



Potencial fertilizante da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradado¹

Anacláudia Alves Primo^{2*}, Maria Diana Melo³, Graziella de Andrade Carvalho Pereira³, Ludmyla Araújo Silva³, Francisco Éden Paiva Fernandes⁴, Henrique Antunes de Souza⁵

10.1590/0034-737X201865010010

RESUMO

O uso da serapilheira de espécies da Caatinga, na recuperação de solos degradados, é uma alternativa interessante por contribuir para o retorno de nutrientes para o solo e favorecer a ciclagem de elementos e a melhoria da fertilidade. Objetivou-se, com este trabalho, mensurar os efeitos da aplicação de doses da fração folhas, da serapilheira de oito espécies da Caatinga, sobre a fertilidade de um solo degradado e a produção de sorgo. Adotou-se delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, com doses de serapilheira, equivalentes a 0, 15, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N, por espécie. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se um Planossolo Nátrico Órtico coletado em área degradada do município de Irauçuba, CE. Coletaram-se folhas, sem sinal de decomposição, de *Combretum leprosum* Mart., *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Libidibia ferrea* (Mart. ExTul.) L.P. Queiroz, *Poncianella piramydalis* (Tul.) L.P. Queiroz, *Aspidosperma pyriforme* Mart., *Cordia oncocalyx* Allemão e *Croton sonderianus* Muell. Arg. Aos 75 dias após a germinação, realizou-se o corte das plantas, sua secagem e a quantificação da matéria seca e a análise de N-total e do acúmulo de N. A amostragem do solo foi feita após o corte do sorgo. O incremento das doses dos resíduos de mofumbo, jucá, catingueira, pereiro e pau-branco elevou as concentrações de P, K, Ca e Mg, o resíduo de marmeleiro acidificou o solo. Jurema e pau-branco elevaram a produção de biomassa do sorgo e o acúmulo de N.

Palavras-chave: fertilidade do solo; resíduos orgânicos; *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

Potential fertilizer of the litterfall of woody species from Caatinga in the recovery of a degraded soil

The use of litterfall of Caatinga species in the recovery of degraded soils is an interesting alternative to contribute to the return of nutrients to the soil, favoring the cycling of elements and the improvement of fertility. The aim was to measure the effects of the application of leaf litter fraction of eight Caatinga species on the fertility of a degraded soil and the production of sorghum, which was the plant tested. A completely randomized block design with five treatments and five replications was used, with litterfall doses equivalent to 0, 15, 30, 60, and 120 kg ha⁻¹ of N for each species. The experiment was conducted in a greenhouse, using a Planosol collected in a degraded area in Irauçuba - CE, Brazil. We collected leaves of *Combretum leprosum* Mart., *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Libidibia ferrea* (Mart. ExTul.) L.P. Queiroz, *Poncianella piramydalis* (Tul.) L.P. Queiroz, *Aspidosperma pyriforme* Mart., *Cordia oncocalyx* Allemão, and *Croton sonderianus* Muell. Arg., with no sign of decomposition. At 75 days following germination, the plants were cut and dried in an oven for the quantification of the dry mass and total N and

Submetido em 16/08/2017 e aprovado em 19/02/2018.

¹Projeto financiado pelo CNPq.

²Universidade Federal do Ceará, Departamento de Biologia, Fortaleza, Ceará, Brasil. anaclaudiaprimo@hotmail.com

³Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Ceará, Brasil. diana.amello@hotmail.com; graziella_30@hotmail.com; ludmyla_bc@hotmail.com

⁴Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, Ceará, Brasil. eden.fernandes@embrapa.br

⁵Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, Brasil. henrique.souza@embrapa.br

*Autora para correspondência: anaclaudiaprimo@hotmail.com

N accumulation analysis. Soil sampling was performed after sorghum cutting. The increment of doses from residues of mofumbo, jucá, catingueira, pereiro, and pau-branco increased the concentrations of P, K, Ca, and Mg, thus increasing the soil CEC; the marmeleiro residue acidified the soil. Grain sorghum that received litterfall from jurema and pau-branco had greater biomass and N accumulation.

Key words: soil fertility; organic waste; *Sorghum bicolor*.

INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga vem sofrendo com as variações climáticas e com os impactos causados pela ação antrópica, como as explorações agrícola e pecuária. Mudanças no uso da terra, associadas com o sistema de agricultura, com corte e queima, modificam fortemente a ciclagem de nutrientes (Amorim *et al.*, 2014).

Alia-se a esse fato a utilização da Caatinga como pastagem extensiva, o que vem causando forte degradação, por vezes irreversível, pois o superpastoreio suprime o estrato herbáceo. O excesso de pisoteio gera fenômenos de erosão importantes, com diferentes graus de intensidade, deteriorando progressivamente os recursos do solo e da vegetação (Alves *et al.*, 2009).

Essa deterioração generalizada da capacidade produtiva das áreas ocasiona redução da fertilidade do solo pela diminuição da quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas (Sampaio *et al.*, 2003).

Em função disso, a adoção de sistemas agroflorestais ou roçados agroecológicos, em regiões semiáridas, poderia ser alternativa de uso para a recuperação de áreas em estágio de degradação. A manutenção ou a utilização de árvores no sistema garante maior aporte de resíduos para a formação da camada de serapilheira pela senescência das folhas, contribuindo, assim, para a ciclagem de nutrientes.

Por isso têm sido realizados estudos com a aplicação de resíduos vegetais, comprovando sua eficácia para o incremento das concentrações de nutrientes do solo, auxiliando na preservação da sua capacidade produtiva (Alcântaras *et al.*, 2000; Amaral *et al.*, 2004; Pavinato & Rosolem, 2008).

Por essa razão, a aplicação de resíduos de plantas para cobertura do solo tem sido uma estratégia capaz de aumentar a sustentabilidade dos agroecossistemas, beneficiando as culturas de interesse econômico, o solo e o ambiente, mostrando-se alternativa economicamente viável e ecologicamente sustentável (Gama-Rodrigues *et al.*, 2007). Em alguns casos, os agricultores empregam as serapilheiras de árvores e, ou, arbustos como fertilizantes, em áreas de roçado; assim, ressalta-se que esta estratégia assume maior importância na agricultura praticada

no semiárido, cujos produtores têm baixa capacidade de investimento, sendo oportuno o uso de insumos obtidos na propriedade rural.

No entanto, faltam estudos que possam subsidiar a indicação de espécies mais capazes de contribuir para o aporte de nutrientes, bem como avaliar as alterações que promovem na fertilidade do solo, para se empregar em programas de recuperação de áreas degradadas e, também, para sua adoção em sistemas agroflorestais.

Assim, a hipótese deste trabalho é que a aplicação superficial da serapilheira de espécies arbóreas da Caatinga altera a fertilidade do solo e a produtividade de culturas agrícolas. Por isso, objetivou-se mensurar os efeitos da aplicação de doses da fração folhas das serapilheiras de oito espécies lenhosas da Caatinga sobre a fertilidade de um solo degradado e sobre a produção de sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, na Embrapa Caprinos e Ovinos, em Sobral, CE, com controles de umidade e de temperatura, nos valores médios de 85% e de 28 °C, respectivamente, e estrutura com sistema de irrigação por aspersão.

O solo empregado foi coletado em área degradada do município de Irauçuba, CE, localizado a 03°47'27''S e 39°47'59''O, região reconhecidamente em processo de desertificação, com baixa cobertura vegetal e processo de erosão laminar.

Para o preenchimento dos vasos, utilizou-se o solo da camada de 0-20 cm, caracterizado como Planossolo Nátrico Órtico, conforme Santos *et al.* (2013), cujos atributos estão apresentados na Tabela 1.

A cultura teste para a avaliação do potencial fertilizante da serapilheira foi o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), cultivar BRS Ponta Negra. A semeadura foi realizada em novembro de 2015. Quinze dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso.

Foram realizados oito experimentos, testando-se a serapilheira das espécies como potencial fertilizante para o solo, com o sorgo como planta-teste. O delineamento foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cin-

co repetições, sendo, cada parcela, um vaso com duas plantas de sorgo. Os tratamentos corresponderam a quantidades crescentes de resíduos da serapilheira de cada uma das espécies avaliadas, totalizando 25 unidades experimentais para cada espécie.

Os vasos tinham capacidade para 11 dm³, sendo utilizados 10 dm³ de solo para o enchimento. A serapilheira foi coletada na área do sistema agrossilvipastoril da Embrapa Caprinos e Ovinos. Empregou-se material senescente (folhas recém-caídas) das espécies: mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.); sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.); jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.); jucá (*Libidibia ferrea* (Mart. ExTul.) L.P. Queiroz); catingueira (*Poncianella piramydalis* (Tul.) L.P. Queiroz); pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart); pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão) e marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.). O material não apresentava sinais de decomposição. Os valores de pH, os teores de macro e de micronutrientes, de celulose, lignina e carbono e as relações lignina/N e C/N estão apresentados na Tabela 2. As análises de macro (P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn e B) foram realizadas segundo Miyazawa *et al.* (2009). Para a determinação de celulose e da lignina, empregou-se o método da fibra em detergente ácido (FDA), conforme Van Soest *et al.* (1991), com adaptação para a análise em autoclave, conforme Senger *et al.* (2008); para o teor de carbono e nitrogênio utilizou-se o método de combustão 990.03 (AOAC, 2002), empregando-se o autoanalisador Leco CN628 (Leco Corp., St. Joseph, MI, EUA).

A quantidade de massa aplicada foi determinada em função do teor de nitrogênio do material (Tabela 2) e da recomendação para adubação de N (plantio + cobertura) para a cultura do sorgo, segundo Fernandes (1993) (dose padrão). Assim, foram testadas doses equivalentes a 0, 15, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N para cada espécie, correspon-

dendo a zero (0); um quarto (1/4); metade (1/2); uma vez (1) e duas vezes (2) a dose padrão, respectivamente. As quantidades de nutrientes adicionadas, de acordo com o ajuste das doses pelo teor de N, estão apresentadas na Tabela 3.

A aplicação da serapilheira de cada espécie foi realizada de modo superficial, após a semeadura do sorgo, porém, antes da emergência. Após 75 dias da germinação, no estágio EC1 (Rodrigues, 2015) das plantas, realizou-se o corte, o acondicionamento em sacos de papel e a colocação em estufa de circulação forçada de ar, a 55 °C, até massa constante, quando foram efetuadas as pesagens para a quantificação da matéria seca da parte aérea. Para a determinação do teor de nitrogênio total, as plantas foram moídas em moinho tipo Wiley e, em seguida, analisadas pelo método de Kjeldahl. De posse dos dados de teor de nitrogênio e de massa seca da parte aérea, foi efetuado o cálculo do acúmulo de N. Após o corte do sorgo, foi realizada a amostragem do solo, com trado tipo holandês, seguida de secagem ao ar e passagem por peneira de 2 mm de abertura de malha, analisando-se quimicamente para fins de fertilidade do solo: pH; M.O.; P; K; Na; Ca; Mg; Al; H + Al; SB; CTC; V e PST, conforme Silva *et al.* (2009).

Os dados foram submetidos ao teste F ($p < 0,05$) e, quando significativos, foi realizada a análise de regressão, com o *software* SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, estão apresentados os atributos químicos do solo, após a adição dos resíduos e o cultivo de sorgo. Houve aumento significativo dos teores de P e K do solo com o uso da serapilheira do mofumbo. Quando da aplicação da serapilheira do sabiá, houve redução significativa do Na e da PST, com o aumento das doses. A utilização da serapilheira da jurema-preta não promoveu qualquer efeito significativo nos atributos avaliados, en-

Tabela 1: Atributos químicos e granulométricos do solo utilizado no experimento

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
H ₂ O	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						
5	5	8	47	16	7	22	2	26	48
V	PST	S-SO ₄ ²⁻	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
	%	mg dm ⁻³							
54	4	4	47	0	19	1	8	0	
Argila	Silte		Areia Total		Areia Grossa		Areia Fina		
	g kg ⁻¹								
72	48		880		780		100		

pH – potencial hidrogeniônico (em água); M.O. – matéria orgânica (método Walkley-Black); P – fósforo e K – potássio (método Melich1); Ca – cálcio e Mg – magnésio (método KCl 1M); H+Al – acidez potencial (método acetato de Ca); Al – alumínio (método KCl 1M); SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V – saturação por base; PST – percentagem de sódio trocável (variável calculada); S – enxofre (método BaCl); Na – sódio (método Melich1); Cu – cobre; Fe – ferro; Zn – zinco; Mn – manganês (método Melich1); B – boro (água quente).

Tabela 2: Valores médios dos teores de macro e micronutrientes, celulose, lignina e carbono e das relações lignina/nitrogênio e carbono/nitrogênio da fração folhas da serapilheira de oito espécies da Caatinga

Espécies	pH CaCl ₂	g kg ⁻¹										mg kg ⁻¹			C/N			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Celulose	Lignina		C	Cel/N	Lig/N
Mofumbo	4,7	14,0	0,8	9,0	23,1	4,5	1,4	4	272	21	90	34	221	149	459	15,8	10,6	32,8
Sabiá	4,7	14,0	0,7	7,7	21,4	2,5	6,5	6	840	20	54	37	207	219	480	14,8	15,6	34,3
Jurema	5,0	21,7	0,9	5,8	10,7	2,3	1,4	4	208	21	60	10	242	126	503	11,2	5,8	23,2
Jucá	4,5	12,6	0,5	5,8	25,7	2,3	1,4	4	280	30	70	38	214	219	473	17,0	17,4	37,5
Catingueira	3,9	11,9	0,3	9,7	15,7	1,4	1,6	12	108	23	48	45	262	163	467	22,0	13,7	39,3
Pereiro	5,3	9,8	0,9	9,7	25,3	8,9	2,0	16	100	25	24	40	213	150	439	21,7	15,3	44,8
Pau branco	5,8	17,5	0,8	14,3	25,3	5,1	2,4	6	164	21	90	64	265	203	432	15,1	11,6	24,7
Marmeleiro	5,0	11,9	0,5	8,4	14,3	5,0	5,7	8	760	28	158	29	250	205	462	21,0	17,2	38,8

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; S – enxofre; Cu – cobre; Fe – ferro; Zn – zinco; Mn – manganês – B – boro; C – carbono; Cel/N – relação celulose/nitrogênio; Lig/N – relação lignina/nitrogênio e C/N – relação carbono/nitrogênio.

quanto, o uso da serapilheira do jucá resultou em aumento significativo do K e Ca do solo.

Houve aumento significativo da aplicação da serapilheira da catingueira no teor de K. A serapilheira do pereiro promoveu elevação dos teores de K, Mg e SB. A aplicação da serapilheira do pau-branco proporcionou aumento significativo dos teores de K, SB e da CTC. A serapilheira do marmeleiro mostrou influência significativa na redução de pH, M.O. e V e no aumento da H+Al.

O teor de P respondeu de forma quadrática, enquanto o de K respondeu de forma linear crescente, à aplicação das doses da serapilheira do mofumbo (Tabela 5). A serapilheira do sabiá resultou em efeito linear decrescente sobre o teor de Na e de PST, evidenciando que o aumento das doses do resíduo reduziu os teores de Na no solo. Constatou-se incremento linear dos teores de K e Ca, em função da aplicação das doses de resíduos da serapilheira do jucá. Para a catingueira, observa-se efeito linear crescente da aplicação da serapilheira sobre o teor de K, cujo máximo foi estimado em 74,18 mg dm⁻³, com a dose de 10 t ha⁻¹. Para a serapilheira do pereiro, os teores de K, Mg e SB apresentaram resposta linear crescente às quantidades aplicadas. Em função da aplicação da serapilheira do pau-branco, verificou-se incremento linear dos teores de K, SB e da CTC. Com o aumento das doses da serapilheira do marmeleiro, houve comportamento linear decrescente dos valores de pH, M.O. e V, enquanto para H+Al verificou-se que o melhor modelo de resposta foi o quadrático, tendo a dose de 8.250 kg ha⁻¹ de resíduo promovido os maiores valores.

A maior contribuição das espécies mofumbo, jucá, catingueira, pereiro e pau-branco no fornecimento de K ao solo (Tabela 5) deve-se à adição de altas doses deste elemento (Tabela 3), pelo fato de a serapilheira dessas espécies apresentar maiores teores de K em sua composição (Tabela 2). Uma vez que esse elemento não faz parte de qualquer estrutura ou molécula orgânica da planta (Meurer, 2006), pode ser mais facilmente mineralizado.

Os resultados obtidos para o Na e a PST do solo, com a aplicação de resíduos de sabiá, mostram a capacidade dessa espécie em promover a redução dos teores de Na no solo, diminuindo assim a PST. Segundo Cavalcante *et al.* (2009), o acúmulo de solutos orgânicos induzido pela aplicação de biofertilizantes pode aumentar o ajustamento osmótico, promovendo a absorção de água e nutrientes em solos afetados por sais. De acordo com Freire & Freire (2007), condicionadores orgânicos como esterco de curral, casca de arroz e vinhaça podem contribuir para a redução da PST, possivelmente em virtude da liberação de CO₂ e de ácidos orgânicos durante a decomposição da matéria orgânica, quando submetida às condições de lixiviação, além de atuarem como fonte de Ca e Mg, em detrimento do Na.

Assim, o resíduo de sabiá possivelmente liberou substâncias orgânicas que, favorecidas pela irrigação e pela textura arenosa do solo, contribuíram para a lixiviação do Na. De acordo com os resultados de Holanda *et al.* (1998), a adição de materiais orgânicos, associada com tratamentos mecânicos, como subsolagem, e com

condições de lixiviação (Freire & Freire, 2007), promovem melhorias das propriedades do solo, elevando as concentrações de Ca, reduzindo as de Na e, em consequência, a percentagem de Na trocável. Porém, a análise de solo, após a aplicação desse resíduo, não mostrou incremento da SB (Tabela 4).

Tabela 3: Quantidade de nutrientes da fração folhas da serapilheira de oito espécies lenhosas da Caatinga aplicados ao solo, com o ajuste da dose pelo N

Doses ¹	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	kg/ha					Kg/ha				
Mofumbo										
1071	0,8	9,6	24,7	4,8	1,5	4,3	291,4	22,5	96,4	36,4
2142	1,6	19,3	49,5	9,6	3,0	8,6	582,9	45,0	192,9	72,9
4285	3,2	38,6	99,0	19,3	6,0	17,1	1165,7	90,0	385,7	145,7
8571	6,4	77,1	198,0	38,6	12,0	34,3	2331,4	180,0	771,4	291,4
Sabiá										
1071	0,7	8,2	22,9	2,6	7,0	6,4	900,0	21,4	57,9	39,6
2142	1,4	16,5	45,9	5,3	13,9	12,9	1800,0	42,9	115,7	79,3
4285	2,8	33,0	91,7	10,5	27,9	25,7	3600,0	85,7	231,4	158,6
8571	5,7	66,0	183,4	21,1	55,7	51,4	7200,0	171,4	462,9	317,1
Jurema-preta										
681	0,6	4,0	7,3	1,6	1,0	2,7	141,8	14,3	40,9	6,8
1363	1,2	7,9	14,6	3,1	1,9	5,5	283,6	28,6	81,8	13,6
2727	2,5	15,8	29,2	6,3	3,8	10,9	567,3	57,3	163,6	27,3
5454	4,9	31,6	58,4	12,5	7,6	21,8	1134,6	114,5	327,3	54,5
Jucá										
1153	0,6	6,7	29,7	2,6	1,6	4,6	323,1	34,6	80,8	43,8
2307	1,2	13,4	59,3	5,3	3,2	9,2	646,2	69,2	161,5	87,7
4615	2,4	26,8	118,6	10,5	6,5	18,5	1292,3	138,5	323,1	175,4
9230	4,9	53,5	237,2	21,0	12,9	36,9	2584,6	276,9	646,2	350,8
Catingueira										
1250	0,4	12,1	19,6	1,7	2,0	15,0	135,0	28,8	60,0	56,3
2500	0,8	24,3	39,3	3,5	4,0	30,0	270,0	57,5	120,0	112,5
5000	1,6	48,5	78,5	6,9	8,0	60,0	540,0	115,0	240,0	225,0
10000	3,2	97,0	157,0	13,8	16,0	120,0	1080,0	230,0	480,0	450,0
Pereiro										
1500	1,3	14,6	38,0	13,4	3,0	24,0	150,0	37,5	36,0	60,0
3000	2,6	29,1	75,9	26,7	6,0	48,0	300,0	75,0	72,0	120,0
6000	5,3	58,2	151,8	53,4	12,0	96,0	600,0	150,0	144,0	240,0
12000	10,6	116,4	303,6	106,8	24,0	192,0	1200,0	300,0	288,0	480,0
Pau-branco										
833	0,7	11,9	21,1	4,2	2,0	5,0	136,7	17,5	75,0	53,3
1666	1,4	23,8	42,2	8,5	4,0	10,0	273,3	35,0	150,0	106,7
3333	2,7	47,7	84,3	17,0	8,0	20,0	546,7	70,0	300,0	213,3
6666	5,5	95,3	168,7	34,0	16,0	40,0	1093,3	140,0	600,0	426,7
Marmeleiro										
1250	0,6	10,5	17,9	6,3	7,1	10,0	950,0	35,0	197,5	36,3
2500	1,3	21,0	35,8	12,5	14,3	20,0	1900,0	70,0	395,0	72,5
5000	2,5	42,0	71,5	25,0	28,5	40,0	3800,0	140,0	790,0	145,0
10000	5,0	84,0	143,0	50,0	57,0	80,0	7600,0	280,0	1580,0	290,0

¹As doses empregadas foram estipuladas com base no teor de nitrogênio presente no respectivo resíduo e nas seguintes quantidades equivalentes de N: 15, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹.

Tabela 4: Valores médios, teste F e coeficiente de variação para os atributos químicos do solo, em função da aplicação de doses da fração folhas da serapilheira do mofumbo, do sabiá, da jurema-preta, do jucá, da catingueira, do pereiro, do pau-branco e do mameleiro, na cultura do sorgo

Doses kg ha ⁻¹	pH -	M.O. g dm ⁻³	P	K mg dm ⁻³	Na	Ca	Mg	Al mmol dm ⁻³	H + Al	SB	CTC	V %	PST
Mofumbo													
0	5,8	5,5	6,6	44,6	74,2	8,8	5,8	0,8	19,6	19,0	38,6	49,2	8,3
1071	5,8	5,8	7,4	46,2	71,8	9,6	5,6	1,4	20,0	19,5	39,5	49,4	7,9
2142	5,8	5,8	8,8	53,2	63,6	11,2	6,4	1,2	19,2	21,7	40,9	53,0	6,7
4285	5,6	7,4	10,0	58,6	71,0	9,2	6,2	1,6	21,0	20,0	41,0	48,8	7,6
8571	5,9	7,6	7,4	81,2	66,6	9,0	5,8	1,0	20,8	19,8	40,6	49,0	7,1
Teste F	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3	32,1	10,3	16,1	25,3	15,5	13,4	67,2	13	10,6	5,6	10,4	24,2
Sabiá													
0	5,7	6,2	11,2	43,0	92,6	8,0	6,0	1,4	20,4	20,7	41,1	50,2	9,8
1071	5,7	8,4	9,8	60,2	87,0	8,0	6,4	1,8	22,8	19,7	42,5	46,4	8,9
2142	5,6	7,8	10,8	55,6	77,6	8,2	5,6	2,0	22,6	18,6	41,2	45,2	8,2
4285	5,7	6,2	9,0	54,8	72,2	8,8	5,4	1,8	22,4	18,7	41,1	45,6	7,7
8571	5,6	6,6	11,2	68,6	67,4	8,4	6,2	1,8	20,8	19,3	40,1	48,1	7,3
Teste F	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	3,2	30,9	11,4	29,5	15,4	6,7	15,4	30,6	9,4	10,4	4,4	9,1	14,3
Jurema-preta													
0	5,6	5,0	7,2	40,6	88,0	9,2	6,0	2,0	21,2	20,1	41,7	48,6	9,2
681	5,6	5,4	7,2	44,0	112,2	9,8	6,2	1,4	21,4	21,9	41,8	50,6	11,3
1363	5,6	5,4	7,4	41,0	104,6	9,4	5,8	1,6	21,2	20,7	42,0	49,3	10,8
2727	5,6	5,0	9,0	35,0	95,0	9,6	6,4	1,6	19,6	21,0	42,3	51,8	10,1
5454	5,6	5,0	8,0	39,0	101,0	9,2	6,2	1,6	22,8	20,9	43,0	47,9	10,1
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3	11,3	25,7	17,8	19,7	8,5	10,5	29,9	9,3	7,7	6,5	5,6	16,4
Jucá													
0	5,7	5,4	10,4	27,8	89,8	10,2	7,2	1,6	17,6	22,0	39,6	55,6	9,8
1153	5,7	5,4	9,4	27,2	88,0	10,8	6,6	1,8	17,8	2192,0	39,7	55,3	9,7
2307	5,8	5,4	9,4	32,6	85,4	10,6	6,6	2,0	17,6	21,8	39,4	55,3	9,5
4615	5,6	5,8	9,6	32,6	74,6	11,0	6,0	2,0	17,6	21,1	38,7	54,4	8,3
9230	5,9	5,4	11,0	40,6	77,4	13,0	6,8	1,0	17,2	24,2	41,4	58,5	8,1
Teste F	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3,6	21,3	11,9	21,3	15,6	10,1	13,4	49,3	13,9	9,4	5,5	8,9	13,9

Tabela 4 continuação...

Doses kg ha ⁻¹	pH -	M.O. g dm ⁻³	P	K mg dm ⁻³	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V %	PST
Catingueira													
0	5,7	3,8	8,8	46,2	74,8	8,0	6,6	1,0	20,4	19,6	40,0	49,0	8,1
1250	5,7	3,8	8,4	44,6	68,8	9,0	7,6	1,4	20,0	20,7	40,7	50,7	7,3
2500	5,7	3,8	8,0	48,6	69,0	8,8	6,0	1,4	22,2	19,1	41,3	46,1	7,3
5000	5,7	3,8	9,0	55,8	66,2	6,2	7,0	1,8	21,4	17,5	38,9	45,1	7,5
10000	5,6	4,2	9,4	76,6	66,4	8,4	6,6	1,6	22,0	19,9	41,9	47,5	6,9
Teste F	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2,9	46,4	27,8	19,2	13,0	20,0	11,6	34,0	11,0	12,3	7,9	9,0	14,7
Pereiro													
0	5,8	3,8	3,3	26,2	91,2	9,0	5,6	1,6	18,4	19,2	37,6	51,2	10,5
1500	5,9	4,8	6,0	43,0	95,8	9,8	6,4	1,2	18,0	21,5	39,5	54,4	10,6
3000	5,8	3,2	3,6	40,6	75,2	9,4	7,0	1,2	17,6	20,7	38,3	54,1	8,5
6000	6,0	4,4	6,0	61,8	84,2	9,4	8,2	0,6	16,6	22,8	39,4	57,8	9,4
12000	6,0	4,2	6,2	110,8	79,6	9,0	8,6	0,6	18,0	23,9	41,9	57,0	8,3
Teste F	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	2,8	43,6	49,1	36,6	20,8	12,0	17,8	73,9	9,8	10,3	6,4	6,9	19,9
Pau-branco													
0	5,7	3,8	6,5	41,0	72,0	7,0	5,4	1,2	18,8	16,6	35,4	46,9	8,8
833	5,7	3,8	9,2	55,8	87,4	8,0	5,8	1,6	21,0	19,0	40,0	47,7	9,5
1666	5,6	5,0	9,8	54,8	92,8	8,4	6,2	1,2	21,0	20,0	41,0	48,7	9,8
3333	5,7	2,6	10,4	57,8	79,6	7,8	5,2	1,6	21,5	17,9	39,4	45,4	8,8
6666	5,8	4,4	10,4	98,4	84,8	8,8	6,0	1,2	21,0	21,0	42,0	49,9	8,7
Teste F	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	ns
CV (%)	2,9	35,5	27,8	12,5	24,8	14,0	10,9	39,6	8,8	10,9	6,1	8,1	20,5
Marmeleiro													
0	5,9	5,0	6,2	43,8	75,8	9,0	7,0	0,6	16,4	21,2	37,6	56,5	8,7
1250	5,7	5,0	6,6	49,4	75,6	9,8	6,8	1,2	18,8	19,6	38,4	50,8	8,7
2500	5,6	4,4	6,6	52,0	72,2	9,6	6,6	1,4	19,2	20,6	39,8	51,7	7,9
5000	5,6	3,8	4,2	52,4	84,6	9,4	6,0	1,6	19,2	20,4	40,0	51,0	9,1
10000	5,6	2,6	5,8	59,4	66,0	8,2	5,8	1,6	19,6	18,4	38,0	48,4	7,6
Teste F	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	ns
CV (%)	2,0	26,5	38,4	16,3	23,0	16,8	11,1	50,0	6,9	10,6	6,1	6,7	21,3

pH – Potencial hidrogeniônico; M.O. – Matéria orgânica; P – Fósforo; K – Potássio; Na – Sódio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; Al – Alumínio; H+Al – Acidez potencial; SB – Soma de bases; CTC – Capacidade de troca catiônica; V – Saturação por bases; PST – Percentagem de Sódio Trocável; ns, * e ** - não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

As serapilheiras das espécies jucá e pereiro contribuíram, ainda, para o aumento dos teores de Ca e de Mg do solo. Além disso, a aplicação dos resíduos de pereiro elevou a SB. O mesmo foi observado com a aplicação da serapilheira de pau-branco, que, além de incrementar os valores de SB, contribuiu para o aumento da CTC.

De maneira geral, esse aumento verificado dos teores de cátions do solo deve-se à aplicação de grandes quantidades de nutrientes por meio dos resíduos vegetais das diferentes espécies (Tabela 3) e demonstra a capacidade dos resíduos de disponibilizarem nutrientes para o solo. Desse modo, a decomposição desses resíduos deve ser considerada um importante processo de entrada de nutrientes para o solo, pois, resulta da mineralização dos elementos dos tecidos das plantas (Pavinato & Rosolem, 2008).

Resultados obtidos por Alcântaras *et al.* (2000) indicam incremento das concentrações de K, Ca, Mg, da soma de bases, da CTC e da saturação por base nas diferentes profundidades de um solo degradado, independentemente do tipo de resíduo aplicado. Outro ponto a se destacar é que a única fonte de suprimento de nutrientes foi o resíduo da serapilheira, com o intuito de verificar a capacidade desse material em melhorar a fertilidade do solo degradado.

Dentre os resíduos aplicados, o do marmeleiro ocasionou redução dos valores de pH, M.O. e V, além de aumento da H+Al. Em função da elevação da H+Al, houve redução do pH, provocando diminuição da saturação por bases (Tabela 5).

Um fator importante para esse resultado é o alto teor de manganês presente no resíduo do marmeleiro (Tabela 2), sendo aplicado na maior dose 1,58 kg ha⁻¹ de Mn no solo. O manganês favorece a degradação da lignina dos tecidos vegetais (Berg, 2000) por meio da atividade da Mn peroxidase, enzima responsável pelo processo (Perez & Jeffries, 1992). Todos esses fatos contribuíram para a rápida degradação dessas substâncias presentes em altas quantidades nos resíduos de marmeleiro, provocando estes efeitos negativos. Além disso, sua alta relação lignina/N (Tabela 2) tem como consequência a liberação de substâncias responsáveis pela acidificação do solo.

Na Tabela 6 pode-se observar que o aumento significativo da produção de massa seca da parte aérea do sorgo foi obtido com a aplicação dos resíduos de serapilheira das espécies sabiá, jurema-preta e pau-branco. Por outro lado, o acúmulo significativo de N foi obtido com a aplicação dos resíduos das espécies jurema-preta e pau-branco.

Tabela 5: Atributos químicos do solo, em função da aplicação de doses (kg/ha) da fração folhas da serapilheira de oito espécies da Caatinga, sob cultivo de sorgo

Variável	Doses	R ²
Mofumbo		
P (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 6,3509 + 0,0015x - 0,007^{**} x^2$	0,97
K (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 42,872 + 0,0043^{**} x$	0,98
Sabiá		
Na (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 88,374 - 0,0028^{**} x$	0,84
PST (%)	$\hat{y} = 9,2029 - 0,0003^{**} x$	0,78
Jucá		
K (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 27,271 + 0,0014^{**} x$	0,92
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 10,13 + 0,0003^{**} x$	0,91
Catingueira		
K (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 42,18 + 0,0032^{**} x$	0,95
Pereiro		
K (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 25,685 + 0,0068^{**} x$	0,97
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 6,065 + 0,0002^{**} x$	0,86
SB (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 20,053 + 0,0003^{**} x$	0,83
Pau-branco		
K (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = 42,032 + 0,0078^{**} x$	0,90
SB (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 17,784 + 0,0005^{*} x$	0,47
CTC (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 37,912 + 0,0007^{**} x$	0,48
Marmeleiro		
pH	$\hat{y} = 5,7565 - 0,005^{**} x$	0,55
M.O. (g dm ⁻³)	$\hat{y} = 5,105 - 0,0003^{**} x$	0,98
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 17,046 + 0,0009x - 0,0000008^{**} x^2$	0,76
V (%)	$\hat{y} = 53,917 - 0,0006^{**} x$	0,63

Verifica-se, na Figura 1, que a produção de massa seca da parte aérea respondeu de forma quadrática à aplicação das doses dos resíduos de sabiá (Figura 1A), jurema-preta (Figura 1B) e pau-branco (Figura 1C).

Os benefícios observados nos atributos do solo com a aplicação da serapilheira de mofumbo (teores de P e K),

juçá (teores de K e Ca) catingueira (teor de K) e pereiro (teores de K, Mg e SB), não se refletiram na produção de massa seca do sorgo. Apenas as aplicações das serapilheiras do sabiá, da jurema-preta e do pau-branco contribuíram para aumentos da produção do sorgo. A possível justificativa para esse fato é que o N foi o nutri-

Tabela 6: Valores médios, teste F e coeficiente de variação para matéria seca parte aérea (MS parte aérea) e acúmulo de nitrogênio (N) das plantas de sorgo, em função da aplicação de doses da fração folhas da serapilheira de oito espécies lenhosas da Caatinga

Doses	Mofumbo	Sabiá	Jurema-preta	Juçá	Catingueira	Pereiro	Pau-branco	Marmeleiro
kg ha⁻¹ N								
MS parte aérea (g/vaso)								
0	15,2	16,1	17,4	24,5	18,5	17,9	12,8	26,8
15	13,3	32,6	22,5	17,7	17,8	17,6	19,5	28,3
30	9,1	28,7	26,0	14,3	16,1	17,7	22,1	31,5
60	14,8	21,6	30,6	12,8	10,6	15,1	26,3	31,4
120	9,7	15,1	26,7	14,7	16,1	22,1	6,7	32,8
Teste F	ns	**	**	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	57,0	35,7	12,1	51,3	22,6	29,3	25,2	16,0
kg ha⁻¹ N								
Acúmulo de N (mg/vaso)								
0	92,4	113,5	114,9	146,4	115,1	121,7	83,4	141,1
15	77,3	183,4	183,9	111,8	108,4	128,2	111,8	126,3
30	75,9	155,7	172,3	82,5	106,5	110,3	145,0	158,2
60	88,9	133,9	185,6	77,4	71,0	86,6	153,7	146,2
120	86,7	99,7	211,2	83,5	123,2	116,7	68,2	149,8
Teste F	ns	ns	**	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	63,4	43,2	16,1	50,3	29,1	23,9	32,9	23,4

Acúmulo de N da jurema-preta ($\hat{y} = 146,83 + 0,0131^{**}x$; $R^2 = 0,62$), acúmulo de N do pau-branco ($\hat{y} = 82,65 + 0,0462x - 0,000007^{**}x^2$; $R^2 = 0,99$).^{ns}, * e ** - não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

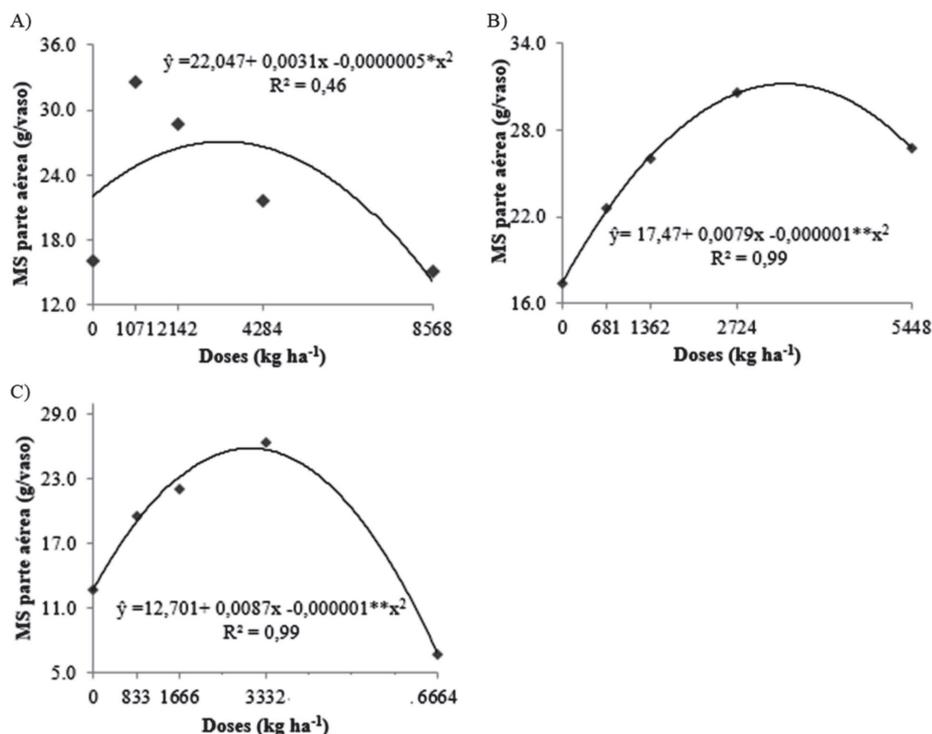


Figura 1: Efeitos da aplicação de doses da fração folhas da serapilheira de sabiá (A), jurema-preta (B) e pau-branco (C) sobre matéria seca da parte aérea das plantas de sorgo. ^{ns}, * e ** - Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

ente limitante para o aumento da produção do sorgo, tendo em vista o maior teor e as menores relações C/N, celulose/N e lignina/N das serapilheiras da jurema-preta e do pau-branco e a deficiência generalizada desse nutriente em solos da região semiárida (Sampaio *et al.*, 1995).

Por outro lado, a massa de sabiá não apresentou teor elevado de N, mas promoveu redução da sodicidade (Na e PST) do solo, o que foi suficiente para que as plantas de sorgo apresentassem incrementos de massa seca da parte aérea. A massa de jurema-preta, mesmo não resultando em diferenças significativas entre as doses aplicadas ao solo, proporcionou incremento na biomassa e acúmulo de N. A catingueira incrementou os teores de K no solo, porém, isso não refletiu na biomassa das plantas e no acúmulo de N. Entretanto, Souza *et al.* (2016) verificaram que os resíduos de catingueira proporcionaram mais matéria seca e maior acúmulo de nitrogênio na cultura do sorgo. A massa de pau-branco apresentou teor elevado de N, em sua composição, que as outras espécies (Tabela 2), o que pode explicar o aumento da produção de biomassa e do acúmulo de N nas plantas de sorgo.

Além disso, a massa de pau-branco foi a que apresentou a melhor relação entre os efeitos positivos no solo e o desenvolvimento das plantas de sorgo, cujos incrementos podem ser justificados pela rápida decomposição da serapilheira, graças a suas menores relações C/N e lignina/N e maior teor de celulose. A menor relação C/N implica rápida degradação, com consequente mineralização e disponibilização de nutrientes para as plantas. Segundo Pereira (2012), sob mesmas condições de clima e solo, a velocidade de decomposição dos resíduos e a liberação de N são influenciadas por características como relação C/N (Jama & Nair, 1996), teor de lignina e relação lignina/N (McDonagh *et al.*, 1995). Pegado (2008) atribuiu a decomposição mais intensa das folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.), à degradação de seus constituintes menos resistentes, como a celulose. Uma vez que as folhas de pau-branco apresentam os maiores teores de celulose, em relação a compostos mais recalcitrantes como a lignina (Tabela 2), associa-se com este fato a sua decomposição mais rápida.

Considerando-se os efeitos deletérios do resíduo de marmeleiro sobre a fertilidade do solo, com diminuição do pH, M.O., V e aumento de H+Al, não houve efeitos significativos no desenvolvimento das plantas de sorgo.

CONCLUSÕES

As doses equivalentes a duas vezes à dose padrão (120 kg ha⁻¹ de N) da fração folhas da serapilheira das espécies mofumbo, sabiá, jurema-preta, jucá, catingueira, pereiro e pau-branco foram as que proporcionaram aumentos dos atributos químicos do solo, como teores de P, K, Ca, Mg e SB e redução do Na e do PST.

A aplicação de doses equivalentes à dose padrão (60 kg ha⁻¹ de N) da fração folhas de serapilheira das espécies sabiá, jurema-preta e pau-branco proporcionam maior produção de matéria seca da parte aérea das plantas de sorgo.

O uso da fração folhas da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga tem potencial para melhorar os atributos químicos de solos em processo de degradação e, conseqüentemente, de elevar a produção das culturas agrícolas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pelo financiamento do projeto de pesquisa; à CAPES pela concessão da bolsa à primeira autora e à Embrapa Caprinos e Ovinos, pelo auxílio na condução do ensaio.

REFERÊNCIAS

- Alcântaras FA, Furtini Neto AE, Paula MB, Mesquita HA & Muniz JA (2000) Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:277-288.
- Alves JJA, Araújo MA & Nascimento SS (2009) Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. Revista Caatinga, 22:126-135.
- Amaral AS, Anghinoni I & Deschamps FC (2004) Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:115-123.
- Amorim LB, Salcedo IH, Pareyn FGC & Alvarez IA (2014) Assessment of nutrient returns in a tropical dry forest after clear-cut without burning. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 100:01-10.
- AOAC (2002) Official Method 990.03. Protein (crude) in animal feed, combustion method. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. 18ª ed. Arlington, AOAC International. p.30-31.
- Berg B (2000) Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. Forest Ecology and Management, 133:13-22.
- Cavalcante LF, Silva GF, Gheyri RH, Dias TJ, Alves J do C & Costa A de PM da (2009) Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 4:414-420.
- Fernandes VLB (1993) Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará. Fortaleza, Imprensa Universitária. 247p.
- Ferreira DF (2011) SISVAR: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, 35:1039-1042.
- Freire MBGS & Freire FJ (2007) Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais RF, Alvarez V VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB & Neves JCL (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa, SBCS. p.929-954.
- Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF & Brito EC (2007) Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1421-1428.

- Holanda JS, Vitti GC, Salviano AAC, Medeiros JDF & Amorim JRA (1998) Alterações nas propriedades químicas de um solo aluvial salino-sódico decorrentes da subsolagem e do uso de condicionadores. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:387-394.
- Jama BA & Nair PKR (1996) Decomposition and nitrogen mineralization patterns of *Leucaena* tropical semiarid conditions Kenya. *Plant and Soil*, 179:275-285.
- McDonagh JF, Toomsan B, Limpinuntana V & Giller KE (1995) Grain legumes and green manures as pre-rice crops in Northeast Thailand. II. Residue decomposition. *Plant and Soil*, 177:127-136.
- Meurer EJ (2006) Potássio. In: Fernandes MS (Ed.) *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, UFV. p. 281-298.
- Miyazawa M, Pavan MA, Muraoka T, Carmo CAFS & Mello WJ (2009) Análise química de tecido vegetal. In: Silva FC (Ed.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, Embrapa Informática Tecnológica. p.191-233.
- Pavinato OS & Rosolem CA (2008) Disponibilidade de nutrientes no solo: Decomposição e liberação de compostos orgânicos e resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:911-920.
- Pegado CMA, Barbosa LJN, Mendes JEMF, Souto PC & Souto JS (2008) Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. *Revista Caatinga*, 21:218-223.
- Pereira MG, Silva NA, Paula RR & Menezes LFT (2012) Aporte e decomposição de serapilheira em floresta periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. *Ciência Florestal*, 22:59-67.
- Perez J & Jeffries TW (1992) Roles of manganese and organic acid chelators in regulating lignin degradation and biosynthesis of peroxidases by *Phanerochate chrysosporium*. *Applied and Environmental Microbiology*, 58:2402-2409.
- Rodrigues JAS (2015) Cultivo do Sorgo. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1gal1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8301&p_r_p_-996514994_topicoId=9201>. Acessado em: 27 de janeiro de 2018.
- Sampaio EVSB, Salcedo IH & Silva FBR (1995) Fertilidade de Solos do Semi-Árido do Nordeste. In: Pereira JR & Faria CMB (Eds.) *Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome*. Petrolina, Embrapa/SBCS. p.51-71.
- Sampaio EVSB, Sampaio Y de SB, Vital T, Araújo MSB & Sampaio GR (2003) *Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência*. Recife, Editora Universitária da UFPE. 202p.
- Santos HG dos, Jacomine PKT, Anjos LHC dos, Oliveira VA de, Lumberas JF, Coelho MR, Almeida JA de, Cunha TJJ & Oliveira JB de (2013) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3ª ed. Brasília, Embrapa. 353p.
- Senger CCD, Kozloski GV, Sanches LMB, Mesquita FR, Alves TP & Castagnino DS (2008) Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 146:169-174.
- Silva FC, Abreu MF, Pérez DV, Eira PA, Abreu CA, Rajj B van, Gianello C, Coelho AM, Quaggio JÁ, Tedesco MJ, Silva CA, Cantarella H & Barreto WO (2009) Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: Silva FC (Ed.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p.107-190.
- Souza HA, Fernandes JKS, Primo AA, Melo MD, Silva LA, Pereira G de AC, Pompeu RCF, Guedes FL & Oliveira FRA de (2016) Potencial fertilizante de resíduos do estrato lenhoso de leguminosas da Caatinga como estratégia de recuperação de solo degradado cultivado com culturas anuais. Sobral, Embrapa Caprinos e Ovinos. 13p. (Comunicado Técnico, 158).
- Van Soest PJ, Robertson JB & Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597.