

Taxas de decomposição foliar e de liberação de N, P e K de espécies da Caatinga

Leaf breakdown and N, P and K release rates of Caatinga species

Marcos Antonio Xavier Almeida¹(*)

Jacob Silva Souto²

Patrícia Carneiro Souto³

Jorge Xavier de Almeida Neto⁴

José Jucélio Casado Silva⁵

Resumo

O objetivo da pesquisa foi avaliar a influência da temperatura e umidade edáficas e da composição química sobre as taxas de perda de massa e liberação de nutrientes da fração foliar de algumas espécies endêmicas do Curimataú paraibano. Simultaneamente às coletas mensais do material remanescente acondicionado em sacolas de náilon, foi mensurada a temperatura na superfície edáfica e retiradas amostras de solo para determinação do seu conteúdo de umidade. Os teores em N, P e K, nos resíduos, foram comparados com a concentração desses nutrientes nas amostras iniciais, as quais tiveram seus teores de carbono, celulose, hemicelulose e lignina e as relações C/N, Lig/N e P/Lig utilizados como preditores das taxas de decomposição dos tratamentos. Observaram-se variações nas taxas de decomposição entre as diferentes espécies e maior perda de massa no período chuvoso. Os parâmetros químicos utilizados não foram suficientes para explicar as taxas de decomposição de todas as espécies. P e K apresentaram correlação com a efetiva perda de massa dos tratamentos. K foi o nutriente de liberação mais rápida da serrapilheira foliar, enquanto N apresentou acumulação para a maioria das espécies.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes; fitomassa; composição química.

1 Me.; Agronomia; Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil; Professor efetivo de ensino básico da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Luiz Neto; Endereço: Prefeito João Inácio, 170. CEP: 58170-000 – Barra de Santa Rosa, PB – Brasil; E-mail: maxavier27@yahoo.com.br (*) Autor para correspondências

2 Dr.; Agronomia; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil; Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais/UFCEG (2015-2016); Endereço: Universidade Federal de Campina Grande, UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL. AV. UNIVERSITÁRIA, sn, SANTA CECÍLIA. CEP: 58700970 - Patos, PB - Brasil; E-mail: jacob_souto@yahoo.com.br

3 Dra.; Programa de Pós Graduação Em Agronomia; Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil; Professora Associada II da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos (PB), ministrando disciplina na graduação e no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais; Endereço: Universidade Federal de Campina Grande, CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL. Av. Universitária, s/n, Santa Cecília. CEP: 58708110 - Patos, PB - Brasil; E-mail: pcarneirosouto@yahoo.com.br

4 Dr.; Agronomia; Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil; Professor efetivo de ensino básico do Colégio Municipal José Eudêncio Correa Lins e Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Luiz Neto; Endereços respectivos: Praça Frei Martinho, 175, Prefeito João Inácio, 170. CEP: 58170-000 – Barra de Santa Rosa, PB – Brasil; E-mail: netobiologia2@gmail.com

5 Graduação; Química. Universidade Federal de Campina Grande, UFCEG, Brasil; Servidor público efetivo da Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba, Endereço: José Guedes Bezerra, s/n. CEP: 58170-000 – Barra de Santa Rosa, PB - Brasil; E-mail: kelio2007@yahoo.com.br

Abstract

The objective of this study was to evaluate the influence of temperature and soil moisture and chemical composition on rates of mass loss and nutrient release of leaf fraction of some endemic species in Paraíba Curimataú. Simultaneously with monthly gathering of the remaining material placed inside nylon bags was measured edaphic surface temperature and soil samples for determination of content moisture. The amounts of N, P and K in residues were compared with the concentration of these nutrients in initial samples, which had its carbon content, cellulose, hemicellulose, and lignin and the relationship C/N, Lig/N and P/Lig utilized as treatment decomposition predicting rates. They were observed variations in decomposition rates between different species and increased mass loss during the rainy season. Chemical parameters used were not sufficient to explain the decomposition rates of all species. P and K presented correlation with treatments mass effective loss. K was the nutrient with faster release leaf litter, while N presented accumulation to majority species.

Key words: nutrient cycling; phytomass; chemical composition.

Introdução

O bioma Caatinga tem sua vegetação representada por formações xerófilas muito diversificadas fisionomicamente por razões climáticas, edáficas e antrópicas. Segundo Alves (2007), o clima na região é caracterizado por uma pluviometria concentrada em um só período (três a cinco meses), com médias situadas entre 250 a 900 mm.ano⁻¹, irregularmente distribuídas no tempo e no espaço, e valores médios anuais elevados de temperatura (26 °C a 29 °C) e de evaporação (em torno de 2.000 mm); seus solos são, em geral, mineralmente ricos, pouco desenvolvidos e com baixa capacidade de retenção de água. Em ambientes com a estação seca bem definida, a caducifolia é uma das principais adaptações fisiológicas da vegetação que possibilitam a sobrevivência em condições de déficit hídrico, com a fração folhas apresentando padrão sazonal marcante de deposição e média anual de cerca de 80% sobre o total dos materiais decíduos (CIANCIARUSO et al., 2006; LOPES et al., 2009; SANTANA e SOUTO, 2011).

Em ecossistemas terrestres, a devolução de nutrientes por meio da decomposição da serrapilheira constitui importante via do ciclo biogeoquímico (relação dos nutrientes no sistema solo-planta). Pegado et al. (2008) consideram que os processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica, em nível local, são influenciados pela qualidade do substrato e do microambiente (interação entre a biota decompositora e fatores do solo tais como temperatura e umidade), cuja combinação de seus efeitos depende do tempo de exposição da biomassa.

Mensurar a importância individual de cada espécie vegetal no processo de ciclagem de nutrientes em ambientes de Caatinga pode fornecer, por sua vez, importantes informações que viabilizem práticas de manejo florestal e projetos de reabilitação em áreas degradadas. Autores como Albuquerque et al. (2002) citam o desmatamento indiscriminado, as queimadas sucessivas e o manejo inadequado do solo como principais causas do atual estágio de antropização do bioma. Nesse contexto, pouco interesse ainda existe quanto a estudos sobre decomposição com plantas nativas da região semiárida brasileira tanto no nível de espécie como no de comunidade vegetal.

Considerando o exposto, o trabalho objetivou avaliar a influência da composição química inicial e da temperatura e umidade do solo, sobre as taxas de decomposição e de liberação de nutrientes da biomassa foliar de seis espécies endêmicas da caatinga paraibana.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado em uma área de aproximadamente 2,0 ha de vegetação de Caatinga arbóreo-arbustiva, há cerca de 30 anos sem perturbações antrópicas, situada na Fazenda Caiana no município de Barra de Santa Rosa, na microrregião do Curimataú paraibano, com ponto médio localizado nas coordenadas geográficas de 06° 47' 52,2'' S e 36° 05' 15,1'' W. Apresenta clima Bsh-semiárido quente, com chuvas de verão, segundo Köppen, pluviometria média em torno de 400 mm.ano⁻¹ temperatura média de 24 °C (MASCARENHAS et al., 2005), e classe de solo Planossolo Háplico Eutrófico típico (CAMPOS e QUEIROZ, 2006).

Coleta de dados

Os tratamentos constaram de folhas de seis, das espécies presentes na área experimental de maior Valor de Importância (VI, em %) (Tabela 1), conforme levantamento fitossociológico preexistente realizado no estrato arbustivo-arbóreo por Almeida Neto et al. (2009).

Tabela 1 - Lista de famílias e espécies, com seus respectivos nomes populares e hábitos, que apresentaram maior Valor de Importância (VI, em %) segundo levantamento realizado no estrato arbustivo-arbóreo em área de caatinga no município de Barra de Santa Rosa, PB.

Família/Espécie	Nome Popular	Hábito	VI (%)
Caesalpinaceae			
<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Catingueira	Árvore	2,8
<i>Bauhinia catingae</i> Harms	Mororó	Árvore	2,4
Capparaceae			
<i>Capparis flexuosa</i> L.	Feijão-bravo	Árvore	14,8
Euphorbiaceae			
<i>Croton sonderianus</i> Müll. Arg.	Marmeleiro	Arbusto	22,0
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão-manso	Arbusto	3,7
<i>Manihot pseudoglaziovii</i> Paz & Hoffman	Maniçoba	Árvore	24,2

Fonte: Almeida Neto, et al. (2009).

As espécies jurema-branca (*Piptadenia viridiflora* (Kunth.) Benth.) e jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), apesar do elevado Valor de Importância (VI = 15,1% e 7,9%, respectivamente) (Almeida Neto et al., 2009), não foram avaliadas, pela possibilidade de perdas de material - folíolos - através da malha das sacolas de náilon utilizadas no experimento.

O material foliar de cada espécie foi coletado diretamente dos indivíduos em todo o comprimento do ramo, ou seja, em diferentes estágios de maturação, de forma a obter um valor médio na composição química das amostras. No Laboratório de Análise de Tecido de Planta

do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), a matéria fresca foi secada individualmente, em estufa a $\pm 65^{\circ}\text{C}$ por 72 horas, até peso constante, triturada em moinho e determinados seus teores em carbono (C) via digestão nítrico-perclórica, através da queima em mufla à temperatura de 550°C , de nitrogênio (N) pelo método Kjeldahl, fósforo (P) por fotolorimetria, e potássio (K) por fotometria de chama, conforme preconizado em EMBRAPA (2011). Além disso, verificaram-se no Laboratório de Análises de Alimentos do CCA/UFPB os teores em celulose, hemicelulose e lignina, através do método da fibra em detergente ácido, segundo as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e, então, calculada a relação C/N, Lig/N e P/Lig, cujos resultados, juntamente com os dos nutrientes supracitados, foram utilizados como preditores da perda de massa dos tratamentos.

Da matéria seca inicial de cada espécie, foram obtidas ainda amostras de 20,0 g, que foram acondicionadas em sacolas de náilon de capacidade de 400 cm^2 e malha de 1 mm^2 (ALVES et al., 2006), devidamente identificadas e distribuídas ao acaso na superfície do solo da área experimental em maio de 2008. De forma aleatória, foram recolhidas, a cada intervalo de trinta dias, duas sacolas de cada tratamento, totalizando, ao fim do estudo, doze coletas. Os resíduos foram encaminhados ao Laboratório de Análise de Tecido de Planta do CCA/UFPB para a realização das etapas de limpeza de impurezas, secagem em estufa e pesagem em balança analítica com precisão de três casas decimais. A determinação do percentual de massa remanescente e, por conseguinte a taxa de decomposição para cada tratamento foi calculada conforme Pegado et al. (2009); foram determinados ainda os teores remanescentes de N, P e K em $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de matéria seca segundo metodologia citada e, por fim, obtida a percentagem residual dos nutrientes.

Paralelamente à coleta mensal do material, foi mensurada ao acaso a temperatura na superfície do solo sempre na mesma hora no período diurno, utilizando termômetro digital, e segundo EMBRAPA (2011), recolhidas amostras de solo a 20 cm de profundidade para verificação do seu conteúdo de água, com seis repetições para cada determinação. Os atributos químicos e físicos de amostras de solo, da área experimental, determinados respectivamente nos Laboratórios de Química e Fertilidade de Solo e de Física do Solo do CCA/UFPB, de acordo com EMBRAPA (2011), denotaram um solo eutrófico conforme Tabela 2, e de classe textural franco arenosa.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo na camada de 0-20 cm em área de Caatinga no município de Barra de Santa Rosa, PB.

pH H ₂ O	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	M.O.
	mgdm ⁻³				Cmol _c dm ⁻³					%	gkg ⁻¹
5,79	9,55	0,31	0,30	4,95	0,05	6,65	2,15	9,41	14,36	65,0	21,31

Fonte: Laboratório de Química e Fertilidade do Solo (CCA/UFPB).

Os dados mensais de precipitação pluviométrica do município foram obtidos por consulta à Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2015).

Análise estatística

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (6 x 2), sendo seis espécies e doze períodos de coleta. Os dados sobre acumulação dos nutrientes foliares foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os valores referentes aos períodos de decomposição foram submetidos à análise de regressão polinomial, desdobrando-se os graus de liberdade até o efeito quadrático, sendo escolhido o de maior significância com coeficiente de determinação (R^2) superior a 50%. Foram também estabelecidas correlações de Pearson entre a matéria seca foliar remanescente e a umidade e a temperatura edáficas com as concentrações mensais de N, P e K presentes na biomassa dos seis tratamentos experimentais avaliados. Na análise estatística, utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

Resultados e Discussão

Decomposição foliar

As médias dos teores iniciais (g.kg^{-1}) de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), de celulose, lignina e hemicelulose, e relação C/N, Lig/N e P/Lig, na fração folhas das espécies estudadas, encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Médias dos teores iniciais (g.kg^{-1}) de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), de celulose, lignina e hemicelulose, e relação C/N, Lig/N e P/Lig na fração folhas de *Croton sonderianus* (Cs), *Caesalpinia pyramidalis* (Cp), *Manihot pseudoglaziovii* (Mp), *Jatropha mollissima* (Jm), *Capparis flexuosa* (Cf) e *Bauhinia Catingae* (Bc) em área de Caatinga no município de Barra de Santa Rosa, PB.

Espécies	C	N	P	K	Celulose	Lignina	Hemicelulose	C/N	Lig/N	P/Lig
..... g.kg^{-1}										
Cs	396,50	23,81	2,43	18,60	235,2	280,9	44,5	16,65	1,18	0,09
Cp	414,82	30,89	1,91	7,58	208,2	119,0	166,5	13,43	0,39	0,16
Mp	418,53	39,73	5,27	19,42	219,9	196,4	87,3	10,53	0,49	0,27
Jm	387,20	34,83	5,84	25,01	220,7	165,0	240,5	11,12	0,47	0,35
Cf	431,17	26,69	3,02	13,83	248,0	179,3	89,0	16,15	0,67	0,17
Bc	432,91	37,72	2,72	15,37	218,1	163,7	225,3	11,48	0,43	0,17

Fonte: Autores (2015).

A diminuição efetiva do material foliar remanescente das espécies, ao longo dos 360 dias do estudo, nas condições edafoclimáticas da área experimental, resultou em diferenças significativas entre os valores médios dos tratamentos avaliados ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de material foliar remanescente (%) das espécies *Croton sonderianus* (Cs), *Caesalpinia pyramidalis* (Cp), *Manihot pseudoglaziovii* (Mp), *Jatropha mollissima* (Jm), *Capparis flexuosa* (Cf) e *Bauhinia Catingae* (Bc) em função das diferentes épocas de coleta (dias), em área de Caatinga no município de Barra de Santa Rosa, PB.

Espécies	Massa remanescente (%)											
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Cs	85,0 a	72,3 a	70,8 a	57,7 a	59,0 a	56,5 a	59,7 a	58,0 a	55,7 ^a	49,1 a	51,9 a	41,0 a
Cp	71,9 b	59,3 b	43,2 bc	42,0 bc	38,5 bc	33,8 b	34,3 cd	34,7 b	31,7 b	39,1 ab	32,5 b	33,4 ab
Mp	41,1 e	30,0 d	25,1 d	25,1 d	26,2 d	25,9 b	24,6 d	22,5 c	19,3 ^c	20,2 d	19,1 c	15,8 cd
Jm	50,4 de	41,6 cd	34,8 cd	35,2 cd	35,1 cd	33,7 b	31,9 d	33,2 bc	32,7 b	24,3 cd	25,9 bc	12,4 c
Cf	59,6 cd	50,9 bc	51,5 b	48,1 ab	48,9 ab	50,0 a	44,8 bc	42,5 b	38,4 b	34,9 bc	32,3 b	36,5 ab
Bc	70,7 bc	60,8 ab	52,6 b	51,8 ab	51,9 a	47,5 a	47,6 ab	40,2 b	40,9 b	41,3 ab	30,2 bc	26,6 bc

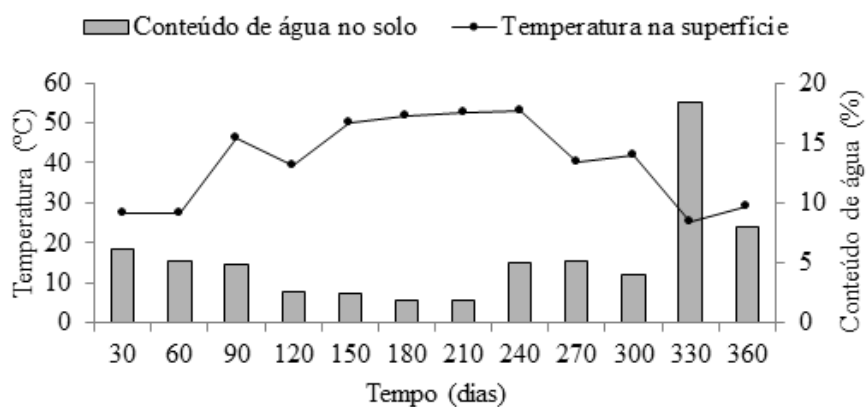
*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autores (2015).

Ainda de acordo com a Tabela 4, ao fim do primeiro trimestre de estudo, a massa foliar das espécies vegetais avaliadas apresentou acentuada redução, com apenas *C. sonderianus*, *C. flexuosa* e *B. catingae* apresentando valores residuais superiores a 50% da biomassa inicial.

A umidade do solo decorrente das chuvas (Figura 1) pode ter sido o fator determinante para a maior atividade inicial no processo de decomposição das amostras. O experimento se iniciou no período chuvoso (final de maio de 2008) quando foi verificado conteúdo prévio de água no solo igual a 14,2%. De acordo com a AESA (2015), foram constatadas pluviosidades mensais acumuladas (em mm) de 53,4 (em junho), 89,6 (julho) e 68,7 (agosto), ou seja, ao fim dos 30, 60 e 90 dias do estudo, respectivamente, resultando em conteúdos de umidade edáfica supostamente ainda favoráveis, portanto, ao processo de decomposição.

Figura 1 - Valores de umidade edáfica (%) e temperatura na superfície do solo (°C), em função do tempo (dias), em área de Caatinga no município de Barra de Santa Rosa, PB.



Fonte: Autores (2015).

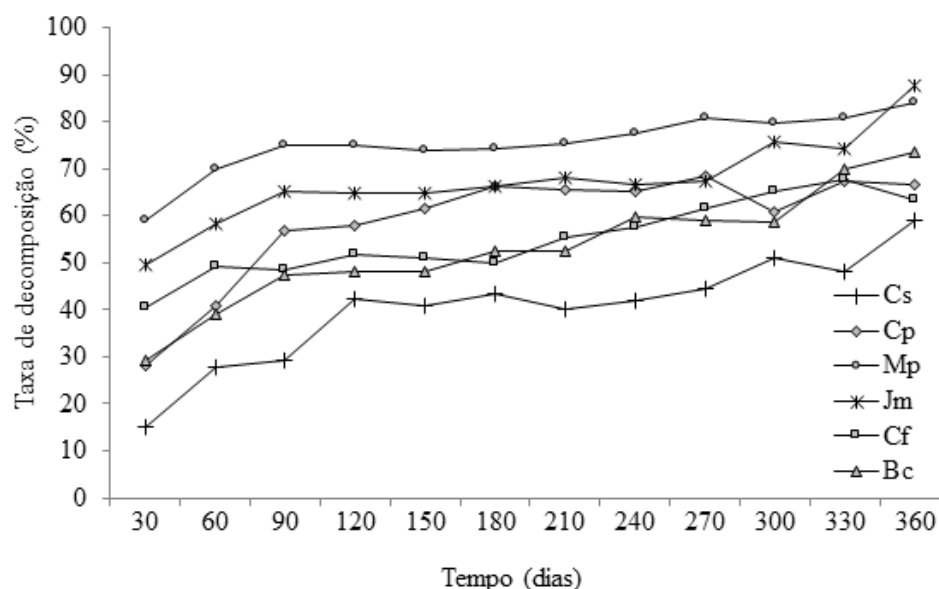
Segundo Hepp et al. (2009), a influência da umidade na perda de fitomassa, no processo de decomposição, acontece pela diluição e liberação de substâncias pela água ou pela transformação por microorganismos e invertebrados do solo, sendo os primeiros responsáveis pela clivagem das substâncias mais complexas para as de menor massa molecular. Estes organismos envolvidos, por sua vez apresentam maior atividade em área de caatinga na época de chuvas de acordo com resultados de Silva et al. (2006) e Souto et al. (2008). A ocorrência simultânea de umidade e alimento, este último representado na Caatinga pelo maior aporte de serrapilheira depositada sobre o solo no período de estiagem, foram fatores considerados por Almeida et al. (2013) para justificar o maior número de indivíduos e riqueza de grupos da mesofauna edáfica (invertebrados com 0,2 a 4,0 mm de diâmetro); para estes autores, os fatores supracitados provavelmente estabeleceram, na época chuvosa, teia alimentar com maior número de nichos ecológicos para a biota edáfica, na camada superficial do solo da presente área experimental. Almeida et al. (2015), também, na mesma área do presente estudo, atribuíram a maior diversidade e uniformidade entre ordens da macrofauna do solo a um suposto equilíbrio trófico entre matéria e energia no sistema solo-serrapilheira, ao final da estação chuvosa.

A decomposição efetiva da serrapilheira no período chuvoso também foi verificada em outros estudos na Caatinga (ALVES et al., 2006; PEGADO et al., 2009) e em biomas diversos (COSTA et al., 2005; CIANCIARUSO et al., 2006; SILVA et al., 2009).

Associados com a importante umidade edáfica inicial, registraram-se temperaturas diurnas na superfície do solo em torno de 25 °C e, a partir dos 90 dias do estudo, valores acima dos 39 °C e decréscimo do teor de água do solo, conforme Figura 1. Para Chimner (2004), a elevação da temperatura do solo, até um determinado valor, aumenta a cinética das conversões enzimáticas microbianas, sendo considerado, também, um indicador da intensidade de decomposição. A importância do solo para a decomposição microbiológica como fator de estabilização das altas temperaturas de regiões semiáridas, foi ressaltada por Souto et al. (2013), ao estimarem maior atividade microbiana no período noturno através da quantificação de dióxido de carbono (CO₂) liberado no processo de respiração edáfica, a partir da superfície do solo, em área de Caatinga preservada.

As diferenças individuais entre as taxas de decomposição foliar de algumas das espécies ao fim dos primeiros 90 dias do estudo (Figura 2), possivelmente, se relacionaram com a composição química inicial de suas amostras (Tabela 3). Espécies mais recalcitrantes no período, como *C. sonderianus* (29,2%) e *C. flexuosa* (48,5%) apresentaram relação C/N mais elevada, respectivamente 16,7 e 16,2, em comparação com as demais espécies estudadas. *J. mollissima* (65,2%) e *M. pseudoglaziovii* (74,9%), de maior degradação, apresentaram os menores valores de relação C/N do estudo, respectivamente 11,1 e 10,5. Pegado et al. (2009) consideraram a decomposição mais lenta de *C. sonderianus* em razão da sua relação C/N mais elevada e fizeram referência ao limite de 30:1 para a efetiva decomposição dos resíduos. Neste estudo *C. sonderianus* obteve o mais baixo valor para N, menor relação P/Lig, maior teor em lignina e a mais alta relação C/N (16,7) em relação às demais espécies estudadas, seguida por *C. flexuosa* (16,2) que apresentou também um dos maiores teores em celulose. A maioria dos preditores utilizados não foi adequada para explicar a recalcitrância mais elevada de *B. cattingae* em relação à *C. pyramidalis*, bem como o comportamento de algumas outras espécies, como, por exemplo, *M. pseudoglaziovii*, que embora com um dos mais elevados teores em lignina, apresentou a mais elevada degradação no período considerado.

Figura 2 – Taxas de decomposição (%) de folhas de *Croton sonderianus* (Cs), *Caesalpinia pyramidalis* (Cp), *Manihot pseudoglaziovii* (Mp), *Jatropha mollissima* (Jm), *Capparis flexuosa* (Cf) e *Bauhinia Catingae* (Bc), em função do tempo e dispostas sobre o solo em área de Caatinga, no município de Barra de Santa Rosa, PB.



Fonte: Autores (2015).

Autores como Terror et al. (2011) consideram o N e P orgânicos como os elementos mais importantes para o crescimento de microrganismos decompositores e sugerem que baixas concentrações desses nutrientes podem retardar consideravelmente a decomposição do material orgânico. Provavelmente, os maiores teores em N, P e K, a mais elevada relação P/Lig e menor relação C/N na biomassa inicial de *J. mollissima* e *M. pseudoglaziovii* representaram substrato de maior afinidade para com os organismos detritívoros. Em folhas de feijão fava (*Phaseolus lunatus*

L.), Pegado et al. (2008) verificaram inicialmente teor em N de 43,4 g.kg⁻¹ e relação C/N de 9,8, e aos 75 dias de experimentação, taxa de decomposição de 56,6% do material contido nas sacolas de náilon sobre a superfície do solo.

Condições mais áridas no ambiente edáfico causadas pela redução da umidade do solo foram verificadas dos 120 aos 210 dias do estudo (Figura 2). O início da estação seca na região provavelmente promoveu a redução nas taxas de perda de massa das espécies constatada na Figura 2, com certa tendência de estabilidade, corroborando relação entre os níveis de precipitação observados e a decomposição das espécies avaliadas. A ligeira elevação na massa remanescente de algumas amostras no período seco vista na Tabela 4 foi ocasionada talvez pela remoção não efetiva de eventuais contaminantes, tais como partículas de solo, a exemplo de Souto et al. (2013).

Apesar da retomada de condições propícias em umidade do solo aos 240 dias, com 24,5 mm de chuvas, e maior índice pluviométrico mensal (227,3 mm) na penúltima coleta (AESAs, 2015), as taxas mensais de decomposição das amostras permaneceram sem variações importantes no período para a maioria dos tratamentos. Possivelmente, consequência da acumulação nas amostras de substâncias de decomposição mais lenta tais como celulose, e recalcitrantes, como lignina, as quais são as últimas a serem degradadas (MONTEIRO e GAMA-RODRIGUES, 2004) e da permanência de estruturas foliares que não foram totalmente decompostas no período inicial como nervuras e pecíolos. De acordo com Cianciaruso et al. (2006) a decomposição segue um padrão exponencial com redução na rapidez do processo por modificações na composição e qualidade do material ao longo do tempo.

Deve-se salientar, entretanto, que outras características químicas não determinadas nas amostras iniciais podem ter também influenciado as taxas de decomposição apresentadas pelas espécies estudadas como, por exemplo, polifenóis que também reduzem a decomposição do material, e suberina que impermeabiliza o material foliar dificultando a ação dos organismos decompositores (PORTELA et al., 2004). Em particular, destaca-se a degradação mais acentuada e tardia de *C. flexuosa* em relação à *C. sonderianus*, *B. cattingae* e *C. pyramidalis* nos últimos 60 dias do estudo. *C. flexuosa* representou a espécie de textura foliar mais rígida e espessa, o que dificultou possivelmente a lixiviação e decomposição bioquímica mais efetiva dos compostos solúveis no período inicial. Essa situação de rigidez foliar e menor umedecimento foram considerados por Scheer (2008) para as espécies arbóreas *Cecropia pachystachya* Trécul, *Psidium guajava* L. e *Citharexylum myrianthum* Cham, de decomposição mais difícil em vegetação secundária de Floresta Ombrófila Densa do Paraná. Dessa forma, apenas no período final de maiores precipitações pode ter ocorrido redução da concentração da fração de celulose não ligada à lignina e à hemicelulose da parede celular além de perda de carbono solúvel, a exemplo do constatado por Costa et al. (2005) em *Eucalyptus grandis*, visto que *C. flexuosa* apresentou maior teor em celulose e um dos maiores em carbono em relação às demais espécies. Essas hipóteses, no entanto, necessitam ser investigadas.

Após os 360 dias de experimentação, em ordem crescente de perda de massa (%), *C. sonderianus* apresentou a menor taxa de decomposição (59,0) e, conseqüentemente, maior valor em massa foliar residual, seguido por *C. flexuosa* (63,5), *C. pyramidalis* (66,6) e *B. cattingae* (73,4). As duas espécies que apresentaram menor valor de resíduo no período do estudo foram *M. pseudoglaziovii*, com 84,2% de decomposição, e *J. mollissima*, com 87,6%, as quais não foram significativamente diferentes entre si.

A escassez de estudos que envolvam simultaneamente a composição química e decomposição foliar de espécies nativas da Caatinga limitou comparações dos dados obtidos. A menor taxa de decomposição de *C. sonderianus*, em relação a *C. pyramidalis*, corroborou dados de Pegado et al. (2009) também em área de caatinga paraibana que verificaram, em um ano de experimentação, massas residuais de 47,3 e 41,7%, respectivamente; *C. flexuosa*, entretanto, foi a espécie de maior recalcitrância daquele estudo (63,8% de massa remanescente).

Percentuais importantes de perda de massa foliar de outras espécies de semiárido também inferem rapidez na decomposição e, portanto, na ciclagem dos nutrientes foliares na Caatinga. Alves et al. (2006), no município paraibano de Patos encontraram na superfície do solo aos 210 dias de estudo maior percentagem de massa remanescente para *Aspidosperma pirifolium* (54,8%) e menor para *Gliricidia sepium* (36,1%), e valores intermediários de resíduo para *Cnidocolus phylacanthus*, *Jatropha curcas* e *Phitecolobium multiflorum*. Na área do estudo, em particular, a importante perda de biomassa ocorreu, provavelmente, em função, resalte-se, da importante pluviosidade acumulada durante o experimento (699 mm), valor bem superior à média histórica do município (400 mm), evidência da irregularidade de chuvas na região. No total, as espécies avaliadas apresentaram taxa média anual de 72,4% da massa original decomposta, portanto, bem superior à apresentada por Aidar e Joly (2003) - 44,2% - em fragmento de mata ciliar de floresta semidecidual, que estimaram em 15,6 meses o tempo necessário para que metade dos resíduos foliares de *Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. sofresse decomposição. Perdas de massa foliar verificadas aos 11 meses de experimentação, em áreas de Cerradão e de Mata de Galeria no sudoeste do Mato Grosso, iguais respectivamente a 59,5 e 78%, foram consideradas de rápida decomposição por Maman et al. (2007) e uma importante contribuição da vegetação para a recuperação da fertilidade da camada superficial do solo de ambas as fitofisionomias.

Em condições naturais, evidentemente, além de folhas, ocorre também ao longo do tempo a deposição no solo da Caatinga de frações de diversos materiais orgânicos vegetais de decomposição mais lenta que, no seu conjunto, contribuem para a sustentabilidade dos nutrientes no ecossistema. Na biomassa inicial da fração serrapilheira total de Caatinga, em Santa Terezinha-PB, Souto et al. (2009) encontraram relação C/N elevada e igual a 33,4. Lopes et al. (2009) mostraram que a quantidade de serrapilheira mantida sobre o solo do semiárido cearense é superior à produzida anualmente pela vegetação e estimaram em 4,2 anos, o tempo necessário para degradação de 95% dos resíduos. A decomposição relativamente lenta da serrapilheira total de caatinga ocorre possivelmente, além do baixo aproveitamento dos resíduos na estiagem que em muitos locais se prolonga por vários meses, também por características intrínsecas de cada espécie da comunidade vegetal como a maior contribuição individual de componentes mais lignificados tais como cascas e galhos; esta fração foi a segunda em importância (191,75 kg.ha⁻¹ ao ano ou cerca de 10% do total) em estudo de Santana e Souto (2011) sobre produção de serrapilheira no Rio Grande do Norte.

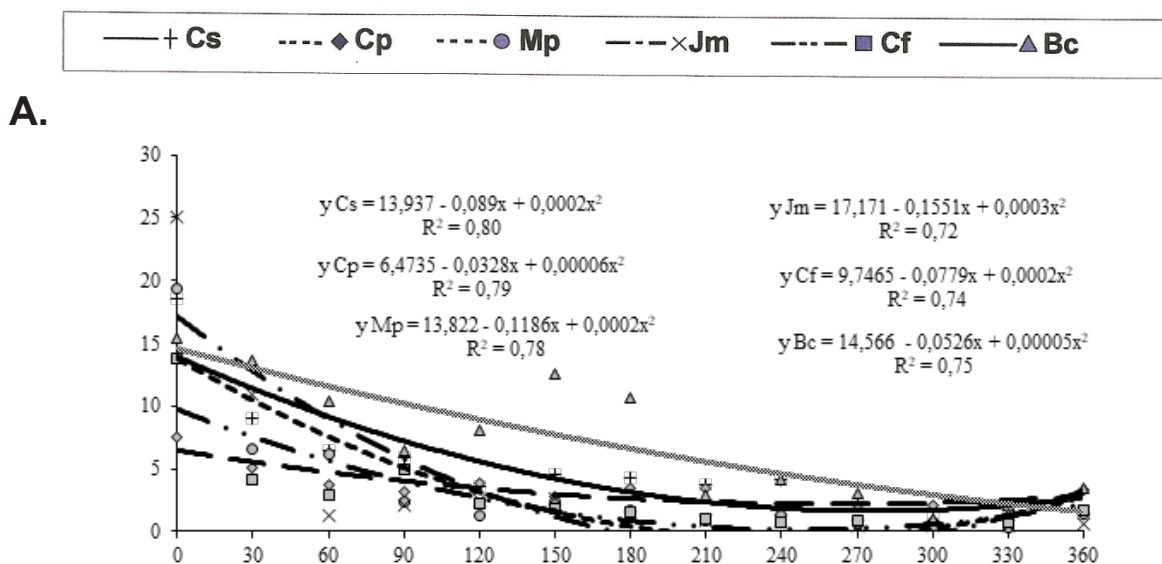
A diferença nas taxas de decomposição das diversas frações de serrapilheira na Caatinga aponta para um mecanismo ecológico do bioma relacionado possivelmente com a proteção superficial do solo contra o elevado potencial erosivo quando das primeiras chuvas do semiárido, ocasião em que arbustos e a maioria das árvores se encontram desfolhados. A presença da fração foliar senescente sobre o solo, mesmo sendo reduzida através da importante decomposição no período chuvoso, é novamente recomposta na estiagem seguinte devido à caducifolia das espécies da caatinga a qual, embora ininterrupta, tem pico de produção no início desta estação, segundo Santana e Souto (2011). Em Luvisolo, no sertão paraibano, Albuquerque et al. (2002)

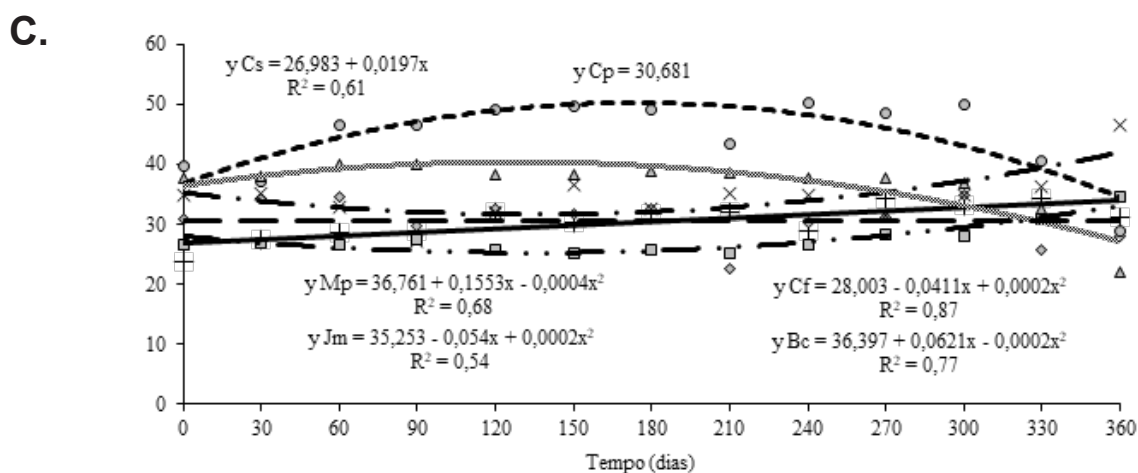
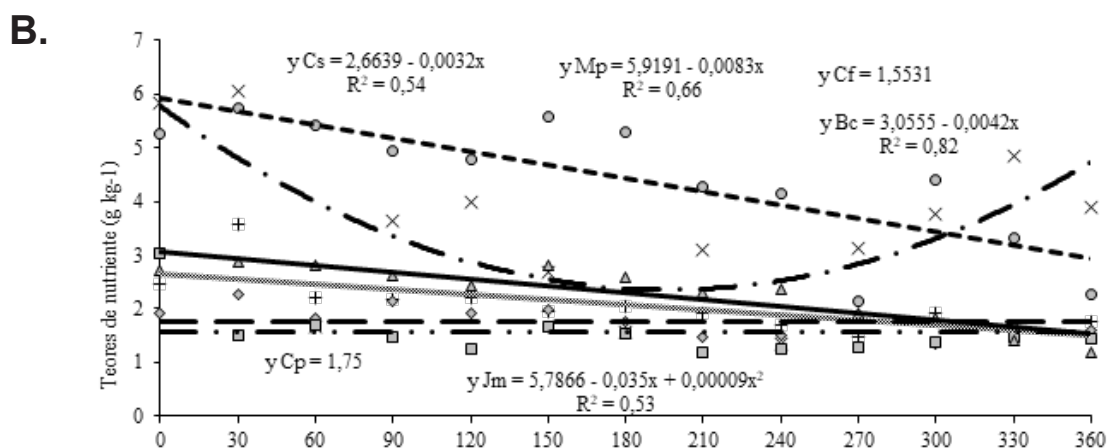
destacaram a importância da manutenção da cobertura nativa de caatinga no controle da maior erosividade verificada no início da estação chuvosa local e, em comparação com as áreas desmatadas, encontraram uma redução de 99% nas perdas edáficas através do controle sobre a infiltração de água no solo. Melhorias outras no ambiente edáfico, entre elas o aumento do teor de matéria orgânica, a retenção de umidade e a diminuição da temperatura do solo, podem ainda ser promovidas por resíduos de decomposição mais lenta, como os das espécies avaliadas *C. sonderianus*, *C. flexuosa* e *C. pyramidalis*.

Liberação de nutrientes

Dentre os nutrientes considerados na biomassa foliar das espécies avaliadas, o potássio (K) apresentou liberação mais rápida no período experimental, com perdas de mais de 50% dos teores iniciais (em g.kg^{-1}) para todas as espécies, ao fim dos primeiros 90 dias do estudo (Figura 3A). Valores dos coeficientes de determinação (R^2) elevados indicaram que mais de 70% dos teores residuais médios de K podem ser explicados pelo tempo de exposição das amostras às condições ambientais da área estudada durante o experimento.

Figura 3 - Teores (g.kg^{-1}) de potássio (A), fósforo (B) e nitrogênio (C) na matéria seca foliar de *Croton sonderianus* (Cs), *Caesalpinia pyramidalis* (Cp), *Manihot pseudoglaziovii* (Mp), *Jatropha mollissima* (Jm), *Capparis flexuosa* (Cf) e *Bauhinia Catingae* (Bc) em função das diferentes épocas de coleta (em dias) em área de Caatinga, no município de Barra de Santa Rosa, PB.





Fonte: Autores (2015).

A época chuvosa inicial do experimento influenciou a elevada disponibilidade foliar de K para o ambiente. Segundo Pereira et al. (2008), o K é facilmente lixiviável por não fazer parte de nenhum componente estrutural dos tecidos orgânicos. *J. mollissima* e *M. pseudoglaziovvii* liberaram praticamente todo o K disponível aos 330 dias (Figura 3A). A efetiva liberação de K foi ainda verificada na serrapilheira total de caatinga por Souto et al. (2009), que constataram teores remanescentes do nutriente de 16,6%, no 24º mês do estudo. Costa et al. (2005) observaram liberação em torno de 50%, aos 116 dias em folhas de *Eucalyptus grandis*, com teores remanescentes constantes até o fim do período de experimentação conforme também relatado por Pereira et al. (2008) na fração foliar em fragmento de Mata Atlântica.

Elevação no teor remanescente de K para algumas espécies ao longo do período experimental foi verificada também por Scheer (2008), em serrapilheira foliar de vegetação de floresta ombrófila densa e atribuída pelo respectivo autor à atividade de microorganismos no folheto, à adsorção desse elemento depositado pela atmosfera, ou apenas ao erro experimental.

A variação nos teores residuais médios de fósforo (P) (em g.kg⁻¹, Figura 3B) mostrou liberação do nutriente para a maioria das espécies, embora mais tardia e em menor intensidade em relação a K. Convertendo em valores percentuais, *J. mollissima* apresentou maior perda de P aos 240 dias (77% da concentração inicial). *C. flexuosa* obteve liberação inicial rápida nos primeiros 30 dias do estudo e maior disponibilidade aos 210 dias (60,8% de liberação), com valores relativamente estáveis ao longo do tempo e, conforme Tabela 4, estatisticamente iguais aos

teores residuais médios de P obtidos para *C. pyramidalis* ao fim do experimento. Ao término do estudo, observou-se redução nos teores de P ainda para as espécies *M. pseudoglaziouvi* (59,5%) e *B. catinae* (55,9%) que apresentaram, juntamente com *C. sonderianus*, efeito linear de liberação, porém, para esta última, o R^2 foi considerado baixo (0,54).

Por representar o elemento de concentração mais reduzida na biomassa inicial das espécies avaliadas (Tabela 3), as taxas de liberação em P através da decomposição dos resíduos de grande parte das espécies avaliadas denotaram possível contribuição relevante do nutriente à fertilidade do solo da área do estudo, a exemplo do K (Tabela 2). *J. mollissima* e *M. pseudoglaziouvi*, por conterem teores iniciais mais elevados nesses nutrientes (Tabela 3), disponibilizaram maiores teores, que para o P foi de 4,5 e 3,2 g.kg⁻¹, respectivamente. Para Salcedo (2006), as fontes orgânicas representam importante reservatório do elemento, visto a insuficiência de P inorgânico na maioria dos solos do semiárido nordestino e sua necessidade de ser previamente hidrolisado por enzimas para reciclar como ânion ortofosfato.

Os teores remanescentes em P e, principalmente, para K obtiveram correlação positiva significativa com a biomassa foliar remanescente para todas as espécies conforme Tabela 5, indicando que a redução de seus teores com a decomposição foi a variável que melhor explicou a perda de massa foliar durante o experimento.

J. mollissima e *M. pseudoglaziouvi* pela decomposição mais efetiva comprovaram que podem representar fonte mais imediata em K e P para a produtividade vegetal e fauna edáfica locais.

Ainda na Tabela 5, os parâmetros físicos analisados, umidade e temperatura, apresentaram correlação negativa significativa ($p > 0,01$) indicando que os maiores teores de água do solo se relacionaram diretamente com os valores mínimos de temperatura na superfície edáfica (Figura 1) – valores esses normalmente ainda elevados por se tratar de região semiárida – determinando, provavelmente, um intervalo de valores favorável à decomposição acentuada da maioria dos tratamentos na época chuvosa inicial. As reduzidas temperaturas foram um dos fatores atribuídos por Terror et al. (2011), à lenta decomposição da serapilheira foliar em floresta paludosa de altitude.

Tabela 5 - Valores dos coeficientes de correlação de Pearson entre a biomassa foliar remanescente (BFR), temperatura na superfície do solo (TSP) e umidade no solo (UMID) com as concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas em decomposição de *Croton sonderianus* (Cs), *Caesalpinia pyramidalis* (Cp), *Manihot pseudoglaziovii* (Mp), *Jatropha mollissima* (Jm), *Capparis flexuosa* (Cf) e *Bauhinia Catingae* (Bc) em área de Caatinga, no município de Barra de Santa Rosa, PB.

Espécies		BFR	TSUP	UMID	N	P	K
Cs	BFR	1	-0,138 ^{ns}	-0,212 ^{ns}	-0,750 ^{**}	0,555 ^{**}	0,923 ^{**}
	TSUP		1	-0,702 ^{**}	0,052 ^{ns}	-0,245 ^{ns}	-0,085 ^{ns}
	UMID			1	0,239 ^{ns}	-0,167 ^{ns}	-0,304 ^{ns}
Cp	BFR	1	-0,440 [*]	-0,089 ^{ns}	0,295 ^{ns}	0,457 ^{**}	0,827 ^{**}
	TSUP		1	-0,702 ^{**}	-0,065 ^{ns}	-0,150 ^{ns}	-0,161 ^{ns}
	UMID			1	-0,240 ^{ns}	-0,037 ^{ns}	-0,297 ^{ns}
Mp	BFR	1	-0,100 ^{ns}	-0,277 ^{ns}	-0,142 ^{ns}	0,396 [*]	0,949 ^{**}
	TSUP		1	-0,702 ^{**}	0,528 ^{**}	0,204 ^{ns}	-0,360 [*]
	UMID			1	-0,429 [*]	-0,405 [*]	-0,119 ^{ns}
Jm	BFR	1	0,018 ^{ns}	-0,117 ^{ns}	-0,201 ^{ns}	0,341 [*]	0,930 ^{**}
	TSUP		1	-0,702 ^{**}	-0,253 ^{ns}	-0,354 [*]	-0,278 ^{ns}
	UMID			1	0,269 ^{ns}	0,332 ^{ns}	-0,124 ^{ns}
Cf	BFR	1	0,017 ^{ns}	-0,494 ^{**}	-0,435 ^{**}	0,549 ^{**}	0,867 ^{**}
	TSUP		1	-0,702 ^{**}	-0,533 ^{**}	-0,313 ^{ns}	-0,167 ^{ns}
	UMID			1	0,632 ^{**}	0,142 ^{ns}	-0,131 ^{ns}
Bc	BFR	1	0,199 ^{ns}	-0,511 ^{**}	0,298 ^{ns}	0,546 ^{**}	0,737 ^{**}
	TSUP		1	-0,702 ^{**}	0,443 [*]	0,320 ^{ns}	0,005 ^{ns}
	UMID			1	-0,511 ^{**}	-0,574 ^{**}	-0,356 [*]

NS, * e ** = não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Fonte: Autores (2015).

Verificou-se correlação negativa significativa entre a umidade do solo e a massa remanescente apenas para *B. catingae* e *C. flexuosa*, apontando que, somente para essas espécies, o aumento da umidade edáfica proporcionou diminuição efetiva da massa dos resíduos. Tal comportamento pode ter relação com a diferente composição química das amostras, particularmente para *C. flexuosa*, que, ao contrário das demais, obteve taxas de decomposição ainda importantes ao final do estudo durante os meses de maiores índices pluviométricos. Essa ausência de correlação para a maioria das espécies foi ainda influenciada, possivelmente, pela textura arenosa do solo da área experimental e sua pouca profundidade e reduzida capacidade de armazenamento hídrico, que forneceu através do conteúdo de água mensurado apenas um indicativo da ocorrência de chuvas e, portanto representação parcial do real volume pluviométrico registrado. Ademais, as altas temperaturas verificadas na superfície do solo, na maioria dos meses do estudo, causaram, possivelmente, elevadas taxas de evaporação no ambiente edáfico, comuns em áreas do semiárido.

Apesar do N ser o elemento de maior concentração na biomassa original (Tabela 3), para a maioria das espécies, o período experimental não foi suficiente para observar a efetiva mineralização do nutriente (Figura 3C). *B. catinae* e *M. pseudoglaziouvi* apresentaram, aos 360 dias do estudo, as maiores perdas em N, iguais a 15,6 e 10,9 g.kg⁻¹ e liberação de 41,3 e 27,3% dos teores iniciais, respectivamente. *J. mollissima* e *C. flexuosa* registraram liberação seguida de aumento nos teores de N. Não houve efeito significativo nos teores médios residuais do nutriente para *C. pyramidalis*. Provavelmente, *C. sonderianus* apresentou efeito linear de acumulação pelo seu maior teor em lignina, a mais elevada relação C/N e baixo valor em N, apontados anteriormente.

Estudos com diferentes espécies florestais também mostraram dinâmica de aumento em N com o tempo de decomposição (AIDAR e JOLY, 2003; SCHEER, 2008) e em P (COSTA et al., 2005; SCHEER, 2008; SILVA et al., 2009). Pereira et al (2008) consideraram lenta a liberação aos 277 dias de 50% da quantidade inicial do N foliar em floresta ombrófila densa. Resultado semelhante quanto à imobilização do elemento foi obtido por Souto et al (2009), na fração total de caatinga, onde o nutriente também apresentou concentração mais elevada dentre os demais, enquanto P foi o mais limitante. Entre as causas do aumento da concentração em N, na serrapilheira em decomposição, os últimos autores citaram a possível adição através de precipitações pluviométricas e por detritos vegetais e animais, além de imobilização pelo protoplasma microbiano.

Conclusão

As espécies avaliadas apresentaram, ao final dos 360 dias do estudo taxa média de decomposição foliar igual a 72,4%, indicando rapidez na decomposição e, portanto, na ciclagem dos nutrientes presentes nesta fração no bioma Caatinga.

As taxas de decomposição apresentaram a seguinte ordem crescente de perda de biomassa: *C. sonderianus* < *C. flexuosa* < *C. pyramidalis* < *B. catinae* < *M. pseudoglaziouvi* < *J. mollissima*.

As maiores taxas de decomposição foliar ocorreram nos períodos de maior conteúdo de água no solo. A relação C/N presente na composição química inicial das amostras foi o preditor mais adequado para explicar a perda de massa das espécies.

Potássio e, secundariamente, fósforo obtiveram maiores taxas de liberação e correlação com a perda de massa dos tratamentos, destacando-se *J. mollissima* e *M. pseudoglaziouvi*, de teores iniciais mais elevados e rápida e significativa decomposição. Os teores de nitrogênio da maioria das espécies apresentaram aumento durante o período experimental, com *B. catinae* e *M. pseudoglaziouvi* apresentando maiores liberações.

Referências

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. **Precipitação Pluviométrica para o Município de Barra de Santa Rosa**: junho de 2008 a maio de 2009. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarMesesChuvasMensais>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

AIDAR, M. P. M.; JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serrapilheira

do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p.193-202, 2003.

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p.136-141, 2002.

ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; ANDRADE, A. P. de. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba, Brasil. **Ambiência**, Guarapuava, v. 11, n. 2, p.393-407, 2015.

ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Composição e sazonalidade da mesofauna do solo do semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 4, p.214-222, 2013.

ALMEIDA NETO, J. X. de; ANDRADE, A. P. de; LACERDA, A. V. de; FÉLIX, L. P.; BRUNO, R. de L. A. Composição florística, estrutura e análise populacional do feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.) no semiárido paraibano, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p.187-194, 2009.

ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. dos; CAMPOS, M. C. C. Decomposição de resíduos vegetais de espécies da caatinga, na região de Patos, PB. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 1, n. único, p.57-63, 2006.

ALVES, J. J. A. Geocologia da Caatinga no semi-árido do Nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p.58-71, 2007.

CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. de. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2006.

CHIMNER, R. A. Soil respiration rates of tropical peatlands in Micronesia and Hawaii. **Wetlands**, v. 24, n. 1, p.51-56, 2004.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. da. Produção da serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p.49-59, 2006.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; CUNHA, G. de M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p.563-570, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 2011. 230p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

HEPP, L. U.; DELANORA, R.; TREVISAN, A. Compostos secundários durante a decomposição foliar de espécies arbóreas em um riacho do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p.407-413, 2009.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M. de; LOBATO, F. A. de O.; PALÁCIO, H. A. de Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p.72-79, 2009.

MAMAN, A. P. de; SILVA, C. J. da; SQUAREZI, E. de M.; BLEICH, M. E. Produção e acúmulo de serapilheira e decomposição foliar em Mata de Galeria e Cerradão no sudoeste de Mato Grosso. **Revista de Ciências AgroAmbientais**, Alta Floresta, v. 5, n. 1, p.71-84. 2007.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; MORAIS, F. de; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Barra de Santa Rosa, estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 10p.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p.819-826, 2004.

PEGADO, C. M. A.; SOUTO, J. S.; PEREIRA, W. E.; FÉLIX, L. P.; DANTAS JÚNIOR, O. R. Decomposição foliar de quatro espécies da caatinga na região de Santa Terezinha, Paraíba. **Acta Tecnológica**, Codó, n. 3, p.15-27, 2009.

PEGADO, C. M. A.; BARBOSA, L. J. das N.; MENDES, J. E. M. F.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p.218-223, 2008.

PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T. de; SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serapilheira na Floresta Atlântica, Ilha de Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p.443-454, 2008.

PORTELA, L. da S.; FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; MARTINHO, A da F. Compostos orgânicos e fauna do solo e sua relação com

a decomposição da serapilheira na Flona Mário Xavier – RJ. **Agronomia**, Seropédica, v. 38, n. 2, p.79-83, 2004.

SALCEDO, I. H. Biogeoquímica do fósforo em solos da região semi-árida do NE do Brasil. **Revista de Geografia**, Recife, v. 23, n. 3, p.159-184, 2006.

SANTANA, J. A. da S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, v. 29, n. 2, p.87-94, 2011.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p.253-266. 2008.

SILVA, C. J. da; LOBO, F. de A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009.

SILVA, G. A. e; SOUTO, J. S.; ARAÚJO, J. L. Atividade microbiana em Luvissole do semi-árido da Paraíba após a incorporação de resíduos vegetais. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 27, n. 1, p.13-20, 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. dos; BAKKE, I. A.; SALES, F. das C. V.; SOUZA, B. V. de. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de Caatinga. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p.559-565, 2013.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. dos; BAKKE, I. A. Características químicas da serapilheira depositada em área de caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p.264-272, 2009.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P. de; SANTOS, R. V. dos; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob Caatinga no SemiÁrido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p.151-160, 2008.

TERROR, V. L.; SOUSA, H. C. de; KOZOVITS, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 25, n. 1, p.113-121, 2011.