUZA et al., 2018a, 2018b). Aliados ao manejo, os fatores nutricionais também devem ser considerados com vistas à manutenção/melhoria da qualidade da pastagem.

Segundo Batista et al. (2012), o emprego de rochas como fontes de nutrientes em cultivos agrícolas é uma técnica que objetiva favorecer a fertilidade do solo de forma sustentável. Entretanto, a restrição para o uso dessa tecnologia está na busca de opções para solubilizar as rochas, visando proporcionar nutrientes em quantidade e tempo favoráveis para o aproveitamento das plantas.

De acordo com Valentim e Moreira (1994), o Mombaça é um capim de touceiras, com 1,60m de altura e folhas quebradiças, com 3,0 cm de largura, sendo que, do total da produção anual de forragem, 60% ocorrem no período chuvoso e 40% no período seco, proporcionando cobertura do solo que varia entre 60 e 80%.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de doses de pó de rocha, associadas ou não ao esterco bovino, na fertilidade do solo e no acúmulo de nutrientes pelo capim Mombaça, na região Noroeste Fluminense.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento de longa duração foi conduzido na propriedade do agricultor parceiro Josué Gomes Moreira, situada na Microbacia Córrego do Marimbondo, em Italva-RJ, sendo sua principal atividade a pecuária leiteira. Os tratamentos avaliados foram: T1 (0,5t de pó de rocha/ha); T2 (1,0t de pó de rocha/ha); T3 (10t de esterco bovino/ha); T4 (0,5t de pó de rocha/ha + 10t de esterco bovino/ha); T5 (1,0t de pó de rocha/ha + 10t de esterco bovino/ha) e T6 (testemunha, sem adubação), utilizando o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com três repetições. O esterco bovino foi empregado com a finalidade de aumentar a liberação de nutrientes do pó de rocha. Cada unidade experimental ocupava 90 m², totalizando área de 540 m². O experimento foi irrigado quando necessário.

Os insumos e investimentos para a implantação do experimento de longa duração foram provenientes do Programa Rio Rural. A contrapartida do agricultor foi seguir as orientações técnicas acordadas, interagir com a equipe técnica, auxiliar na coleta dados e fornecer mão de obra.

Evolução da fertilidade do solo

O experimento foi iniciado em março de 2016 (análise de solo inicial), terminando em junho de 2018 (análise de solo final).

As amostras de solo (inicial e final) foram retiradas com auxílio de trado tipo holandês. A amostra inicial, na profundidade de 0-20 cm, levou em consideração toda a área do experimento. Já as amostragens finais, na profundidade de 0-10 cm, foram retiradas em cada tratamento. Todas as análises de solo e de esterco bovino foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo da FUNDENOR, em Campos dos Goytacazes-RJ.

Análises iniciais de esterco bovino (obtido na própria propriedade) e do resíduo de pó de rocha (obtido em Santo Antônio de Pádua) foram realizadas, respectivamente, pela FUNDENOR e pela Embrapa Solos (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Resultado da análise inicial do esterco bovino utilizado. Italva, Noroeste Fluminense, 2016.

Análise ¹	Valores
N (%)	1,32
P ₂ O ₅ (%)	1,31
K ₂ O (%)	15,91
Ca (%)	1,04
Mg (%)	0,70
Carbono (%)	18,18
Umidade (%)	0,00
S-SO ₄ (%)	0,32
Fe (mg.dm ⁻³)	9.588
Cu (mg.dm ⁻³)	22
Zn (mg.dm ⁻³)	100
Mn (mg.dm ⁻³)	560

¹Resultado expresso em % do substrato seco.
FUNDENOR (2016), Campos dos Goytacazes, RJ.

Tabela 2. Resultado da análise inicial do pó de rocha utilizado. Italva, Noroeste Fluminense, 2016.

Análise ¹	Unidade	Resíduo de rocha	
		Sem floculante	Com floculante
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	cmol _c .kg ⁻¹	0,9	1,2
Ca ⁺⁺	cmol _c .kg ⁻¹	-	1,0
Mg ⁺⁺	cmol _c .kg ⁻¹	-	0,2
K ⁺	cmol _c .kg ⁻¹	0,43	0,82
Al ⁺⁺⁺	cmol _c .kg ⁻¹	0	0
P assim	mg.kg ⁻¹	582	334
C	g.kg ⁻¹	1,3	0,7
N	g.kg ⁻¹	0,1	0,1

¹ Laboratório de Análises de Solo, Água e Plantas – LASP, da Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ.

Os tratamentos foram aplicados no solo, incorporados e depois feito o plantio do capim Mombaça.

Em relação à granulometria, a análise física de solo mostrou 63,0% de areia; 8,0% de argila e 29,0% de silte.

Foram feitas coletas de água de chuva por meio de pluviômetro instalado na área experimental. O produtor foi devidamente instruído a fazer as anotações (Tabela 3).

Tabela 3. Precipitação pluviométrica (mm) obtida na propriedade durante o período experimental. Itava, Noroeste Fluminense, 2016–2018.

Meses do ano	Anos		
	2016	2017	2018
janeiro	-	118	129
fevereiro	-	175	216
março	162	126	163
abril	27	45	43
maio	20	41	31
junho	45	38	05
julho	06	64	-
agosto	13	00	-
setembro	66	03	-
outubro	44	16	-
novembro	143	157	-
dezembro	135	88	-
Total	661	871	587

Na caracterização química, foram determinados o pH em H₂O, P, K, Ca, Mg e Al, segundo recomendações da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017), onde Ca, Mg e Al foram extraídos pelo KCl 1 mol/L, P e K pelo HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N (extrator Mehlich 1). O Fe, Mn, Cu e Zn foram determinados no extrato de Mehlich 1 por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi determinado pelo extrator água quente e o S pelo extrator fosfato monocalcico.

Acúmulo de nutrientes

Os cortes foram efetuados em 14.03.2017; em 06.12.2017; em 06.03.2018; em 30.07.2018 e em 22.10.2018. Na coleta da parte aérea do capim Mombaça foram utilizados os seguintes instrumentos: quadrado de madeira (medindo 1m x 1m), cutelo e balança portátil. Em cada tratamento (90 m²), foram retiradas três amostras de capim Mombaça, escolhidas ao acaso, totalizando 18 amostras por época de colheita. Os cortes foram realizados quando o capim Mombaça apresentava altura de 90 a 100 cm, até a altura aproximada de 20-30 cm. Após cada pastejo, o capim Mombaça foi roçado para uniformização da altura. A massa verde colhida de cada amostra foi pesada no próprio campo, e retirada uma subamostra de cada, que foi ensacada em saco de papel. Posteriormente, essas subamostras foram secas em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura média de 65°C, por 72 horas. As subamostras foram novamente pesadas para o cálculo de massa seca total e quantificação da matéria seca produzida pelos diferentes tratamentos avaliados. Após esses procedimentos, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, equipado com peneira com crivos de 1 mm. Finalmente, após a moagem, o material obtido foi encaminhado ao laboratório da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Campos dos Goytacazes, para análise do teor de macro e micronutrientes na matéria seca.

O acúmulo de nutrientes na matéria seca do capim Mombaça foi calculado com base na quantidade de matéria seca total, e o respectivo teor do nutriente avaliado. Os dados para macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) foram expressos em kg.ha⁻¹ e os de micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn) em g.ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução da fertilidade do solo

Os resultados iniciais da amostra de solo, realizada em março de 2016, antes da implantação do experimento, encontram-se na Tabela 4, e as análises finais após a aplicação dos tratamentos encontram-se na Tabela 5.

Tabela 4. Resultado da análise de solo inicial. Italva, Noroeste Fluminense, março de 2016.

Análise	Valores ¹	Classificação ²
pH (água)	5,5	Acidez Média
P (mg.dm ³)	26	Médio
K (mg.dm ³)	129	Muito Bom
Ca (cmol _c .dm ³)	4,05	Muito Bom
Mg (cmol _c .dm ³)	1,53	Muito Bom
Al (cmol _c .dm ³)	0,0	Muito Baixo
H + Al (cmol _c .dm ⁻³)	1,80	Baixo
SB (cmol _c .dm ⁻³)	6,16	Muito Bom
MO (g.dm ³)	23,10	Médio
T (cmol _c .dm ³)	7,96	Médio
m (%)	0	Muito Baixo
V (%)	77	Bom
S-SO ₄ (mg.dm ³)	16	-
Fe (mg.dm ³)	294,95	Alto
Cu (mg.dm ³)	2,17	Alto
Mn (mg.dm ³)	76,69	Alto
B (mg.dm ³)	0,40	Médio
Zn (mg.dm ³)	7,73	Alto

¹ FUNDENOR (2016), Campos dos Goytacazes, RJ.

² Classificação de acordo com Alvarez et al., 1999.

Uma rápida análise da Tabela 4 evidencia a ótima condição inicial do solo, com acidez média e K, Ca e Mg muito bons. O índice de saturação por alumínio (m%) foi muito baixo, com volume de saturação em bases (V%) bom. Os teores de P e de matéria orgânica (MO) foram médios. Todos os micronutrientes tiveram teores altos, exceto o B, com teor médio.

Na Tabela 5, encontram-se os resultados da análise de solo realizada 27 meses após a implantação do experimento. Nesse período, houve o pastejo normal de vacas de leite, independentemente dos tratamentos. No tratamento 6, considerado como testemunha por não haver adição de pó de rocha e esterco bovino, houve apenas a entrada de esterco bovino oriundo das vacas ao pastejar, permitindo interessante comparação ao solo inicial (Tabela 4).

Assim, no tratamento 6 (Tabela 5) a acidez diminuiu, passando de acidez média (Tabela 4) para acidez fraca (Tabela 5). Os teores de K e Mg continuaram classificados como muito bom, e o Ca passou a bom (Tabela 5). Houve, inclusive, acréscimo no teor absoluto de Mg, que passou de 1,53 cmol_c.dm⁻³ (Tabela 4) para 2,60 cmol_c.dm⁻³ (Tabela 5). O índice de saturação em alumínio (m%) continuou muito baixo, com elevação no valor absoluto e na classificação do índice de saturação em bases, que passou de 77 % (Tabela 4 - bom) para 87 % (Tabela 5 - muito bom).

Tabela 5. Análises de solo aos 27 meses após o início, por tratamento. Italva, Noroeste Fluminense, junho de 2018.

Análises	Tratamento 1		Tratamento 2		Tratamento 3		Tratamento 4		Tratamento 5		Tratamento 6	
	Valor ¹	Classificação ²	Valor ¹	Classificação ²	Valor ¹	Classificação ²	Valor ¹	Classificação ²	Valor ¹	Classificação ²	Valor ¹	Classificação ²
pH (água)	6,3	Acidez Fraca	6,7	Acidez Fraca	7,0	Neutra	6,9	Acidez Fraca	7,1	Acidez Fraca	6,5	Acidez Fraca
P (mg.dm ³)	9	Muito Baixo	24	Médio	64	Muito Bom	20	Baixo	66	Muito Bom	16	Baixo
K (mg.dm ³)	117,3	Muito Bom	78,2	Bom	156,4	Muito Bom	144,7	Muito Bom	226,7	Muito Bom	144,6	Muito Bom
Ca (cmol _c .dm ³)	4,39	Muito Bom	3,63	Bom	3,39	Bom	3,41	Bom	4,36	Muito Bom	3,95	Bom
Mg (cmol _c .dm ³)	2,70	Muito Bom	1,79	Muito Bom	1,64	Muito Bom	1,80	Muito Bom	3,10	Muito Bom	2,60	Muito Bom
Al (cmol _c .dm ³)	0,00	Muito Baixo	0,00	Muito Baixo	0,00	Muito Baixo	0,00	Muito Baixo	0,00	Muito Baixo	0,00	Muito Baixo
H + Al (cmol _c .dm ⁻³)	1,69	Baixo	0,80	Muito Baixo	0,70	Muito Baixo	1,47	Baixo	0,70	Muito Baixo	1,13	Baixo
SB (cmol _c .dm ⁻³)	7,85	Muito Bom	5,93	Bom	5,69	Bom	5,91	Bom	8,44	Muito Bom	7,34	Muito Bom
MO (g.dm ³)	27,41	Médio	16,72	Baixo	18,96	Baixo	14,48	Baixo	23,10	Médio	23,96	Médio
T (cmol _c .dm ³)	9,54	Bom	6,73	Médio	6,39	Médio	7,38	Médio	9,14	Bom	8,47	Médio
m (%)	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
V (%)	82	Muito Bom	88	Muito Bom	89	Muito Bom	80	Bom	92	Muito Bom	87	Muito Bom
S-SO ₄ (mg.dm ³)	15	-	7	-	10	-	6	-	8	-	13	-
Fe (mg.dm ³)	319,35	Alto	163,45	Alto	122,51	Alto	101,01	Alto	105,79	Alto	289,40	Alto
Cu (mg.dm ³)	2,85	Alto	2,02	Alto	1,67	Bom	1,27	Médio	1,24	Médio	2,47	Alto
Mn (mg.dm ³)	75,67	Alto	69,98	Alto	72,10	Alto	56,33	Alto	56,97	Alto	71,03	Alto
B (mg.dm ³)	0,22	Baixo	0,18	Baixo	0,20	Baixo	0,17	Baixo	0,18	Baixo	0,20	Baixo
Zn (mg.dm ³)	6,27	Alto	8,93	Alto	10,33	Alto	6,31	Alto	8,41	Alto	5,78	Alto

¹ FUNDENOR (2018), Campos dos Goytacazes, RJ.

² Classificação de acordo com ALVAREZ et al., 1999.

O teor de P diminuiu, passando de médio (Tabela 4) para baixo (Tabela 5). Não houve elevação no teor e classificação de matéria orgânica. Quanto aos micronutrientes, não houve alterações nos teores de Fe, Cu e Mn, exceto para B e Zn, que tiveram seus teores diminuídos. O teor de B passou de classificação média (Tabela 4) para baixa (Tabela 5).

Considerando-se os demais tratamentos estudados (Tabela 5), verificou-se que não houve diferença em termos de classificação para pH, exceto no tratamento 3, único a apresentar acidez neutra.

Para o P (Tabela 5), houve diminuição dos valores obtidos em comparação com a análise inicial (Tabela 4) nos tratamentos 1, 4 e 6 (classificação muito baixo e baixo) e acréscimo nos tratamentos 3 e 5 (muito bom). Não houve alteração no tratamento 2.

Para o K, houve alteração para a classificação bom no tratamento 2. Nos demais tratamentos, a classificação obtida foi a mesma inicial (Tabela 4).

Para o Ca, houve alteração para a classificação bom nos tratamentos 2, 3, 4 e 6, permanecendo na classificação muito bom nos demais tratamentos (1 e 5).

O Mg não apresentou diferenças de classificação, considerando-se a Tabela 4 em relação à Tabela 5, em nenhum dos tratamentos avaliados.

A MO (Tabela 5) oscilou entre teores baixos (tratamentos 2, 3 e 4) e teores médios (tratamentos 1, 5 e 6) em relação ao teor médio inicial (Tabela 4).

O valor V % passou a muito bom (Tabela 5) nos tratamentos 1, 2, 3, 5 e 6 e bom no tratamento 5. O teor inicial foi considerado bom (Tabela 4).

Para micronutrientes (Tabela 5), os teores de Fe, Mn e Zn encontrados foram sempre altos; o teor de Cu variou de médio (tratamentos 4 e 5), bom (tratamento 3) a alto (tratamentos 1, 2 e 6). O teor de B foi sempre baixo.

Considerando-se até então os dados apresentados, verificou-se que a adição de pó de rocha e esterco bovino ao solo favoreceu a elevação, em valores absolutos, de algumas das características químicas de solo avaliadas, melhorando ou mantendo estável sua classificação quanto à fertilidade do solo. Deve-se considerar que, no período de 27 meses, houve pastejo nos tratamentos avaliados, sendo que os nutrientes absorvidos pela pastagem foram retirados da área via alimentação animal. Ou seja, além da manutenção da qualidade nutricional do capim Mombaça, o solo foi capaz de manter sua fertilidade inicial.

Influenciaram nesse resultado os teores iniciais contidos nas fontes esterco bovino (Tabela 1) e pó de rocha (Tabela 2), além de a chuva ser favorável e bem distribuída (Tabela 3), facilitando o transporte/absorção dos nutrientes, bem como a disponibilização das fontes empregadas.

Acúmulo de nutrientes

Os resumos das análises de variância do acúmulo de macro e micronutrientes encontram-se na Tabela 6.

Na análise de variância, o efeito de tratamento para os nutrientes cobre ($P < 0,05$) e manganês ($P < 0,01$) foram significativos. Para adubação, o potássio ($P < 0,05$), o cobre e o manganês ($P < 0,01$) apresentaram diferenças significativas (Tabela 6). Os coeficientes de variação variaram de 22,47% (cobre) a 44,16% (manganês).

Os dados de acúmulo de macronutrientes obtidos para o fator tratamento encontram-se na Tabela 7.

Tabela 6. Resumo da análise de variância dos nutrientes N (kg.ha⁻¹), P (kg.ha⁻¹), K (kg.ha⁻¹), Ca (kg.ha⁻¹), Mg (kg.ha⁻¹), Fe (g.ha⁻¹), Cu (g.ha⁻¹), Zn (g.ha⁻¹) e Mn (g.ha⁻¹) obtidos do material vegetal do capim Mombaça submetido a cinco cortes e em diferentes tratamentos, envolvendo pó de rocha e matéria orgânica, na Microbacia Córrego do Marimbondo, Itaiópolis-RJ.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio				
		N	P	K	Ca	Mg
Blocos	4	331,6525	74,7458	2624,7122	70,5955	47,4975
Tratamentos	5	57,3704 ^{ns}	9,4840 ^{ns}	419,2766 ^{ns}	8,7632 ^{ns}	2,8760 ^{ns}
Adubação (Ad)	4	71,4484 ^{ns}	11,8334 ^{ns}	522,4420 [*]	10,6084 ^{ns}	2,7736 ^{ns}
Ad vs Testemunha	1	1,0584 ^{ns}	0,0864 ^{ns}	6,6150 ^{ns}	1,3824 ^{ns}	3,2856 ^{ns}
Resíduo	20	29,7259	4,8628	162,3108	6,5467	2,6815
CV (%)		24,56	27,91	28,75	31,75	34,12

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Fe	Cu	Zn	Mn
Blocos	4	574628,2	87,22117	2496,3772	85896,79
Tratamentos	5	20030,13 ^{ns}	18,11973 [*]	170,9941 ^{ns}	38315,7 ^{**}
Adubação (Ad)	4	23906,04 ^{ns}	22,6174 ^{**}	200,6594 ^{ns}	45564,5054 ^{**}
Ad vs Testemunha	1	4526,5067 ^{ns}	0,129067 ^{ns}	52,3331 ^{ns}	9320,4651 ^{ns}
Resíduo	20	28763,22	4,706565	136,4060	7816,447
CV (%)		31,24	22,47	29,42	44,16

ns, * e ** não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 7. Acúmulo dos macronutrientes N (kg.ha⁻¹), P (kg.ha⁻¹), K (kg.ha⁻¹), Ca (kg.ha⁻¹) e Mg (kg.ha⁻¹) no material vegetal do capim Mombaça submetido a cinco cortes e diferentes tratamentos envolvendo pó de rocha e esterco bovino, na Microbacia Córrego do Marimbondo, Itaiópolis-RJ.

Tratamentos	Médias*				
	N	P	K	Ca	Mg
0,5 t.ha ⁻¹ de pó de rocha	108,5 a	43,4 a	247,9 ab	45,9 a	27,3 a
1,0 t.ha ⁻¹ de pó de rocha	101,4 a	40,9 a	240,5 ab	47,0 a	26,7 a
10 t.ha ⁻¹ de esterco bovino	134,8 a	48,3 a	282,9 a	41,2 a	23,1 a
0,5 0 t.ha ⁻¹ de pó de rocha + 10 t.ha ⁻¹ de esterco bovino	122,4 a	37,8 a	186,6 ab	35,2 a	20,1 a
1,0 t.ha ⁻¹ de pó de rocha + 10 t.ha ⁻¹ de esterco bovino	85,8 a	27,7 a	155,1 b	29,8 a	19,1 a
Testemunha	113,1 a	38,9 a	216,3 ab	42,7 a	27,7 a
Média Geral	111,0	39,5	221,6	40,3	24,0

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

Para macronutrientes, houve efeito de tratamentos somente para o K, em que houve diferença significativa da aplicação de 10 t.ha⁻¹ de esterco bovino e a aplicação conjunta de 10 t.ha⁻¹ de esterco bovino e 1,0 t.ha⁻¹ do pó de rocha. Ou seja, a aplicação conjunta das fontes não favoreceu o acúmulo de K na matéria seca. A análise inicial do esterco bovino explica, em parte, os resultados obtidos (Tabela 1).

Os dados de acúmulo de micronutrientes obtidos para o fator tratamento encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8. Acúmulo dos micronutrientes Fe (g.ha⁻¹), Cu (g.ha⁻¹), Zn (g.ha⁻¹) e Mn (kg.ha⁻¹) no material vegetal do capim Mombaça submetido a cinco cortes e diferentes tratamentos envolvendo pó de rocha e esterco bovino, na Microbacia Córrego do Marimbondo, Itaiópolis-RJ.

Tratamentos	Médias*			
	Fe	Cu	Zn	Mn
0,5 t.ha ⁻¹ de pó de rocha	2725,0 a	52,1 ab	185,6 a	780,8 b
1,0 t.ha ⁻¹ de pó de rocha	3033,0a	58,5 a	237,1 a	1789,2 a
10 t.ha ⁻¹ de esterco bovino	2991,0 a	54,6 a	220,5 a	921,5 ab
0,5 0 t.ha ⁻¹ de pó de rocha + 10 t.ha ⁻¹ de esterco bovino	2224,0 a	43,6 ab	208,1 a	721,9 b
1,0 t.ha ⁻¹ de pó de rocha + 10 t.ha ⁻¹ de esterco bovino	2463,0 a	31,8 b	155,8 a	594,7 b
Testemunha	2852,0 a	49,0 ab	183,7 a	1.198,1 ab
Média Geral	2714,5	48,3	198,5	1001,1

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

Para micronutrientes, houve efeito de tratamentos para o Cu e o Mn. Para o Cu, houve diferença significativa dos tratamentos onde se aplicou 10 e 1,0 t.ha⁻¹ das fontes isoladas, em relação a sua aplicação conjunta na mesma dosagem. Para o Mn, ocorreu diferença significativa entre o tratamento 1,0 t.ha⁻¹ de pó de rocha em relação à aplicação conjunta de esterco bovino e pó de rocha, nas dosagens de 10 e 1,0 t.ha⁻¹, respectivamente.

A ordem decrescente de acúmulo obtida para macronutrientes foi K > N > Ca > P > Mg e, para micronutrientes, Fe > Mn > Zn > Cu. Braz, Silveira e Zimmermann (2004), ao estudarem a acumulação de nutrientes em folhas de Milheto e dos capins Braquiária e Mombaça também observaram que, dentre os macronutrientes, as maiores acumulações ocorreram para o nitrogênio e o potássio, e as menores para o fósforo.

CONCLUSÕES

Com relação à evolução da fertilidade do solo, a adição de pó de rocha e esterco bovino ao solo favoreceu a elevação em valores absolutos em algumas das características químicas de solo avaliadas, melhorando ou mantendo estável sua classificação quanto à fertilidade do solo. No período de 27 meses, houve pastejo nos tratamentos avaliados, sendo que os nutrientes absorvidos pela pastagem foram retirados da área via alimentação animal. Ou seja, além da manutenção da qualidade nutricional do capim Mombaça, o solo foi capaz de manter sua fertilidade inicial.

Quanto ao acúmulo de nutrientes, constatou-se que houve efeito significativo dos tratamentos no acúmulo de K, do Cu e do Mn. No acúmulo de K, destacou-se a aplicação de 10 t.ha⁻¹ de esterco bovino. No acúmulo de Cu, houve diferença significativa dos tratamentos onde se aplicou 10 e 1,0 t.ha⁻¹ das fontes

isoladas, em relação a sua aplicação conjunta na mesma dosagem. No acúmulo de Mn, ocorreu diferença significativa entre o tratamento 1,0 t.ha⁻¹ de pó de rocha em relação à aplicação conjunta de esterco bovino e pó de rocha, nas dosagens de 10 e 1,0 t.ha⁻¹, respectivamente.

AGRADECIMENTO

Ao técnico agrícola José Geraldo Custódio dos Santos, da Pesagro-Rio/Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, pelo apoio na coleta de dados do experimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de. **Aproveitamento de rejeito de pedreiras de Santo Antônio de Pádua – RJ**. Rio de Janeiro/CETEM/MCT, 2002. 35 p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 6).

ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, Antônio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácido G.; ALVAREZ V., Victor Hugo. (eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

BATISTA, R. O.; RESENDE, A. V. de; MOREIRA, S. G.; MARRIE, I. E.; GOTT, R. M.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. da. Avaliação preliminar de um processo de compostagem associado ao uso de rochas como fontes de fósforo e potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2012, Uberlândia. **Anais...**. Uberlândia: SBCS, 2012. p. 1 - 4.

BRAZ, Antônio Joaquim Braga Pereira; SILVEIRA, Pedro Marques da; KLIEMANN, Huberto José; ZIMMERMANN, Francisco José Pfeilsticker. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e Mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2: 83-87, 2004.

CARVALHO, A. M. X. de. **Rochagem e suas interações no ambiente solo**: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. 2012. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

CASTAGNA, A. A. et al. **Manual prático - pastoreio racional Voisin**. Niterói: PESAGRO-RIO, 2009. 12 f. Projeto de Gerenciamento Integrado de Agrossistemas em Microbacias Hidrográficas do Norte e Noroeste Fluminense.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: Biometria. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 382 p.

FUNDENOR. **Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional**. Departamento de Produção Vegetal. Disponível em: <<http://www.fundenor.com.br>>. Acesso em: 07 mar. 2016.

FUNDENOR. **Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional**. Departamento de Produção Vegetal. Disponível em: <<http://www.fundenor.com.br>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

LIMA, Claudivan C. et al. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 334-340, jun. 2009.

LIMA, F. S. et al. Earthworm compound and rock biofertilizer enriched in nitrogen by inoculation with free living diazotrophic bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 26, n. 10, p. 1769-1775, 3 mar. 2010.

SOUZA, M. E. P. de. Vermicompostagem enriquecida com pós de rochas e sua utilização em sistemas agroecológicos. 2014. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

SOUZA, Samuel Oliveira de; OLIVEIRA, Luiz Antônio Antunes de; VALENTINI, Lucia; FERREIRA, José Márcio; ANDRADE, Wander Eustáquio de Bastos. **Unidade de Pesquisa Participativa. Avaliação Qualitativa e Participativa Intermediária de Unidade de Pesquisa Silvopastoril Rotacionada. Microbacia de Córrego do Marimbondo - Italva - RJ.** Programa Rio Rural. Junho de 2018a. 3 p.

SOUZA, Samuel Oliveira de; OLIVEIRA, Luiz Antônio Antunes de; VALENTINI, Lucia; FERREIRA, José Márcio; ANDRADE, Wander Eustáquio de Bastos. **Unidade de Pesquisa Participativa. Avaliação Qualitativa e Participativa Intermediária de Unidade de Pesquisa Silvopastoril Rotacionada. Microbacia de Valão Carqueja - Italva - RJ.** Programa Rio Rural. Junho de 2018b. 4 p.

TEIXEIRA, Paulo César; DONAGEMMA, Guilherme Kangussu; FONTANA, Ademir; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldes **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. ver. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

VALENTIM, Judson Ferreira; MOREIRA, Paulo. **Vantagens e limitações dos capins Tanzânia-1 e Mombaça para a formação de pastagens no Acre.** Rio Branco, Acre: EMBRAPA, 1994. p. 1-3. (Comunicado Técnico. Nº 60).