



Catingueira



Jurema



Sabiá

Potencial fertilizante de resíduos do estrato lenhoso de leguminosas da Caatinga como estratégia de recuperação de solo degradado cultivado com culturas anuais

Henrique Antunes de Souza¹
José Kioma Sousa Fernandes²
Anacláudia Alves Prima³
Maria Diana Melo⁴
Ludmyla Araújo Silva⁴
Graziella de Andrade Pereira Carvalho⁵
Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu⁶
Fernando Lisboa Guedes⁷
Francisco Ronaldo Alves de Oliveira⁸

Introdução

A agropecuária enfrenta desafios constantes em função do aumento da demanda por alimentos, portanto, práticas sustentáveis e ambientalmente menos degradantes são necessárias à manutenção de patamares satisfatórios de produtividade, principalmente do recurso solo. Assim, surge a necessidade de investimentos em forma de

fertilização, conservação e manutenção das propriedades do solo.

O sistema de cultivo tradicional, que utiliza técnicas como queimadas e desmatamento para preparar a área de plantio, manejo largamente praticado por pequenos agricultores no sertão nordestino, aparentemente se justifica por duas razões: limpeza rápida do terreno e melhoria da

¹Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI.

²Zootecnista, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE.

³Bióloga, mestre em Zootecnia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE.

⁴Graduanda em Zootecnia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE.

⁵Engenheira agrônoma, mestre em Zootecnia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE.

⁶Engenheiro agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE.

⁷Biólogo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE.

⁸Engenheiro agrônomo, mestre em Agronomia, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Cocal-PI.

fertilidade do solo pela adição de cinza. No entanto, a queimada traz apenas a vantagem econômica evidenciada no primeiro ano de cultivo, pois, com o fogo, perdem-se toneladas de matéria orgânica (em média, 18 t ha⁻¹) dos garranchos e de serapilheira, que iriam enriquecer o solo, mas acabam sendo transformados em cinza, que em termos de fertilidade do solo é irrelevante quimicamente (ARAÚJO FILHO, 2013). Assim, com o tempo, os danos causados por essa prática forçam o agricultor a mudar a área de cultivo, adotando a agricultura nômade. Em relação aos atributos do solo em região semiárida, Menezes et al. (2012) mencionam carência dos nutrientes N e P. Ainda, Souza et al. (2015), em levantamento da fertilidade do solo na região do sertão dos Inhamuns, Estado do Ceará, em propriedades de agricultores familiares, verificaram que 90% das áreas estudadas apresentaram baixas concentrações de M.O., enquanto que 50% das áreas estudadas apresentavam baixas concentrações de P.

Em ecossistemas naturais, existe uma integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, por meio de processos como ciclagem de nutrientes, acumulação e decomposição de matéria orgânica, entretanto, as atividades agrícolas promovem alterações nesses atributos, podendo gerar impacto ambiental negativo (KLIEMANN et al., 2010). A preocupação com a prevenção da degradação do solo, desertificação e recuperação de solos degradados, tem conduzido a necessidade de adição de matéria orgânica no solo, com isso, a adubação verde vem se destacando como uma alternativa viável na prática da agricultura sustentável, sendo a família das leguminosas a mais utilizada como adubo verde (ALCÂNTARA et al., 2000). Segundo esses autores, esse fato se deve a alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico mediante simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*.

O uso da adubação verde na agricultura possibilita a utilização mais sustentável da área agricultável, reduzindo os impactos causados pelo manejo do solo. Essa prática consiste na utilização de plantas, como as leguminosas, para melhorar a ciclagem de nutriente no solo e formação de cobertura vegetal, reduzindo a perda de umidade, fornecendo matéria

orgânica ao solo e amplificando a durabilidade das áreas agricultáveis ou restabelecendo áreas com solos degradados. A associação de leguminosas a outras espécies, como as gramíneas, de elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), pode permitir que os aumentos nos teores de matéria orgânica obtidos com a adubação verde permaneçam por mais tempo no solo (FARIA et al., 2007).

Sabe-se pouco sobre o uso de resíduos de vegetais de leguminosas no semiárido nordestino, sobretudo considerando a leguminosa mais apropriada e qual parte dela promove o melhor desenvolvimento de culturas alimentares e atributos físicos e químicos do solo (OLIVEIRA, 2013).

Em estudo da fixação de nitrogênio de leguminosas arbóreas da Caatinga, Freitas et al. (2010) citam que em áreas de regeneração nativa, em que a sucessão está dominada por espécies fixadoras de nitrogênio, o aporte desse elemento pode chegar a 130 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Esses autores destacam, ainda, que a espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (jurema-preta) apresenta grande potencial de fixar nitrogênio. Logo, é possível que a administração dos resíduos de espécies leguminosas da Caatinga possa ser empregada como fertilizante. Neste sentido, Almeida et al. (2008) citam que o uso de fertilizante de leguminosas, produto derivado do corte, desidratação e moagem da biomassa aérea de leguminosas, pode incrementar sistemas produtivos como fonte de nitrogênio, principalmente sistemas orgânicos, agroecológicos e de baixo emprego de insumos.

Há que se destacar que o emprego de ramos ou a serapilheira de leguminosas do estrato lenhoso de espécies da Caatinga pode ser alternativa de fertilização, tornando-se premissa conhecer os efeitos desses adubos verdes no desenvolvimento de culturas agrícolas e forrageiras. Outro questionamento é a forma de aplicação desses materiais, considerando que o emprego em formas moídas ou trituradas pode maximizar os efeitos de mineralização dos nutrientes.

Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de milho, sorgo e milheto em casa de vegetação, sob a adubação verde com resíduos de leguminosas nativas da

Caatinga *Mimosa caesalpiniaefolia* Bentham (sabiá), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (jurema-preta) e *Poincianeira pyramidalis* Tul. L. P. Queiroz (catingueira) nas formas moídas e não moídas.

Metodologia

O ensaio foi conduzido na Embrapa Caprinos e Ovinos em Sobral-CE, em casa de vegetação, que possui sistema de irrigação por aspersão e controle da umidade do ar ($\pm 80\%$) e temperatura média de 28 °C. O período de avaliação foi de junho a agosto de 2015, em vasos preenchidos com 12,5 dm⁻³ de solo. O solo utilizado foi um Planossolo Nátrico coletado na camada de 0-0,2 m proveniente do município de Irauçuba-CE (-03° 47' 2796359'' e -39° 47' 595860''), ainda considerando a análise de solo segundo o boletim de recomendação de adubação e calagem para o estado do Ceará, as concentrações de matéria orgânica (5 g kg⁻¹), fósforo (10 mg kg⁻¹), cálcio (10 mmolc dm⁻³) e alumínio (3 mmolc dm⁻³) estavam classificadas como baixo e as concentrações de potássio (70 mg kg⁻¹) e magnésio (6 mmolc dm⁻³) como médio, sendo o pH (5,4) classificado como acidez média conforme

Fernandes (1993). Os teores de argila, silte e areia do solo foram 82; 28 e 890 g kg⁻¹, respectivamente, com classificação com textura arenosa.

O delineamento empregado foi inteiramente casualizado, sendo conduzido três ensaios, um para cada cultura anual (milho, milho e sorgo), que consistiu de um fatorial 3 x 2 + 1, sendo três resíduos de leguminosas (jurema, sabiá e catingueira) e duas formas de manejo do resíduo sendo moído e não moído, com um tratamento adicional que constou da não aplicação de adubo verde, com três repetições e um vaso por parcela.

As espécies cultivadas foram milho (*Zea mays*, AL Piratininga), sorgo (*Sorghum bicolor*, BRS Ponta Negra) e milho (*Penisetum glaucum*, BRS 1503). Plantaram-se 10 sementes por vaso, deixando-se, após a germinação, as duas plântulas mais vigorosas. Como cobertura vegetal, foi utilizado o resíduo de leguminosas de sabiá, catingueira e jurema preta na quantidade equivalente a 7 t ha⁻¹ (em base seca) (OLIVEIRA, 2013), que consistiu da coleta de folhas e galhos, sendo estes tenros (< 0,8 cm de diâmetro), cujos resultados da análise química estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química dos resíduos de leguminosas.

	C	Lignina	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	C/N	Lignina/N
	----- g kg ⁻¹ -----							----- mgkg ⁻¹ -----							
Catingueira (<i>Poincianeirapyramidalis</i>)	463	164	24,5	2,08	9,0	18,3	0,77	2,0	6	112	16	38	50	18,9	6,7
Jurema (<i>Mimosa tenuiflora</i>)	461	126	15,4	1,25	9,7	6,1	1,31	1,6	8	88	14	22	17	29,9	8,2
Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>)	475	219	17,5	1,24	8,4	11,0	1,90	1,6	6	116	14	30	22	27,1	12,5

As amostras de materiais verdes de sabiá, jurema e catingueira foram coletadas no Centro de Convivência com o Semiárido (Embrapa Caprinos e Ovinos). Os resíduos utilizados foram previamente secos em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C. O material que foi destinado aos tratamentos na forma moída foi triturado em moinho tipo Wiley (malha de 1 mm) e os materiais não moídos foram picotados de modo que coubessem na área do

vaso. O preparo foi procedido de maneira análoga a Oliveira (2013).

As avaliações das plantas foram procedidas 65 dias após a sua germinação, sendo mensurados os seguintes parâmetros: a altura da planta (do colo ao pendão da planta ou última folha recém-expandida, coletada com auxílio de régua graduada em centímetros), o diâmetro de colmo

(a 2-3 centímetros do colo da planta coletado com auxílio de paquímetro, em centímetros), o número de folhas, a área foliar (realizado com aparelho medidor de área foliar LI3100 - LICOR® em centímetros quadrados), o teor relativo de clorofila (coletada com clorofilômetro – Minolta SPAD502®), a massa seca (secagem da planta até peso constante em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C), o índice de proteína bruta, o acúmulo de nitrogênio nas plantas (obtido pela multiplicação do teor de nitrogênio e a massa seca em cada fração – folha e colmo – e somado os valores), a eficiência agrônômica (produção de massa seca com o adubo verde subtraído da produção de massa seca na testemunha, dividido pela quantidade de nitrogênio aplicada), a taxa de recuperação de nitrogênio (quantidade de nitrogênio acumulado na planta com o adubo verde subtraído da quantidade de nitrogênio acumulado na testemunha, dividido pela quantidade de nitrogênio aplicado, multiplicado por 100) e a eficiência fisiológica (produção de massa seca obtida na planta com adubo verde subtraído da produção de massa seca na testemunha, dividido pelo acúmulo de nitrogênio da planta adubada, subtraído do acúmulo da planta testemunha). A análise do teor de nitrogênio foi procedida segundo Miyazawa et al. (2009); e a eficiência agrônômica, fisiológica e taxa de recuperação conforme Fageria (1998).

Após a retirada das plantas do vaso, procedeu-se à coleta de solo nos primeiros 10 centímetros para a análise de nitrogênio inorgânico, segundo método proposto por Cantarella e Trivelin (2001). A umidade do solo foi determinada e os resultados corrigidos para solo seco.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo procedido ao teste F e foi realizado o teste de médias (Tukey 5%). Procedeu-se também à análise de contraste entre a adubação verde e o tratamento adicional (controle). O software estatístico utilizado foi o SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussões

Cultura do milho

A altura e a área foliar do milho para os adubos procedentes de resíduos de catingueira e jurema

foram superiores ao resíduo de sabiá, ainda, para a concentração de nitrogênio na forma de nitrato no solo, nitrogênio inorgânico ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) no solo e para o número de folhas o adubo verde de catingueira foi superior ao de sabiá; para o índice relativo de clorofila o resíduo de jurema apresentou maiores valores em detrimento ao de sabiá; este mesmo adubo verde foi superior aos demais para eficiência agrônômica e a taxa de recuperação de nitrogênio (Tabela 2). Com relação ao fator formas de aplicação, a concentração de nitrato e de nitrogênio inorgânico ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$), a altura de planta, a massa seca total, o acúmulo de nitrogênio total, a eficiência agrônômica e a taxa de recuperação de nitrogênio foram influenciadas positivamente pela aplicação dos resíduos não moídos em relação aos moídos (Tabela 2).

Assim, a estratégia de não triturar ou moer o material, que implica em mais uma etapa, além da coleta dos ramos, pode ser dispensada quando se avalia a cultura do milho. Era de se esperar superioridade dos resultados para a forma de aplicação moída, no entanto, pode ter ocorrido uma rápida degradação do material moído, culminando, em possíveis perdas por lixiviação dos nutrientes.

A superioridade verificada para o adubo verde de catingueira para a maior concentração de nitrogênio no solo pode estar relacionada aos menores valores das relações C/N e Lignina/N (Tabela 1), que contribuíram possivelmente para maior mineralização dos nutrientes.

A análise de contraste revelou para as variáveis altura de plantas, diâmetro, número de folhas, área foliar, massa seca, acúmulo de nitrogênio e proteína no colmo incrementos da ordem de 76 %, 39 %, 24 %, 134 %, 65 %, 69 % e 81%, respectivamente, em relação ao controle. Nascimento e Silva (2003) constataram a eficiência de leguminosas em proporcionar maior crescimento de plantas de milho em relação à adubação mineral. Os autores testaram doze espécies de leguminosas, sendo que a cunhã (*Clitoria ternatea* L), lab-lab (*Dolichos lablab* L) e mucuna preta (*Stylobium aterrimum* L) foram as que apresentaram os maiores valores, se equiparando com as parcelas de adubação mineral, ainda justificam que isso se deve ao maior aporte

Tabela 2. Valores médios, teste F e coeficiente de variação para concentração de nitrogênio no solo, variáveis biométricas (altura, diâmetro, número de folhas e área foliar), índice relativo de clorofila (IRC), massa seca total (MS), acúmulo de nitrogênio total (Acúm N), proteína bruta na folha (PB Folha) e colmo (PB Colmo), eficiência agrônômica (Ef Agron), taxa de recuperação de nitrogênio (Taxa Recup N) e eficiência fisiológica do nitrogênio (Ef Físio N) de plantas de milho (*Zea mays*, AL Piratininga) em função das espécies utilizadas como adubação verde.

Adubo Verde (AV)	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N min.	Alt.	Diâm.	Nº Folhas	IRC	Área foliar	MS	Acúm N	PB Folha	PB Colmo	Ef. Agron.	Taxa de Recup. N	Ef. Físio. N
	----- mg kg ⁻¹ -----			----- cm -----				cm ²	g planta ⁻¹	mg g ⁻¹	----- % -----		g g ⁻¹	%	g g ⁻¹
Catingueira	0,56	9,67a ¹	10,23a	90,9a	0,98	11,5a	21,4ab	1758,2a	20,6	149	5,6ab	2,4	14,3b	11,2b	155
Jurema	0,51	7,38ab	7,94ab	96,5a	0,85	10,0ab	25,7a	1668,2a	22,4	153	5,3b	2,6	31,4a	23,0a	97
Sabiá	0,57	6,37b	6,95b	49,3b	0,80	9,5b	16,3b	1234,2b	16,2	134	7,5a	3,7	11,4b	12,2b	79
Teste F	0,31ns	4,97*	4,81*	15,75**	3,16ns	4,74*	8,60**	8,22**	3,60ns	0,95ns	5,29*	2,55ns	13,20**	15,25**	2,23ns
Forma de Aplicação (FA)															
Moido	0,50	6,78b	7,31b	70,1b	0,86	10,0	21,7	1437,8	16,4b	116b	6,6	3,0	12,0b	9,1b	94
Não Moido	0,59	8,83a	9,42a	87,7a	0,88	10,2	20,4	1669,3	23,0a	175a	5,6	2,8	26,1a	21,8a	127
Teste F	1,60ns	5,49*	5,60*	5,45*	0,11ns	0,98ns	0,53ns	4,21ns	11,43**	24,84**	2,29ns	0,26ns	16,63**	43,71**	1,15ns
AV x FA	2,23ns	3,38ns	3,67ns	6,25*	1,74ns	2,62ns	4,48ns	9,65**	8,92**	16,24**	6,41*	2,76ns	11,92**	25,05**	0,48ns
CV (%)	26,3	23,7	22,5	20,2	14,6	9,8	18,6	15,4	20,7	17,3	21,4	36,1	38,3	26,5	58,3
Contraste															
Adubo Verde (médias)	0,54	7,80	8,37	78,9	0,88	10,3	21,1	1553,5	19,7	146	6,1	2,9	-	-	-
Testemunha	0,38	6,48	6,86	44,0	0,63	8,3	18,8	661,8	11,9	82	7,7	1,6	-	-	-
Teste F	2,45ns	1,51ns	1,90ns	10,06**	9,78**	4,23*	1,00ns	36,25**	9,62**	19,22**	1,91ns	4,16*	-	-	-

ns, * e ** - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). N min. - nitrogênio mineralizado (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻). Alt. - altura; Diâm. - diâmetro.

de nitrogênio incorporado ao solo pela fixação biológica promovida por bactérias associadas às leguminosas.

Oliveira (2013) trabalhou com resíduos de leguminosas arbóreas (*Mimosa caesalpiniiifolia*, *Mimosa hostilis* e *Gliricidia sepium*) como fonte de nutrientes na cultura do milho e verificou incremento no desenvolvimento das plantas que receberam essa forma de fertilização em comparação com a testemunha absoluta. Em relação ao desdobramento da interação adubos verdes e formas de aplicação quando do emprego dos resíduos de leguminosas moídos, houve maior altura e área foliar para catingueira e jurema; ainda o fertilizante de jurema proporcionou maior índice relativo de clorofila e o adubo de catingueira maiores teores de massa seca e acúmulo de nitrogênio (Tabela 3). Quando se avaliam os resíduos não moídos, houve superioridade quando

do emprego da jurema para as variáveis altura, massa seca total, acúmulo de nitrogênio e eficiência agrônômica, para a variável proteína bruta na folha, obtiveram-se maiores teores para o adubo verde a base de sabiá; e para a taxa de recuperação de nitrogênio os maiores valores foram obtidos quando do emprego da jurema e sabiá.

Ainda, obtêm-se maiores valores para altura de plantas e taxa de recuperação do nitrogênio quando do emprego dos fertilizantes verdes de sabiá e jurema não moídos; para proteína bruta na folha, há superioridade da forma de aplicação moída para sabiá e catingueira, e realizando o mesmo raciocínio, há maior índice relativo de clorofila para a forma moída para o adubo verde de jurema, para esse fertilizante, ressalta-se que, quando aplicado na forma não triturada, houve maiores valores de massa seca, acúmulo de nitrogênio e eficiência agrônômica (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de altura, índice relativo de clorofila (IRC), área foliar, massa seca (MS), acúmulo de nitrogênio (Acúm N), proteína bruta na folha (PB Folha), eficiência agrônômica (Ef Agron) e taxa de recuperação do nitrogênio (Taxa Recup N) de plantas de milho (*Zea mays*, AL Piratininga) em função da interação adubos verdes e formas de aplicação.

		Catingueira	Jurema	Sabiá
Altura (cm)	Moído	100,5aA ¹	82,1aB	27,8bB
	Não Moído	81,3abA	110,9aA	70,7bA
IRC	Moído	19,3bA	30,2aA	15,8bA
	Não Moído	23,3aA	21,2aB	16,7aA
Área foliar (cm ²)	Moído	1970,4aA	1495,4aA	847,5bA
	Não Moído	1545,9aA	1840,9aA	1620,9aA
MS (g planta ⁻¹)	Moído	22,4aA	14,3abB	12,8bA
	Não Moído	18,7bA	30,6aA	19,6bA
Acum. N (mg g ⁻¹)	Moído	156aA	80bB	113abA
	Não Moído	142bA	228aA	156bA
PB Folha (%)	Moído	7,5aA	5,4aA	6,8aA
	Não Moído	3,6bB	5,1bA	8,2aA
Ef. Agron. (g g ⁻¹)	Moído	17,3aA	13,8aB	4,9aB
	Não Moído	11,3bA	48,9aA	17,9bA
Taxa de Recup. N (%)	Moído	12,4aA	7,6aB	7,2aB
	Não Moído	9,9bA	38,4aA	17,2aA

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

De maneira geral, constata-se que a maior eficiência nutricional do nitrogênio (agronômica e taxa de recuperação) estão atrelados à aplicação dos adubos verdes não moídos para jurema e sabiá, sendo que para catingueira é indiferente a forma de aplicação. Maior produtividade de massa seca e acúmulo de nitrogênio foram obtidos para a leguminosa catingueira moída. Por outro lado, quando não triturado, os maiores valores foram observados para jurema.

A justificativa para a superioridade da catingueira está nas maiores quantidades aportadas de nutrientes, que podem ser verificadas na Tabela 1. Adicionalmente, essa espécie também apresenta menor relação C/N e lignina/N; porém a jurema, em relação aos demais adubos verdes, apresentou menor teor de lignina, quando comparado com a catingueira e sabiá, ou seja, menor quantidade de carbono recalcitrante, estando, boa parte dele, na forma solúvel e passível de ser degradado, e teoricamente disponibilizado para as plantas (BERG, 2000).

Entre as várias espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio, Freitas et al. (2010) comentam que a *Mimosa tenuiflora* (jurema) apresenta grande capacidade de aporte de nitrogênio por fixação biológica.

Cultura do sorgo

Na cultura do sorgo, houve significância para as características biométricas altura e área foliar, para índice relativo de clorofila, para massa seca, para acúmulo de nitrogênio, para eficiência agrônômica e taxa de recuperação de nitrogênio, tendo a leguminosa catingueira superioridade em relação aos demais adubos verdes estudados (Tabela 4). Para o fator forma de aplicação, houve distinção para as variáveis nitrogênio inorgânico e eficiência agrônômica, sendo que para estas a forma não moída foi superior em relação à forma triturada. Os incrementos verificados no contraste foram de 90 %, 16 %, 69 % e 74 %, respectivamente para altura de planta, número de folhas, área foliar e massa seca em relação ao controle (Tabela 4). Andrade Neto et al. (2010) constataram que o sorgo na presença de adubação com leguminosas (*Mucuna aterrima*, *Canavalia ensiformis*, *Cajanus*

cajan, *Dolichos lab-lab*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e *Vigna unguiculata*) apresentou maior desenvolvimento do parâmetro altura em relação a não aplicação de leguminosas.

Em relação ao desdobramento da interação, observa-se que para a forma moída, o adubo verde catingueira promoveu superioridade em relação aos demais para altura, índice relativo de clorofila, área foliar, eficiência agrônômica e taxa de recuperação do nitrogênio. A eficiência fisiológica foi maior para o fertilizante de jurema. Para a forma de aplicação não moída, a catingueira foi superior aos demais para altura, índice relativo de clorofila e área foliar; no entanto, para a taxa de recuperação e eficiência fisiológica do nitrogênio, sobressaíram-se os adubos verdes jurema e sabiá, respectivamente. Quando se avalia cada adubo verde, para catingueira a forma moída foi superior a não moída. Resultado oposto foi observado para o adubo verde de sabiá. Para o fertilizante de jurema, maiores valores de altura, índice relativo de clorofila e eficiência fisiológica do nitrogênio foram constatados para a forma moída e a recuperação de nitrogênio observaram-se maiores resultados para a forma não moída. (Tabela 5).

Para a cultura do sorgo, fica evidente a superioridade da catingueira em detrimento dos demais, principalmente na forma moída, cujas justificativas podem residir no maior teor de nutrientes presentes no adubo verde e maior área de superfície específica, quando moído, facilitando a degradação do material.

Andrade Neto et al. (2010), em seu experimento envolvendo o crescimento e desenvolvimento do sorgo BRS 601, observaram que a adubação verde com a leguminosa mucuna preta (*Mucuna aterrima*) proporcionou maior aumento na produção de fitomassa aérea.

Cultura do milho

A cultura do milho apresentou significância para o fator adubo verde nas variáveis acúmulo de nitrogênio e taxa de recuperação do nitrogênio, sendo que em ambas as variáveis o adubo a base de sabiá foi superior (Tabela 6). Em relação às formas de aplicação, houve superioridade para

Tabela 4. Valores médios, teste F e coeficiente de variação para concentração de nitrogênio no solo, variáveis biométricas (altura, diâmetro, número de folhas e área foliar), índice relativo de clorofila (IRC), massa seca total (MS), acúmulo de nitrogênio total (Acúm N), proteína bruta na folha (PB Folha) e colmo (PB Colmo), eficiência agronômica (Ef Agron), taxa de recuperação de nitrogênio (Taxa Recup N) e eficiência fisiológica do nitrogênio (Ef Físio N) de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*, BRS Ponta negra) em função de diferentes espécies utilizadas como adubos verdes e formas de aplicação.

Adubo Verde (AV)	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N min.	Alt.	Diâm.	Nº Folhas	IRC	Área foliar	MS	Acúm N	PB Folha	PB Colmo	Ef. Agron.	Taxa de Recup. N	Ef. Físio. N
	----- mg kg ⁻¹ -----	----- cm -----	----- cm -----	----- cm -----	----- cm -----	-----	-----	cm ²	g planta ⁻¹	mg g ⁻¹	----- % -----	-----	g g ⁻¹	%	g g ⁻¹
Catingueira	0,54	6,94	7,48	103,8a1	1,09	9,2	28,7a	2659,8a	39,4a	161a	6,6	3,0	41,1a	9,5a	528
Jurema	0,61	6,82	7,43	64,4b	0,89	8,4	24,4b	1802,4b	19,9b	122ab	5,9	1,5	25,8b	7,4ab	568
Sabiá	0,53	7,16	7,69	56,6b	0,88	8,0	24,1b	1619,7b	17,9b	108b	5,6	1,9	14,7b	3,9b	582
Teste F	0,78ns	0,06ns	0,24ns	42,94**	2,47ns	2,52ns	6,22*	39,95**	20,52**	6,10*	0,95ns	1,28ns	14,75**	4,83*	0,07ns
Forma de Aplicação (FA)															
Moido	0,58	6,26	6,84b	79,6	0,95	8,2	26,7	2051,6	28,0	138	5,9	2,6	31,7a	7,9	503
Não Moido	0,54	7,68	8,22a	70,2	0,95	8,8	24,6	2003,1	23,4	122	5,9	1,7	22,8b	6,0	615
Teste F	0,38ns	2,91ns	4,83*	4,42ns	0,01ns	1,98ns	3,33ns	0,22ns	2,29ns	1,60ns	0,01ns	1,29ns	4,98*	1,70ns	0,86ns
AV x FA	2,56ns	0,06ns	2,29ns	12,12**	2,25ns	0,49ns	5,95*	12,49**	3,81ns	3,42ns	1,11ns	0,69ns	6,43*	8,75**	9,50**
CV (%)	23,1	25,3	15,6	12,6	19,2	11,3	9,8	10,6	25,0	20,8	21,2	79,9	31,1	44,5	45,5
Contraste															
Adubo Verde (médias)	0,56	6,97	7,53	74,9	0,96	8,5	25,7	2027,3	25,7	130	5,9	2,2	-	-	-
Testemunha	0,62	7,04	7,66	39,3	0,83	7,3	22,5	1195,4	14,7	111	6,6	2,5	-	-	-
Teste F	0,53ns	0,01ns	0,23ns	26,36**	1,23ns	4,25*	0,97ns	28,82**	7,99*	1,50ns	0,73ns	0,13ns	-	-	-

ns, * e ** - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). N min. - nitrogênio mineralizado (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻). Alt. - altura; Diam. - diâmetro.

Tabela 5. Valores médios de altura, índice relativo de clorofila (IRC), área foliar, eficiência agrônômica (Ef. Agron.), taxa de recuperação do nitrogênio (Taxa Recup. N) e eficiência fisiológica do nitrogênio (Ef. Físio. N) de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*, BRS Ponta negra) em função da interação adubos verdes e formas de aplicação.

		Catingueira	Jurema	Sabiá
Altura (cm)	Moído	119,1aA1	73,5bA	46,3cB
	Não Moído	88,4aB	55,4bB	67,0bA
IRC	Moído	29,9aA	27,9abA	22,5bA
	Não Moído	27,4aA	20,8bB	25,5abA
Área foliar (cm ²)	Moído	2902,4aA	1963,9bA	1288,4cB
	Não Moído	2417,4aB	1640,9bA	1950,9abA
Ef. Agron. (g g ⁻¹)	Moído	54,3aA	30,4bA	10,3cA
	Não Moído	28,1aB	21,2aA	19,1aA
Taxa de Recup. N (%)	Moído	13,3aA	4,1bB	6,3bA
	Não Moído	5,6abB	10,7aA	1,7bA
Ef. Físio. (g g ⁻¹)	Moído	516abA	809aA	186bB
	Não Moído	540abA	327bB	978aA

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

a forma moída para a concentração de amônio, acúmulo e taxa de recuperação de nitrogênio, e para a eficiência fisiológica do nitrogênio a não moída proporcionou maiores valores (Tabela 6). Os incrementos verificados no contraste dos adubos verdes com o controle foram 46 %, 38% e 31 %, respectivamente para altura, área foliar e massa seca de planta (Tabela 6).

Com relação ao desdobramento da interação, quando se avalia a forma moída, houve superioridade dos adubos verdes jurema e catingueira para área foliar. Nas variáveis acúmulo e taxa de recuperação do nitrogênio, o fertilizante de sabiá se sobressaiu em relação aos demais (Tabela 7). Quando se estuda o efeito dos fertilizantes na forma não triturada, observa-se superioridade do sabiá para área foliar e eficiência fisiológica do nitrogênio (Tabela 7). O resíduo de catingueira na forma moída proporcionou maior área foliar em detrimento da não moída. Para sabiá, o modo de aplicação moída proporcionou maiores acúmulo e taxa de recuperação para nitrogênio em relação a não moída, sendo verificado resultado

oposto para área foliar e eficiência fisiológica do nitrogênio (Tabela 7).

Das culturas estudadas, o milho e o sorgo foram responsivos à aplicação dos adubos verdes. O milheto apresentou menor número de variáveis significativas com o emprego das leguminosas, provavelmente devido à maior rusticidade dessa cultura, ou seja, na capacidade de produção em condições de menor disponibilidade de nutrientes (MARCANTE et al., 2011).

O fertilizante de leguminosa à base de catingueira proporcionou maiores valores de massa seca para milho e sorgo, com destaque para a forma moída. Outro ponto a ser destacado é a taxa de recuperação do nitrogênio, cujos valores médios (das três culturas anuais estudados) foram de 8,1 %; 11,6 % e 9,9 % para catingueira, jurema e sabiá, respectivamente.

Lima (2009) constatou em seu trabalho sobre decomposição de serapilheira de espécies de leguminosas arbóreas da Caatinga, que a

Tabela 6. Valores médios, teste F e coeficiente de variação para concentração de nitrogênio no solo, variáveis biométricas (altura, diâmetro, número de folhas e área foliar), índice relativo de clorofila (IRC), massa seca total (MS), acúmulo de nitrogênio total (Acúm N), proteína bruta na folha (PB Folha) e colmo (PB Colmo), eficiência agronômica (Ef Agron), taxa de recuperação de nitrogênio (Taxa Recup N) e eficiência fisiológica do nitrogênio (Ef Físio N) de plantas de milheto (*Penisetum glaucum*, BRS 1503) em função de diferentes espécies utilizadas como adubos verdes e formas de aplicação.

Adubo Verde (AV)	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N min.	Alt.	Diâm.	Nº Folhas	IRC	Área foliar	MS	Acúm N	PB Folha	PB Colmo	Ef. Agron.	Taxa de Recup. N	Ef. Físio. N
	----- mg kg ⁻¹ -----	----- cm -----						cm ²	g planta ⁻¹	mg g ⁻¹	---- % ----		g g ⁻¹	%	g g ⁻¹
Catingueira	0,48	7,26	7,74	117,9	0,74	7,2	24,2	581,8	21,7	98b	6,4	1,5	10,8	3,8b	594
Jurema	0,50	7,61	8,11	120,1	0,72	6,9	23,1	647,4	19,3	89b	6,6	3,5	10,8	4,6b	420
Sabiá	0,58	8,05	8,63	115,8	0,76	8,7	21,4	582,1	18,8	138a	7,5	2,7	10,9	13,6a	804
Teste F	2,17ns	0,17ns	0,23ns	0,06ns	0,16ns	2,08ns	0,26ns	1,94ns	3,75ns	22,84**	0,12ns	0,69ns	0,01ns	27,46**	1,22ns
Forma de Aplicação (FA)															
Moido	0,59a	7,97	8,56	116,9	0,77	7,7	23,9	603,8	19,9	131a	7,5	2,4	9,8	11,3a	357b
Não Moido	0,44b	7,31	7,75	118,9	0,71	7,5	21,8	603,8	19,8	87b	6,2	2,7	11,9	3,3b	855 ^a
Teste F	12,31**	0,36ns	0,51ns	0,04ns	1,01ns	0,04ns	0,45ns	0,01ns	0,01ns	49,89**	0,53ns	0,04ns	1,02ns	44,97**	6,14*
AV x FA	1,94ns	0,66ns	0,65ns	0,89ns	1,55ns	0,42ns	0,64ns	16,35**	2,05ns	25,33**	0,18ns	1,60ns	2,29ns	49,08**	7,27**
CV (%)	17,4	30,9	29,0	18,1	20,5	21,7	30,2	11,0	9,8	12,2	58,5	116,9	41,8	34,8	70,4
Contraste															
Adubo Verde (médias)	0,52	7,64	8,17	117,9	0,74	7,6	22,8	603,8	19,9	109	6,9	2,6	-	-	-
Testemunha	0,65	8,28	8,92	80,9	0,70	7,7	20,9	438,0	15,2	120	7,9	2,5	-	-	-
Teste F	4,02ns	0,20ns	0,27ns	5,47*	0,21ns	0,01ns	0,22ns	16,71**	16,41**	0,36ns	0,17ns	0,01ns	-	-	-

ns, * e ** - não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

^aMédias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). N min. - nitrogênio mineralizado (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻). Alt. - altura; Diam. - diâmetro.

Tabela 7. Valores médios de altura, acúmulo de nitrogênio (Acum N), taxa de recuperação do nitrogênio (Taxa Recup N) e eficiência fisiológica do nitrogênio (Ef Físio N) de plantas de milho (*Penisetum glaucum*, BRS 1503) em função da interação adubos verdes e formas de aplicação.

		Catingueira	Jurema	Sabiá
Área foliar (cm ²)	Moído	672,0aA1	679,1aA	460,1bB
	Não Moído	491,6bB	615,7abA	704,0aA
Acum. N (mg g ⁻¹)	Moído	110bA	92bA	191aA
	Não Moído	87aA	88aA	85aB
Taxa de Recup. N (%)	Moído	5,1bA	3,2bA	25,9aA
	Não Moído	2,5aA	6,1aA	1,3aB
Ef. Físio. N (g g ⁻¹)	Moído	725aA	314aA	31aB
	Não Moído	463bA	525bA	1580aA

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

catingueira apresentou maior taxa de liberação de nutrientes que as outras espécies estudadas por ele (*Auxemmaoncocalyx* e *Mimosa caesalpiniaefolia*). Isso possivelmente explica os maiores valores obtidos com a adubação verde de catingueira, principalmente os observados na cultura do sorgo.

Moura (2010) cita que as serapilheiras de catingueira e jurema apresentam maiores taxas de decomposição, em comparação com outras espécies, pelos elevados teores de nitrogênio destas, e também por apresentarem folhas menores (folíolos) e tenras em relação a espécies com folhas coriáceas.

Conclusões

A aplicação de adubo verde utilizando resíduos de leguminosas da catingueira, sabiá e jurema preta, incrementou variáveis biométricas, biomassa e a eficiência nutricional de plantas de milho, sorgo e milho. O fertilizante de leguminosa à base de catingueira pode ser empregado como alternativa para adubação verde em solos degradados. As taxas médias de recuperação aparente de nitrogênio para os adubos verdes de catingueira, jurema e sabiá foram 8,1%; 11,6% e 9,9%, respectivamente.

Referências

- ALCÂNTARA, F. A.; FONTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev. 2000. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/16801/1/pab98_084.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015.
- ALMEIDA, M. M. T. B.; LIXA, A. T.; SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; De-POLLI, H.; RIBEIRO, R. L. D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n.6, p.675-682, jun. 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/119695/1/Fertilizantes-de-leguminosas-como-fontes-alternativas.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2015.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124-130, jan. 2010.

AQUINO, A. B. de; AQUINO, B. F. de; FERREYRA HERNANDEZ, F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I. da; UCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará.** Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.

ARAÚJO FILHO, J. A. de. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga.** Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2013. 195 p.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turn over in northern forest soils. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 133, n. 1/2, p. 13-22, Aug. 2000.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p. 270-276.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, jan./abr. 1998. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58572/1/006.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

FARIA, C. M. B. de; COSTA, N. D.; FARIA, A. F. Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 299-307, 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145203/1/Clementino.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer e statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FREITAS, A. D. S.; SAMPAIO, E.V. S. B.; SANTOS, C. E. R. S. ; FERNANDES, A. R. Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian Semi-arid Caatinga. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 344-349, 2010.

LIMA, F. W. C. **Efeitos dos fatores físicos e biológicos sobre a decomposição e liberação de nutrientes da folhagem de espécies arbóreas da Caatinga.** 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2009.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da. Decomposição da palhada de plantas de cobertura. In: SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. (Ed.). **Plantas de cobertura dos solos do cerrado.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p. 45-57.

MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES, J. F. P. Teores de Nutrientes no milho como cobertura de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 196-204, Mar./Apr. 2011.

MENEZES, R. S. C; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIONGO, V.; PÉREZ-MARIN, A. M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p. 643-653, 2012.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. p. 191-234.

MOURA, P. M. **Ciclagem de biomassa e nutrientes em estádios sucessionais de Caatinga.** 2010. 99 f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F. Efeito de leguminosas e de adubação mineral na produção do milho em Luvisolo degradado de Alagoinha, PB. **Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v. 24, n. 2, p. 103-111, 2003.

OLIVEIRA, F. R. A. **Resíduo de leguminosas e o desenvolvimento do milho: uma aproximação para sistemas agrissilvipastoris no semiárido.** 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, H. A. de; CAVALCANTE, A. C. R.; TONUCCI, R. G.; POMPEU, R. C. F. F.; SOUZA, M. C. M. R. de. **Diagnóstico da fertilidade do solo em áreas de sequeiro de agricultores familiares em municípios do Sertão dos Inhamuns, Ceará.** Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2015. 9 p. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Comunicado Técnico, 145). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126439/1/cnpc-2015-Cot-145.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

Comunicado
Técnico, 158

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Caprinos e Ovinos

Endereço: Fazenda Três Lagoas, Estrada Sobral/
Groaíras, Km 4. Caixa Postal 71. CEP 62010-970.
Sobral - CE.

Fone: (88) 3112-7400

Fax: (88) 3112-7455

SAC: www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

On-line (2016)

CGPE 13379



Comitê de
Publicações

Presidente: Vinícius Pereira Guimarães

Secretário-Executivo: Alexandre César Silva Marinho

Membros: Alexandre Weick Uchoa Monteiro, Carlos José Mendes Vasconcelos, Diônes Oliveira Santos, Maira Vergne Dias, Manoel Everardo Pereira Mendes, Patrícia Yoshida Faccioli Martins, Tânia Maria Chaves Campelo, Viviane de Souza.

Expediente

Supervisão editorial: Alexandre César Silva Marinho

Revisão de texto: Carlos José Mendes Vasconcelos

Normalização: Tânia Maria Chaves Campelo

Editoração eletrônica: Maira Vergne Dias