

Laerte Bezerra de Amorim

**CARACTERIZAÇÃO DA SERRAPILHEIRA EM
CAATINGA PRESERVADA E MUDANÇAS NO
CARBONO DO SOLO APÓS O DESMATAMENTO
SEM QUEIMA**

Recife-PE
2009

Laerte Bezerra de Amorim

**CARACTERIZAÇÃO DA SERRAPILHEIRA EM
CAATINGA PRESERVADA E MUDANÇAS NO
CARBONO DO SOLO APÓS O DESMATAMENTO
SEM QUEIMA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Ph. D. Ignacio Hernán Salcedo

Co-orientador: D. Sc. Izabel Cristina de Luna Galindo

D. Sc. Vanderlise Giongo Petrere

Recife-PE
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

A524s Amorim, Laerte Bezerra de
 Caracterização da serrapilheira em caatinga preservada e
 mudanças no carbono do solo após o desmatamento sem quei-
 ma / Laerte Bezerra de Amorim. -- 2009.
 75 f. : il.

 Orientador : Ignacio Hernán Salcedo
 Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universi -
 dade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de
 Agronomia.
 Inclui bibliografia.

CDD 631.42

1. Semi-árido
 2. Folhedo
 3. Carbono orgânico total
 4. Matéria orgânica particulada leve
- I. Hernán Salcedo, Ignacio
 - II. Título

Laerte Bezerra de Amorim

**CARACTERIZAÇÃO DA SERRAPILHEIRA EM
CAATINGA PRESERVADA E MUDANÇAS NO
CARBONO DO SOLO APÓS O DESMATAMENTO
SEM QUEIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

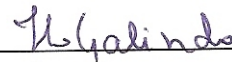
Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 27 de fevereiro de 2009.

Orientador: Ph. D. Ignacio Hernán Salcedo



Examinadores:

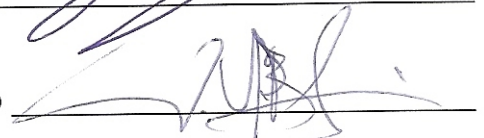
D. Sc. Izabel Cristina de Luna Galindo



D. Sc. Vânia da Silva Fraga



Ph. D. Everardo Valadares de Sá Barretto Sampaio



A DEUS, pela vida;

Ao meu pai **Laércio Amorim**,
A minha mãe **Solange Maria**,

A minha avó **Maria Nazaré**
e as minhas irmãs **Lourena e Laíse**.

Dedico.

Ao meu avô **João Maria**, a minha tia-avó
Ezilda Amorim e aos meus tios
Jenner Amorim e Lindalva Amorim.

(in memorian)

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador e amigo Ignacio Salcedo pelo incentivo a aprender sempre mais, pela paciência, confiança e, sobretudo, pelo enorme conhecimento transmitido.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da UFRPE e ao seu corpo docente, pela oportunidade oferecida durante este período de forte assimilação de conhecimento científico e pessoal.

A minha co-orientadora, Izabel Galindo, pelas sugestões e revisão deste trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro e a CAPES pela bolsa de mestrado.

Ao Departamento de Energia Nuclear (DEN) da UFPE, em particular aos professores Everardo Sampaio, pelo empréstimo de material didático, e Rômulo Menezes, pela eficiência em conduzir esse núcleo de ensino.

À Embrapa Semi-Árido pela disponibilidade da área para montagem do experimento, em destaque para os Drs. Ivan Alvarez e Vanderlise Giongo, que não mediram esforços durante a condução do trabalho em campo, especificamente na coleta de dados.

A Associação de Plantas do Nordeste (APNE) pelo apoio técnico e financeiro, indispensável para realização desta dissertação, com destaque para os Engenheiros Florestais Frans Pareyn e Kleber Lima.

Aos amigos de república, Agenor, Bruno, Edivan, Michelangelo, Arruda, Esmar, Hugo e Michel.

Ao meu tio Sandro e família pelo apoio e incentivo, sempre. Aos meus tios: César, Zoraide e Ezilda(*in memorian*); minha madrinha Silvéria e a todos os meus primos.

Aos amigos contemporâneos de pós-graduação, André, Carla, Guilherme, Luciana, Maria, Marise, Patrik, Rômulo, Rosemberg e Terezinha, pela harmonia na convivência, momentos de estudo e pela amizade conquistada, e em especial à Carolina Malala e Welka Preston que me acompanham desde tempo de graduação.

Aos funcionários da pós-graduação em Ciência do Solo, em especial a Socorro e Noca, pela atenção e competência nos seus cargos.

A todos que fazem parte do Laboratório de Fertilidade do Solo/Radioagronomia (DEN/UFPE), aos funcionários: Gilberto, Pedro e Claudenice; aos alunos: Emmanuel, Fábio, Júlio, Marlon, Patrícia Maia, Priscila (em especial pela grande ajuda nas análises), Rafael, Sara, Tiago, Walane e aos Drs. Tácio e Sandra. Aos estagiários: Andresa, Freds, Geraldo, Jackson, Jerrar, Leila, Patrícia Karla, Renan, Tereza e ao mestrando Valdemir.

Aos amigos de pós-graduação (UFRPE) Hailson, Thaís, Frank, Eriberto, Kamila, Erica, Kátia, Fabiana, Daniela, Juninho, Milton, Cauê, Josimar, Leonardo, Márcio, João Paulo, Felizarda e os graduando em agronomia Adelazil e Vinícius.

A amiga Ivaneide e família pelo forte apreço e carinho dedicado.

Aos grandes amigos Ozail Jr., Rafael Ferreira e Stefeson, que mesmo distante, mantivemos contato constante.

Enfim, agradeço a todos que ajudaram de forma direta ou indireta na elaboração deste trabalho.

Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Bioma Caatinga.....	3
2.2. Serrapilheira.....	4
2.2.1. Produção de serrapilheira	5
2.2.2. Decomposição da serrapilheira.....	7
2.3. Ciclagem de nutrientes.....	9
2.4. A matéria orgânica	11
2.5. Carbono do solo	12
2.6. Quantificação da MOS	13
2.7. Fracionamento da MOS	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Caracterização da área	16
3.2. Caracterização da vegetação arbórea	19
3.3. Amostragens de serrapilheira e solo	20
3.4. Análises químicas e físicas	22
3.5. Avaliação da decomposição da serrapilheira	23
3.6. Análises estatísticas.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Serrapilheira.....	25
4.1.1. Decomposição da serrapilheira.....	27

4.1.1.1. Relação C/N	29
4.1.2. Concentração de nutrientes nas frações da serrapilheira	30
4.1.3. Estimativa do retorno de nutrientes via serrapilheira	33
4.2. Solo	37
4.2.1. Carbono orgânico total (COT).....	37
4.2.2. Matéria Orgânica Particulada Leve (MOPL)	42
4.2.3. Frações do carbono	45
4.2.4. Relação do COT com a MOPL	46
5. CONCLUSÕES	48
6. REFERÊNCIAS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies vegetais arbóreas e arbustivas encontradas na área nas parcelas experimentais em Petrolina-PE.....	21
Tabela 2. Caracterização química e física do solo da área experimental, durante o período seco (dezembro/2007) em Petrolina-PE.....	23
Tabela 3. Variação sazonal no estoque das frações de serrapilheira nos tratamentos testemunha (mata nativa) no fim do período seco (dezembro/07) e após o período chuvoso (junho/08), Petrolina-PE	28
Tabela 4. Concentração média dos nutrientes nas frações da serrapilheira (dezembro/2007) em Petrolina-PE	30
Tabela 5. Estimativa do retorno de nutrientes à superfície do solo via serrapilheira, com base nos teores dos elementos determinados em dezembro/2007, em áreas sob vegetação de caatinga preservada, em Petrolina-PE.....	34
Tabela 6. Aporte médio de nutrientes ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em diversas florestas secas do mundo (adaptado de Santana, 2005).	35
Tabela 7. Concentração média ($n=9$) do carbono orgânico total (COT) no fim do período seco (dezembro/2007) e após o período chuvoso (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE.....	38
Tabela 8. Estoque médio ($n=9$) do carbono orgânico total (COT) no fim do período seco (dezembro/2007) e após o período chuvoso (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE.....	40
Tabela 9. Concentração média ($n= 9$) da matéria orgânica particulada leve (MOPL) no período seco (dezembro/2007) e após um inverno (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE	43
Tabela 10. Estoque médio ($n= 9$) da matéria orgânica particulada leve (MOPL) no período seco (dezembro/2007) e após um inverno (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE.....	44
Tabela 11. Valores médios da massa seca de matéria orgânica particulada leve (MS-MOPL), carbono orgânico total (COT), carbono orgânico na MOPL, carbono humificado e porcentagem de C-MOPL em relação ao COT, em função da profundidade do solo, largura da bordadura (desmatamento) e época de amostragem, Petrolina-PE.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição espacial do bioma Caatinga.....	3
Figura 2. Visão aérea do formato dos blocos, antes do corte da vegetação (dezembro/2007), Estação Experimental da Caatinga, Petrolina-PE.	17
Figura 3. Modelo da área experimental, Petrolina-PE.....	18
Figura 4. Modelo do bloco experimental, Petrolina-PE.	19
Figura 5. Distribuição dos pontos de coleta de serrapilheira em uma parcela experimental em Petrolina-PE	20
Figura 6. Distribuição de frequência da massa seca total de serrapilheira em caatinga hiperxerófila (n=162) em Petrolina-PE	25
Figura 7. Distribuição de frequência da massa seca de serrapilheira não-lenhosa em caatinga hiperxerófila (n=162) em Petrolina-PE	26
Figura 8. Distribuição de frequência da massa seca de serrapilheira lenhosa em caatinga hiperxerófila (n=162) em Petrolina-PE	26
Figura 6. Relação entre os teores médios de matéria orgânica particulada (MOPL) e carbono orgânico total (COT) na camada de 0-30 cm para o fim do período seco (a) e após período chuvoso (b), Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE.....	47

RESUMO

A Caatinga, ecorregião semi-árida, é um dos biomas brasileiro mais ameaçado e transformado pela ação humana. Apesar da sua expressiva importância socioeconômica e ambiental, poucos estudos são direcionados ao manejo sustentável desse ecossistema. Nesse sentido, pesquisas relacionadas ao estoque de serrapilheira, carbono orgânico total (COT) e matéria orgânica particulada leve (MOPL) em áreas desmatadas sem o uso do fogo são desconhecidas no semi-árido brasileiro. O presente estudo foi desenvolvido na Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE, tendo por finalidade obter dados dos estoques de serrapilheira na superfície do solo e de COT e MOPL, em área sob vegetação de caatinga preservada, além de quantificar os efeitos após sete meses do desmatamento (corte da vegetação sem quima), sobre essas variáveis. O desenho experimental foi de blocos completos não casualizados (n=3), com cinco tratamentos, constituídos pelas distâncias crescentes desmatadas ao redor de cada parcela experimental. A área das parcelas (10 x 40 m) e perímetros de 0, 15, 25, 35 ou 45 m de largura ao redor delas foram submetidos a corte raso. Nas parcelas experimentais foram realizadas as amostragens de serrapilheira e solo. Para cada bloco foi considerada uma parcela testemunha (mata nativa) que também foram amostradas. As amostragens de serrapilheira e solo foram realizadas no fim do período seco (dezembro/2007) e após o período chuvoso (junho/2008). Foram coletadas 162 amostras de serrapilheira no período seco em todas as parcelas, antes do corte da vegetação e 27 após a estação chuvosa, unicamente nas parcelas testemunha, localizada na área não desmatada. O material coletado foi fracionado em não-lenhoso (folhas, flores e miscelânea) e lenhoso (cascas e galhos), avaliado quanto ao teor de massa seca (MS) e composição química (N, P, K, Ca, Mg). No solo, foram retiradas 54 amostras em três camadas (0-10, 10-20 e 20-30 cm), em ambos os períodos, e analisadas quanto ao COT, MS da MOPL, granulometria, pH, P extraível e bases trocáveis. Os estoques de serrapilheira no fim do período seco apresentaram intervalo modal entre 3 e 5 Mg ha⁻¹, compatíveis com os dados já publicados. A serrapilheira apresentou relação C/N ampla (37) sua perda de massa no período chuvoso foi de 89 e 21% para as frações não-lenhosa e lenhosa, respectivamente. O gradiente de concentração dos nutrientes foi Ca>N>K>Mg>P, para todas as frações estudadas. Os tratamentos não tiveram efeito nas concentrações e nos estoques de COT e MOPL, mas apresentaram variação sazonal, com os maiores valores encontrados no fim do

período de estiagem. Foi encontrada uma relação significativa entre as quantidades de MOPL e COT, sugerindo que parte do C na MOPL é incorporado à fração de C humificado.

Palavras chaves: Semi-árido, folheto, carbono orgânico total, matéria orgânica particulada leve.

ABSTRACT

The Caatinga, a semi-arid ecoregion, is one of the most endangered Brazilian biome and transformed by human action. Despite its significant socioeconomic and environmental importance, few studies are directed to the sustainable management of this ecosystem. Accordingly, research related to the litter storage on the soil surface, total organic carbon (TOC) and light particulate organic matter (POML) in deforested areas without using fire is unknown or absent in the Brazilian semi-arid. This study was carried out at Embrapa Semi-Arid, Petrolina-PE, to evaluate the influence of deforested area in the dynamics of litter, TOC and POML in the mineral soil of a preserved environment of caatinga vegetation, and quantify the effects after seven months of deforestation on these variables. The experimental design was in non-randomized complete blocks ($n = 3$) with five treatments, consisting of the growing distance cleared around each experimental plot. The area of plots (10 x 40 m) and girth of 0, 15, 25, 35 or 45 m wide around them were the clear cuts. Plots in samples were collected from litter and soil. For each block as a control plot (forest) that were sampled. Sampling of litter and soil were carried out at the end of the dry period (December/2007) and after the rainy period (June/2008). We collected 162 samples of litter in the dry season in all plots before the cutting of vegetation and 27 samples after the rainy season, only in control plots, located in the area not deforested. The collected material was fractionated in non-woody (leaves, flowers and miscellaneous) and wood (bark and twigs), evaluated on the content of dry matter (DM) and chemical composition (N, P, K, Ca, Mg). A total of 54 soil samples were taken from each layer (0-10, 10-20 and 20-30 cm) in both periods, and analyzed for TOC, DM of POML, particle size, pH, extractable P and exchangeable bases. Litter storages at the end of the dry period presented modal range between 3 to 5 Mg ha⁻¹, consistent with data already published. The litter had a wide C/N ratio (37), and its decomposition was 89 and 21% for the non-woody and woody fractions, respectively, determined by the DM before and after the rainy season. The gradient of nutrients concentration was Ca > N > K > Mg > P for all fractions studied. Concentrations and storages of TOC and POML showed seasonal variation with the highest values observed at the end of the dry season. There was a significant relationship between the amounts of POML and TOC, suggesting that part of the C in the POML is incorporated into the humified C fraction.

Keywords: Semi-arid, leaf litter, total organic carbon, light particulate organic matter

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga, ecorregião semi-árida, é um dos biomas brasileiro mais ameaçado e transformado pela ação humana. Além de ser exclusivamente brasileira (Castelletti et al., 2003), a Caatinga cobre porção significativa do território nacional (9,92%), a se considerar as áreas de transição para outros biomas (Salcedo & Sampaio, 2008), destacando-se também a presença, na fauna e flora, de espécies endêmicas neste ecossistema. No entanto, apesar de toda a riqueza, esse bioma não vem recebendo a atenção merecida, sendo seu uso nas áreas não irrigadas limitada ao extrativismo da madeira para confecção de carvão ou para a agricultura e pecuária de subsistência. Com isso, houve uma redução da cobertura vegetal nativa do semi-árido nordestino, o que tem levado à degradação dos recursos naturais, e em especial, à redução da fertilidade do solo (Menezes et al., 2002).

Um dos principais fatores para a degradação são as queimadas para “limpeza da área”. Esse artifício é utilizado pelos agricultores para implantação da agricultura, geralmente de subsistência, ou pastagens. Salcedo & Sampaio (2008) comentaram que, durante as queimadas, os nutrientes contidos no material vegetal podem perder-se da área por volatilização/convecção, retornar ao solo nas cinzas e, ainda, permanecer nos resíduos vegetais que não sofreram combustão completa. A volatilização/convecção resulta em perda de nutrientes, principalmente de C, N, e S, podendo perder-se também P se a queimada atingir temperaturas elevadas. Além da perda de nutrientes, ocorre um retardamento na regeneração da vegetação de caatinga.

O uso do manejo sustentável da caatinga faz-se necessário para manutenção e preservação desse ecossistema. Para isso, atividades como o raleamento da vegetação para pecuária, melhor aproveitamento da madeira utilizando apenas os resíduos para confecção de carvão, desmatamento sem o uso do fogo, plantio em curva de nível, dentre outras, são primordiais para a sobrevivência da flora e da fauna desse bioma.

A Associação de Plantas do Nordeste (APNE) e a Rede de Manejo Florestal da Caatinga (RMFC) vêm realizando pesquisas em longo prazo, que tem como principal finalidade verificar a intensidade de rebrota da vegetação nativa em áreas desmatadas sob distintas condições tema de interesse para a exploração racional de recursos florestais. Uma dessas condições refere-se ao efeito da largura da faixa desmatada sobre a intensidade da rebrota. Do ponto de vista do estoque de carbono

orgânico total (COT) no solo é possível pensar em dois efeitos do desmatamento: 1) no curto prazo, finalizada a estação chuvosa, haveria diminuição nos teores de C do solo, como resultado da maior atividade biológica estimulada pelo aumento da temperatura da superfície do solo. Em relação a esta hipótese, a largura da faixa desmatada provavelmente não exerceria influência no solo; 2) no longo prazo, se a intensidade da rebrota for afetada pela largura da área desmatada, é provável que isto afete também os estoques de carbono no solo. Pesquisas relacionadas ao estoque de carbono no solo em áreas desmatadas sem o uso do fogo são, no geral, incipientes, sobretudo para o semi-árido brasileiro, onde essa informação é inexistente ou desconhecida. Assim, este trabalho objetivou obter dados dos estoques de serrapilheira na superfície do solo, de COT e de matéria orgânica leve no solo, em área sob vegetação de caatinga preservada, além de quantificar os efeitos de curto prazo do desmatamento sobre essas variáveis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bioma Caatinga

A região semi-árida nordestina possui uma área de pouco menos de um milhão de km² e uma população de cerca de 20 milhões de habitantes, sendo uma das maiores e mais densamente habitadas do mundo (Sampaio & Araújo, 2005). A maior parte desta área é coberta pela vegetação de caatinga.

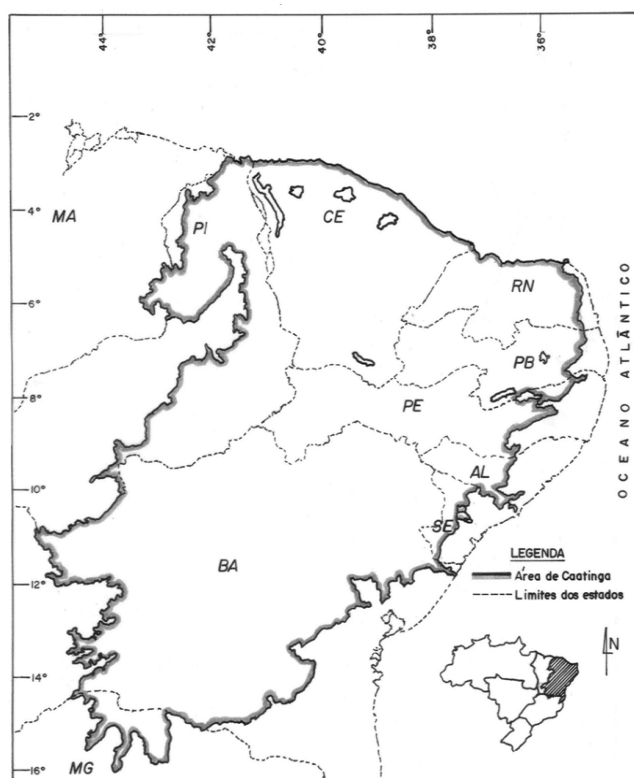


Figura 1. Distribuição espacial do bioma Caatinga.
(Adaptado do Atlas Nacional do Brasil, IBGE, 1994. Escala aproximada: 1:80.000).

A caatinga tem uma diversidade maior que qualquer outro bioma do mundo sob as mesmas condições de clima e de solo, mas está entre os biomas brasileiros mais degradados pelo homem (BRASIL, 2002). Sua vegetação desenvolve-se em solos cujas características físicas nem sempre permitem a retenção de água por um longo período de tempo. Além disto, há elevada taxa de evapotranspiração, e as chuvas apresentam distribuição muito irregular. Estas condições de clima e solo tornaram a caatinga altamente adaptada a ambientes secos (Fernandes, 1992).

Atualmente, a sua utilização ainda se fundamenta em processos meramente extrativistas, que carecem de elementos básicos da sustentabilidade (Nunes et al., 2006). O clima e as práticas agrícolas, o desmatamento e as queimadas são os principais fatores que contribuem para instabilidade da caatinga. São encontradas neste ambiente áreas degradadas, com solos completamente desnudos e sujeitos aos processos erosivos e, conseqüentemente, ao empobrecimento da sua fertilidade. Existem áreas de vegetação rala que possuem pouca estabilidade e que estão sujeitas à degradação. Há também áreas de cobertura vegetal densa, com grande diversidade de espécies que proporcionam boa cobertura ao solo, protegendo-o contra as intempéries do clima e a ação humana (Chaves et al., 2002).

As temperaturas médias oscilam entre 23 e 29°C (WWF-Brasil, 2007) e as precipitações anuais estão entre 300-800 mm, variando, também, as épocas de início e fim da estação chuvosa (Sampaio & Araújo, 2005). A pluviosidade total é considerada razoável para a produção agrícola, entretanto, a irregularidade na distribuição é um dos problemas relacionados com a escassez da água com cerca de 60% da chuva ocorrendo em um único mês do ano, e 20% em um único dia (Sampaio, 1995). Deste modo, a variabilidade, a escassez das chuvas e a baixa fertilidade dos solos são consideradas como os principais fatores limitantes para a atividade agropecuária na região semi-árida (Campos, 2004). A umidade relativa média é de 50% e o período de insolação chega a 2800 h ano⁻¹. A evapotranspiração potencial (ETP) oscila entre 1500-2000 mm ano⁻¹ (Sampaio, 1995; SUDENE, 1985), sendo esta faixa de variação da ETP relativamente estável para todo o semi-árido (Menezes & Sampaio, 2000).

Os solos variam muito, especialmente em função do material de origem. Ocorrem desde solos com alto grau de intemperização até solos jovens. As ordens mais freqüentes são Latossolos, Argissolos, Luvisolos, Planossolos, Vertissolos, Neossolos e Cambissolos (Jacomine, 1996).

2.2. Serrapilheira

A serrapilheira é um componente do ecossistema florestal e compreende o material adicionado ao solo pelos organismos. Esses materiais incluem: folhas, caules, frutos, flores, sementes e resíduos de animais (Souza & Davide, 2001). Sua acumulação depende da quantidade e da qualidade de biomassa produzida e aportada, assim como da taxa de decomposição desse material (Golley et al., 1978;

Alves et al., 2006). A importância de se avaliar este componente está na compreensão dos reservatórios e fluxos de nutrientes, pois o folhedo depositado sobre o solo constitui a principal via de fornecimento de nutrientes, por meio da mineralização dos restos vegetais (Vital et al., 2004).

Estudos sobre decomposição e liberação de nutrientes nos estoques de serrapilheira da vegetação de caatinga, são praticamente inexistentes, restringindo-se apenas a pesquisas direcionadas a produção e decomposição anual.

2.2.1. Produção de serrapilheira

A produção e decomposição da serrapilheira são processos fundamentais, e mais comumente mensurados, do fluxo de matéria orgânica e nutrientes da vegetação para a superfície do solo, sendo vitais para o funcionamento do ecossistema, principalmente nas florestas tropicais, situadas em solos pobres em nutrientes (Golley et al., 1978).

A quantidade de material orgânico depositado ao longo de um ano está relacionada principalmente com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas. Por exemplo, florestas situadas em regiões árticas ou alpinas produzem anualmente cerca de uma tonelada de serrapilheira por hectare; florestas temperadas frias, 3,5 toneladas; florestas temperadas quentes, 5,5 toneladas; e florestas equatoriais, cerca de 11 toneladas (Bray & Gorham, 1964). A produção de serrapilheira em florestas preservadas tende a ser maior do que em sistemas agroflorestais e monoculturas, dentro de um mesmo ecossistema (Gama-Rodrigues et al., 2003; Corrêa et al., 2006).

A vegetação florestal pode ser avaliada quantitativamente e qualitativamente por diversos procedimentos de amostragem. A aplicação de um ou outro método depende de fatores, como: tempo, recursos disponíveis, variações fisionômicas e estruturais da vegetação (Scolforo, 1998). Segundo Putz (1983), as florestas tropicais naturais têm como uma das principais características a heterogeneidade, que é a expressão da ocorrência de dezenas de espécies da flora, distribuídas em microssítios com atributos específicos. Mlambo & Nyathi (2008) afirmaram que existe também heterogeneidade na distribuição da massa de serrapilheira na floresta, ocasionada por fatores como o vento e as chuvas, sendo essa característica mais marcante em regiões que possuem microrelevos (Carrera et al., 2009). Além disso, Rostagno e del Valle (1988) verificaram que a pecuária pode aumentar ainda mais a

heterogeneidade espacial da serrapilheira em ecossistemas áridos. O acúmulo da serrapilheira em locais mais baixos, geralmente promove um enriquecimento na fertilidade do solo, devido a uma maior ciclagem de nutrientes e atividade microbiana (Whitford, 2002).

Correia & Andrade (2008) citaram duas formas de variabilidade da serrapilheira no ecossistema: horizontal e vertical. A heterogeneidade horizontal está associada à distribuição da comunidade vegetal e a heterogeneidade vertical à diferenciação em camadas, decorrente da velocidade de decomposição que, por sua vez, é determinada por fatores climáticos, edáficos e biológicos.

O compartimento formado pela serrapilheira-solo é o principal sítio onde ocorrem todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. Entretanto, não significa que os diversos fenômenos envolvidos nesse processo ocorram exclusivamente nessa estreita porção do ambiente, pois, assim que um tecido vegetal é formado, começa a ocorrer a sua decomposição. É nesse compartimento, porém, que se concentram os organismos responsáveis pela tarefa de fragmentar as cadeias carbônicas, elaboradas de matéria complexa pelos outros organismos autotróficos (Santos & Camargo, 1999; Correia & Andrade, 2008).

Na região Nordeste, particularmente em área de caatinga, pouco se conhece sobre as taxas de deposição e acúmulo de folheto das espécies florestais nativas. A serrapilheira que cai das árvores nesse ecossistema protege o solo na estação seca quando as temperaturas são mais elevadas, mas, logo que chegam as primeiras chuvas, ela é degradada pelos microrganismos decompositores, não ocorrendo grande acúmulo de material orgânico na superfície (Souto, 2006). Sampaio e Silva (1996) estimaram valores de até $3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a produção de massa de serrapilheira no bioma caatinga. Contudo, fatores como tipo vegetacional, latitude, altitude, fotoperíodo, relevo, deciduidade, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica, estoque de nutrientes no solo (Vitousek, 1984; Portes et al., 1996; Figueiredo Filho et al., 2003) e, principalmente, precipitação pluviométrica, vento (Alvarez-Sanchez & Sada, 1993; Sanchez & Alvarez-Sanchez, 1995 e Diniz & Pagano, 1997) e temperatura (Pires et al., 2006; Correia & Andrade, 2008) podem afetar a estimativa mencionada. Dependendo das características de cada ecossistema, um determinado fator pode prevalecer sobre os demais.

Outro fator que contribui para a produção de serrapilheira (Konig et al. 2002), é a perturbação de uma floresta em equilíbrio que resulta em grande parte da

energia captada na fotossíntese sendo alocada na produção de material foliar, culminando no aumento da produção de serrapilheira.

Independente do bioma estudado, a fração folha normalmente constitui a maior proporção dos resíduos orgânicos que caem ao solo, seguida das frações casca e galhos (material lenhoso) e, por último, a fração miscelânea (fragmentos de folhas, flores, frutos, sementes e outros materiais vegetais de difícil identificação, além de insetos ou partes destes e fezes) (Souto, 2006).

2.2.2. Decomposição da serrapilheira

O processo de decomposição, por meio do qual elementos minerais essenciais tornam-se disponíveis às plantas, é uma importante parte do ciclo de nutrientes e desempenha importante papel no funcionamento dos ecossistemas (Wardle, 2002) e na recuperação de áreas agrícolas (Tiessen et al., 1992), sendo considerado tão importante quanto o processo de fotossíntese (Heal et al., 1997). O processo de decomposição de resíduos de plantas inclui lixiviação, separação através da fauna do solo, transformação da matéria orgânica pelos microrganismos e transferência dos componentes orgânicos e minerais para o solo. Este processo é principalmente biológico, mas é influenciado pelos fatores abióticos através de seus efeitos na fauna (Loranger & Ponge, 2002).

Segundo Lavelle et al. (1993), são os organismos invertebrados e os microrganismos os principais agentes da desestruturação química e física que ocorre após a senescência ou morte de partes da planta ou até de indivíduos inteiros que, em geral, encontram-se no outro extremo da cadeia alimentar. Esses invertebrados, quando atuantes em ecossistemas terrestres, mais precisamente associados ao compartimento serrapilheira-solo, são chamados de fauna do solo. Eles atuam na modificação de propriedades químicas e físicas desse compartimento, devido à movimentação desses organismos no perfil.

Na decomposição dos componentes dos tecidos vegetais e animais incorporados ao solo, os microrganismos heterotróficos, utilizam para sua sobrevivência, parte dos compostos simples e da energia liberada para seu próprio metabolismo e reprodução (Yadav et al., 2008). A reprodução aumenta a biomassa dos microrganismos, imobilizando, temporariamente parte dos nutrientes, do carbono e da energia que estavam contidos nos resíduos (Santos & Camargo, 1999).

O processo de decomposição da serrapilheira na superfície do solo é bastante variável no tempo e no espaço e sua dinâmica depende de vários fatores que afetam a velocidade desse processo. Haag (1985) relatou que a degradação e a decomposição dependem, dentre outros fatores, das características de cada componente da serrapilheira, tais como: teor de lignina e nutrientes, componentes secundários, massa e tamanho do material. Além das características químicas da serrapilheira, o clima e os microrganismos são fundamentais para o avanço no processo de decomposição (Aerts & Chapin, 2000). Em ecossistemas áridos e semi-áridos, a precipitação pluviométrica (Noy Meir, 1973) e a radiação solar (Gallo et al., 2006) são os principais componentes climáticos que controlam a decomposição microbiológica. No entanto, a escala de atuação de todos esses fatores é variável de acordo com o ecossistema.

O equilíbrio entre as taxas de mineralização e imobilização pode ser bastante complexo. Este equilíbrio depende bastante da quantidade de carbono no resíduo e da relação entre carbono e nitrogênio, fósforo e enxofre. Dentre estas, a mais estudada é a relação C/N. Quando o resíduo é adicionado ao solo, o aumento da população microbiana é estimulado pelo aporte de energia e nutrientes. Com este aumento da população microbiana, a demanda por oxigênio, nutrientes, energia e carbono aumenta. Os tecidos microbianos possuem em média uma concentração de 10% de N, o que resulta em uma relação C/N entre 10 a 20/1. Isto significa que os resíduos que possuem uma relação C/N ao redor de 20/1 fornecerão o nitrogênio necessário para a reprodução microbiana, não havendo imobilização nem mineralização significativa no início do processo. Se a relação C/N for maior, os microrganismos buscarão outras fontes de N para satisfazer a demanda, consumindo formas de nitrogênio que estão disponíveis para a planta, o que resulta em uma imobilização líquida e pode causar uma deficiência temporária de nitrogênio para as plantas. Se, por outro lado, a relação C/N for menor que 20, haverá um excesso de N no resíduo que será mineralizado pelos microrganismos, permanecendo disponível para as plantas já num primeiro momento (Moreira & Siqueira, 2006; Santos & Camargo, 1999). Para Taylor et al. (1989), a relação C/N é considerada o melhor parâmetro para estimar as taxas de decomposição.

Doyle et al. (2006) afirmaram que há atividade microbiana na serrapilheira seca, mesmo com baixos níveis de umidade. Estes pesquisadores atribuíram essa atividade às adaptações ecofisiológicas da microbiota do solo em condições

desérticas. Firme (2005) comentou que, quanto menor a quantidade de N no processo, mais lentamente ocorrerá a decomposição.

A taxa de decomposição da serrapilheira é um importante componente no estabelecimento da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais, sendo dependente das condições do meio, a exemplo do clima (especialmente temperatura e umidade), qualidade da serrapilheira e natureza e abundância dos organismos decompositores (Sariyildiz et al., 2005). Existem várias formas de mensurar o tempo de renovação da serrapilheira. O coeficiente k é um desses indicadores (Anderson & Swift, 1983), e quanto maior seu valor, mais rápida a velocidade de decomposição e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes para o solo. Quando o k é igual a um ($k=1$) a renovação da serrapilheira ocorre em um ano.

Vários autores têm investigado a produção de serrapilheira e sua decomposição em diferentes formações florestais, contribuindo para um maior conhecimento da ciclagem de nutrientes dentro dos ecossistemas (Werneck et al., 2001; Backes et al., 2004; Toledo & Pereira, 2004; Santana, 2005; Pereira et al., 2008; Mlambo & Nyathi, 2008).

2.3. Ciclagem de nutrientes

A ciclagem de nutrientes é o grande mecanismo de manutenção da vida e dos sistemas no globo. Por sua complexidade, ela é sistematicamente dividida em ciclos menores, isto é, no ciclo geoquímico e no ciclo biológico e este último se subdivide em ciclo biogeoquímico e bioquímico (Pritchett, 1986).

O ciclo geoquímico caracteriza-se pelas entradas e saídas de elementos minerais entre o ecossistema e os componentes externos. As principais fontes de entrada de nutrientes no ecossistema florestal são a chuva, a poeira, o intemperismo das rochas e a aplicação de fertilizantes e resíduos orgânicos urbanos ou agroindustriais. As perdas mais relevantes de nutrientes, neste ciclo, são ocasionadas pelos processos de erosão e lixiviação, queima, desnitrificação e colheita florestal (Poggiani & Shumarcher, 2000).

O ciclo biogeoquímico envolve os processos de transferência de nutrientes dentro do sistema solo-planta, inicia-se com o processo de absorção de nutrientes e conclui-se com o seu retorno ao solo, depois da deposição e decomposição de resíduos orgânicos e da lavagem desses nutrientes dos diversos compartimentos da planta (Reis & Barros, 1990).

O ciclo bioquímico refere-se à translocação de nutrientes dentro da planta, ou seja, de tecidos velhos para tecidos novos, e sua importância é relacionada com a mobilidade dos nutrientes dentro da planta. N, P, K e Mg apresentam maior mobilidade e Ca, S e os micronutrientes, em geral, são menos translocados (Mengel & Kirkby, 1982).

A vegetação devolve nutrientes ao solo através da circulação de matéria, representada pela deposição de serrapilheira e morte de raízes, principalmente as finas (Vogt et al., 1986; Salcedo et al., 1999). A serrapilheira é a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, cálcio e fósforo, enquanto o potássio é devolvido principalmente através da precipitação interna e o magnésio tem forma de transferência variável entre os diferentes tipos de florestas (Cole & Rapp, 1981).

Para Souza & Davide (2001), o processo de ciclagem é de grande importância não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também na busca de informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade do sítio degradado em recuperação. No entanto, a maior relevância não é a simples acumulação quantitativa e sim o processo de mineralização do material orgânico, responsável pela liberação dos nutrientes para o solo. Correa et al. (2006) afirmaram que, no sistema solo-planta, os nutrientes estão em estado de transferência contínuo e dinâmico, em que as plantas retiram os nutrientes do solo e os usam nos seus processos metabólicos, retornando-os para o solo naturalmente como liteira, em sistema sem manejo, ou através de poda em alguns sistemas agroflorestais, ou através da senescência das raízes.

A ciclagem de nutrientes assume papel essencial na manutenção da produtividade dos ecossistemas florestais, principalmente aqueles sobre solos de baixa fertilidade e fortemente intemperizados, situação da maioria dos solos tropicais (Haag, 1985). A deposição de serrapilheira é um dos aspectos mais importantes da ciclagem de nutrientes, pois a nutrição dos vegetais nesses ecossistemas é dependente da ciclagem dos nutrientes contidos na biomassa vegetal (Andrade et al., 2008).

Poucos estudos têm focado a deposição de serrapilheira em áreas submetidas a distúrbios, visando entender a relação deste compartimento com o processo regenerativo da vegetação (Martins & Rodrigues, 1999). Em florestas decíduas, a ciclagem de nutrientes é importante para a produtividade da vegetação,

que muitas vezes ocorre em solos pobres em nutrientes (Jaramillo & Sanford Jr. 1995; Bustamante et al. 2006; Mlambo & Nyathi, 2008).

2.4. A matéria orgânica

No solo, o termo material orgânico refere-se a todo tipo de material de origem orgânica, reconhecível ou não. Segundo Tan (1994), a matéria orgânica ou húmus pode ser dividida em compostos humificados e compostos não humificados. Os compostos não humificados são os carboidratos, aminoácidos, proteínas, lipídios e lignina, produzidos ou adicionados quando os tecidos animais e vegetais são decompostos no solo. Estes compostos participam na síntese de outras substâncias, chamadas de compostos humificados. Os compostos humificados são, por exemplo, os ácidos húmicos e fúlvicos e a humina. Os tecidos vegetais incorporados ao solo diferenciam-se bastante quanto à suscetibilidade à decomposição. Os microrganismos do solo decompõem estes materiais para obtenção de energia e nutrientes.

Em geral, os teores de carbono no tecido vegetal são da ordem de 40 – 45% (Santos & Camargo, 1999). Contudo, o tempo de decomposição desses materiais depende dos processos de transformação da matéria orgânica pelos microrganismos do solo (Sparling, 1992).

A matéria orgânica do solo (MOS) tem grande importância no fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na estabilização da estrutura, na infiltração e retenção de água, na aeração e na atividade e diversidade microbiana, constituindo, assim, um componente fundamental da capacidade produtiva em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, nos quais seu conteúdo é geralmente baixo (Stevenson, 1994). A MOS interage com minerais no solo formando complexos organominerais por meio de diversos mecanismos de interação, resultando em partículas secundárias de diversos tamanhos e formas, desde microagregados (< 0,25mm) até macroagregados de alguns milímetros de tamanho (Tisdall & Oades, 1982).

Incrementos nos teores da MOS podem vir a ser alcançados devido ao crescimento das plantas ou às práticas de manejo (Lugo & Brown, 1993), especialmente em cultivos de ciclo mais longo, como é o caso da atividade florestal (Lima, 2004), principalmente quando se mantêm os resíduos florestais no campo e se faz menor interferência antrópica na área.

2.5. Carbono do solo

As conseqüências do efeito estufa sobre as alterações climáticas na terra são de interesse mundial e isto tem levado cada vez mais cientistas a estudarem o ciclo do carbono. No Brasil, considerando todos os solos sob vegetação nativa, o estoque de carbono na camada de 0-30 cm foi estimado em 36,4 Pg C, que corresponde, aproximadamente, a 5% do estoque de C no mundo na mesma profundidade (Bernoux et al., 2002).

Segundo Sousa (2006), em diversas regiões do mundo, para diferentes biomas, existe relação entre o teor de carbono do solo e a vegetação presente em uma determinada área. Contudo, no Brasil e, mais especificamente para o bioma caatinga, praticamente inexistem informações entre a dinâmica do carbono no solo e as relações existentes entre o teor deste elemento, o tipo de solo, o tipo de vegetação e o grau de cobertura vegetal (Galindo, 2007).

O carbono frequentemente tem sido utilizado como indicador da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa (Jansen, 2005; Portugal et al., 2008; Souza et al., 2008). Esse elemento tem estreita relação com atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Silva Junior et al., 2004).

O processo de decomposição mantém a funcionalidade do ecossistema, possibilitando que parte do carbono incorporado na biomassa vegetal retorne à atmosfera como CO₂ e, outra parte, juntamente com os elementos minerais, seja incorporada ao solo (Olson, 1963; Odum, 1969). De acordo com Dieckow et al. (2005), os estoques de carbono estão diretamente relacionados com a quantidade de resíduos produzidos pelo sistema.

A transformação de sistemas naturais em áreas agrícolas representa, nas regiões tropicais, uma importante causa do aumento da concentração de CO₂ atmosférico, com efeitos sobre alterações climáticas em escala global (Scholes & Breemen, 1997). Heath et al. (2005) explicaram que as florestas têm um papel chave como dissipadoras de carbono, podendo contribuir para a redução dos danos causados pela emissão contínua de dióxido de carbono na atmosfera, que está associada com as mudanças no clima.

A quantificação de estoques de C no solo consiste essencialmente em dois passos: 1- amostragem de solo no campo para análise de C total e densidade do solo e; 2- quantificação dos estoques em Mg C ha⁻¹ (Machado et al., 2004).

O C total do solo é o somatório do C orgânico e do C inorgânico. A maior parte do C orgânico está presente na matéria orgânica do solo, enquanto o C inorgânico é encontrado nos minerais carbonatados. Nem todos os solos contêm quantidades expressivas de C inorgânico, produto da dissolução de calcita e dolomita presentes no material de origem, durante o processo de formação. Em regiões de clima tropical, onde há lixiviação intensa do perfil do solo durante o processo de formação, o C orgânico é a forma predominante. Na realidade, nos solos ácidos e de baixa fertilidade natural dos trópicos o teor de C inorgânico é negligenciável (Guerra & Santos, 2008).

Os processos de transformação do C e do N no solo influem diretamente na qualidade deste. Nos últimos anos, o C orgânico do solo vem sendo progressivamente quantificado tanto em termos de teores totais quanto de diferentes compartimentos (Leite et al., 2004). Esse esforço justifica-se pela capacidade que o solo, tanto natural como manejado, tem de retardar ou incrementar a transferência de C para a atmosfera, permitindo que seja retido por tempo mais prolongado, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Bromick & Lal, 2005) e pela melhoria na qualidade do solo com o aumento na agregação, porosidade, infiltração e retenção de água, aeração, CTC, balanço de N, entre outras (Six et al., 2000). Quando ocorre a substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas, geralmente há o declínio no conteúdo de C do solo (Rosa et al. 2003). Essa redução pode ser atribuída ao aumento da erosão, aos processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica e oxidação de C orgânico e às menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados, comparativamente a florestas nativas (Houghton et al., 1991). Entretanto, sistemas agrícolas mais conservacionistas tendem, com o tempo, a apresentar incremento de matéria orgânica na superfície do solo (Canellas et al., 2003; Rangel & Silva, 2007).

2.6. Quantificação da MOS

Normalmente, a quantificação da MOS se faz pela determinação do carbono orgânico total (COT) e a das suas frações é feita pela técnica de fracionamento físico e, ou, químico. Quanto à contribuição relativa das frações da MOS e das substâncias húmicas em relação ao COT, maior contribuição tem sido atribuída à fração humina, em solos florestais (Bayer et al., 2002; Lima, 2004), seguida dos ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, enquanto que a fração leve livre é a que apresenta

menor contribuição (Janzen et al., 1992; Boone, 1994; Pinheiro et al., 2004). De acordo com Bayer et al. (2002), tal fato é devido às condições climáticas, que favorecem a decomposição da matéria orgânica, principalmente da fração leve livre e contribui para aumentar os estoques de carbono nas frações mais humificadas, o que se constitui num importante fator com relação à retenção de carbono no solo (Stevenson, 1994).

2.7. Fracionamento da MOS

O material orgânico particulado leve (MOPL) é considerado uma fração intermediária entre a serrapilheira e a matéria orgânica humificada e apresenta-se em estágio intermediário de decomposição (Theng, 1989; Medeiros, 1999; Sousa, 2006). Esse tipo de matéria orgânica é composto por quantidades variáveis de material oriundo da serrapilheira abaixo e acima da superfície e os nutrientes nela contidos são de rápida disponibilidade para as plantas (Fraga, 2002).

Os diversos tipos de fracionamento utilizados em estudos de MOS procuram separar frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função, mas, ao mesmo tempo, suficientemente diferentes uma das outras (Christensen, 2000).

O fracionamento físico-densimétrico da MOS é uma ferramenta importante nos estudos que envolvem mudanças nos sistemas de uso e manejo do solo (Christensen, 2000), sendo um procedimento mais sensível, em relação ao fracionamento químico, em verificar alterações em frações da MOS decorrentes da adoção de diferentes sistemas de manejo do solo (Golchin et al., 1997; Roscoe & Buurman, 2003; Rangel & Silva, 2007). Outra característica importante dos métodos de fracionamento físico é sua natureza menos destrutiva e mais relacionada com a função e estrutura da MOS *in situ* (Christensen, 2000; Roscoe & Machado, 2002).

Na maioria dos casos, as metodologias utilizadas no fracionamento físico da MOS são muito trabalhosas e dispendiosas, além da difícil aplicação em condições de rotina. Uma das metodologias mais simples, proposta por Alvarez & Alvarez (2000), foi a de utilizar solo com partículas < 0,5 mm e duas soluções com densidades de 1,5 e 2,0 kg dm⁻³, determinando três frações de carbono: leve, pesada e média. A fração leve (> 53 µm) da MOS é composta de resíduos de plantas parcialmente decompostos ou frescos e que não estão fortemente associados com os minerais do solo. Contudo, Theng et al. (1989) estudando as concentrações de C e de N na fração leve em solos de regiões temperadas, relataram que essas foram variáveis e dependeram da composição do

material das plantas do qual a fração leve foi derivada. Pela sua característica de maior labilidade, a fração leve é indicadora do reservatório de N disponível às plantas, tanto em solos de regiões temperadas como tropicais, especialmente se a relação C/N é baixa (Sollins et al. 1984).

Por ser um método de mais fácil aplicação e baixo custo, a quantificação da MOS com densidade $< 1 \text{ kg dm}^{-3}$ (MOPL), vem sendo utilizada em solos da região semi-árida nordestina, seguindo a metodologia usada por Medeiros (1999) e descrita por Fraga (2002) e Sousa (2006).

O C pode acumular-se em frações lábeis ou estáveis da MO no solo, o que pode ter implicações na durabilidade do seu efeito quanto à retenção de C, bem como nas alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (Bayer et al., 2004).

A fração leve pode conter de 10 a 30% do C do solo (Theng et al., 1989) e tem sido útil na caracterização e recuperação de áreas degradadas (Ruivo, 1998; Duda et al., 1999). Em solos sob vegetação de caatinga, Fraga (2002) e Sousa (2006) encontraram 30 % de C do solo na massa seca da MOPL. Diversos autores têm constatado a redução dos teores de C e da fração leve da matéria orgânica em função do aumento da profundidade do solo (Ruivo et al., 2002; Teixeira et al., 2003; Neves et al., 2004; Wendling et al. 2005).

Considerando um contínuo de sensibilidade ao manejo, ter-se-ia, numa extremidade, a medida de carbono da biomassa microbiana, bastante variável e sensível, e, na outra, a medida do COT no solo, pouco variável e pouco sensível. A fração leve da matéria orgânica do solo tem-se constituído numa medida de sensibilidade intermediária e, mais importante, que reflete as ações antrópicas (Six et al., 2000). Para Leite et al. (2003), o C da fração leve é um indicador sensível a alterações no manejo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semi-Árido, localizado a 42 km da sede do município de Petrolina, no Km 152 da BR 428, cujas coordenadas geográficas são 9° 03' 53" de latitude Sul e 40° 18' 49" de longitude Oeste e altitude de 365 m. O município de Petrolina está localizado na Mesorregião do São Francisco, Microrregião de Petrolina e Ecorregião da Depressão Sertaneja Meridional.

O clima local, segundo a classificação de Köppen, é BSw^h, que corresponde a uma região quente e semi-árida, com chuvas de verão, iniciando em novembro com término em abril, com temperatura e precipitação médias anuais de 26°C e 522 mm, respectivamente (EMBRAPA Semi-Árido, 2009). O solo predominante na área experimental é Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plíntico, com relevo plano.

A área de 36 ha onde foi realizado o experimento apresentava vegetação de caatinga hiperxerófila arbustivo-arbórea densa, preservada por mais de 40 anos (Figura 2). O experimento constou de um corte raso da vegetação em dezembro de 2007 para instalação das parcelas experimentais, no qual o espaço desmatado variou de acordo com o tratamento (Figura 3 e 4).



Figura 2. Visão aérea do formato dos blocos, antes do corte da vegetação (dezembro/2007), Estação Experimental da Caatinga, Petrolina-PE.

O desenho experimental foi de blocos completos não casualizados ($n=3$), com cinco tratamentos, constituídos pelas distancias crescentes desmatadas ao redor de cada parcela experimental. A área das parcelas (10 x 40 m) e perímetros de 0, 15, 25, 35 ou 45 m de largura ao redor delas foram submetidos a corte raso (áreas de cor branca nas figuras 3 e 4). Nas parcelas experimentais foram realizadas as amostragens de serrapilheira e solo, relacionadas ao presente trabalho, assim como aquelas realizadas pela APNE, relacionadas com estudos de rebrota da vegetação nativa. Foram demarcadas também três parcelas experimentais adicionais, próximas dos blocos, para servir como testemunhas de vegetação nativa (Figura 3 e 4), que foram também amostradas.

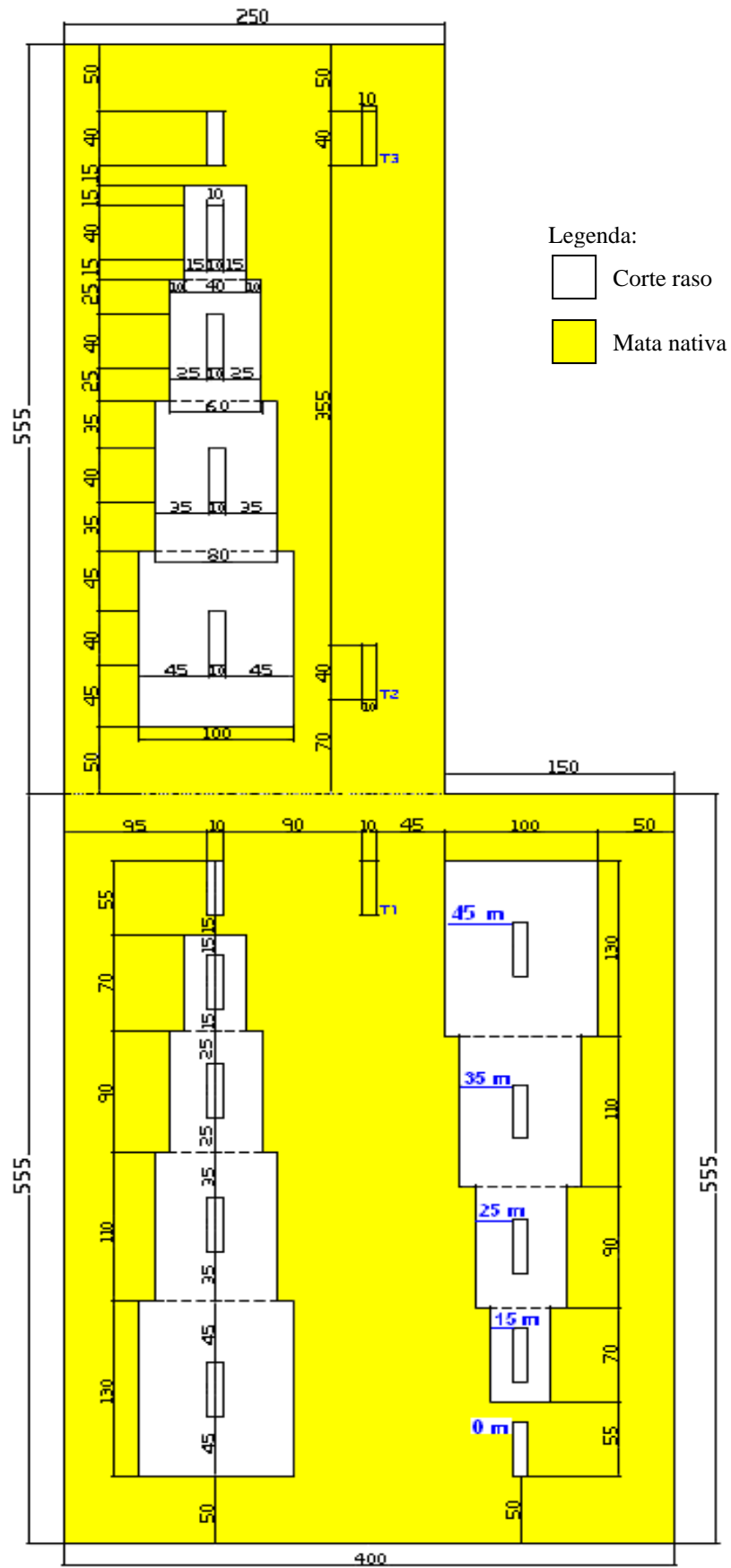


Figura 3. Modelo da área experimental, Petrolina-PE.

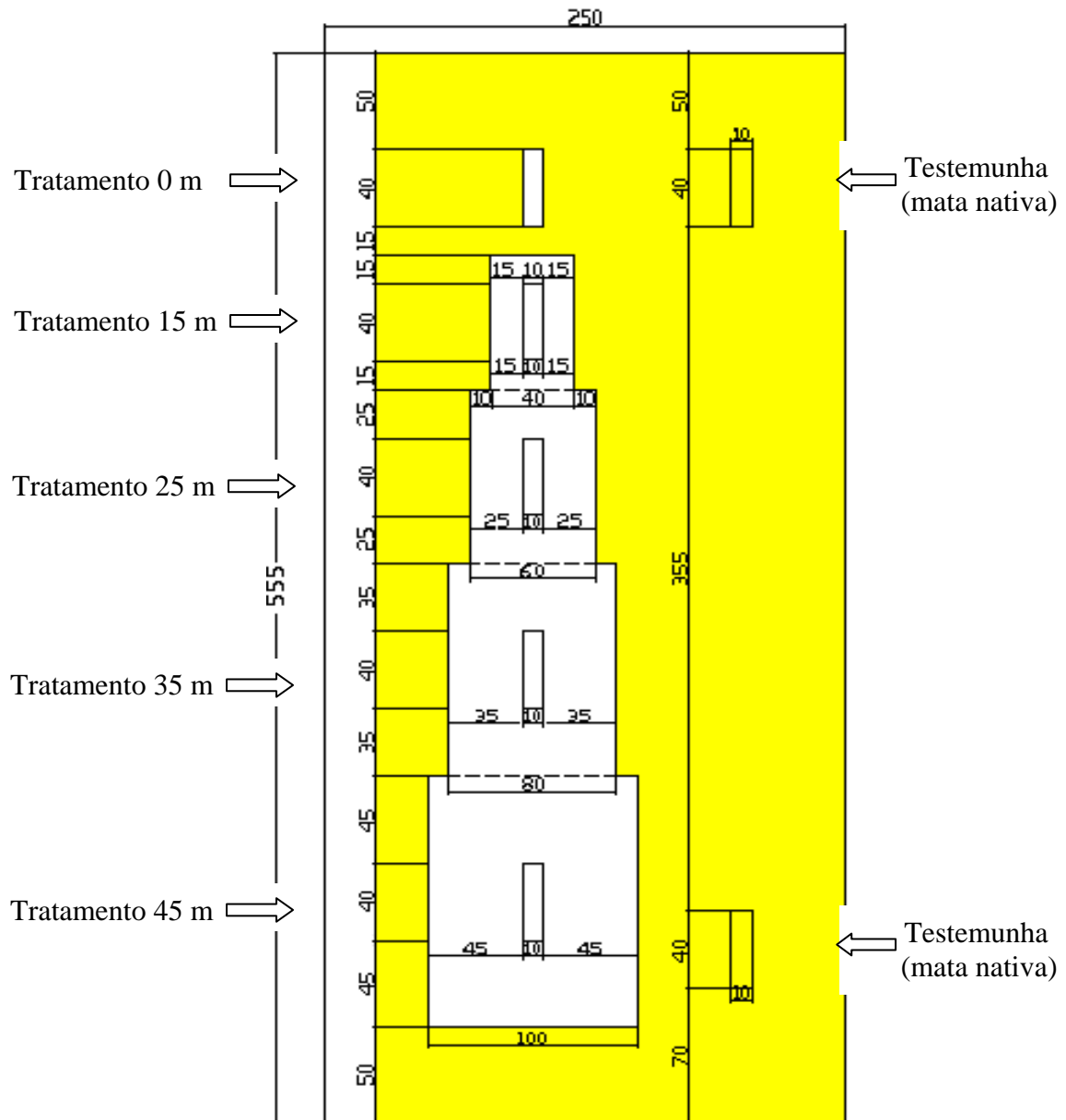


Figura 4. Modelo do bloco experimental, Petrolina-PE.

3.2. Caracterização da vegetação arbórea

Os dados do inventário florestal conduzido pela APNE foram resumidos na tabela 1. Além das espécies listadas, foi identificado em alguns trechos da área experimental o predomínio da bromélia caroá (*Neoglaziovia variegata* Arruda Mez), que é um indicativo de áreas em bom estado de preservação (Galindo, 2007). No estado de Pernambuco, Sá (1998), pesquisando em várias (n=9) vegetações de caatinga arbustivo-arbórea densa, encontrou valor médio de 5.737 indivíduos ha^{-1} e área basal na altura do peito (ABP) de 9,25 $m^2 ha^{-1}$.

3.3. Amostragens de serrapilheira e solo

As amostragens da serrapilheira foram efetuadas no final do período seco (dezembro/2007), antes do corte raso, em todas as parcelas (n=162) e após o período chuvoso (junho/08) unicamente nas parcelas testemunha, localizadas na área não desmatada (n=27). Em ambos os períodos foram retiradas nove amostras de serrapilheira por parcela, distribuídas de acordo com o diagrama da figura 5, utilizando um quadrado de PVC de 625 cm² (25 x 25 cm) para delimitar o local de coleta.

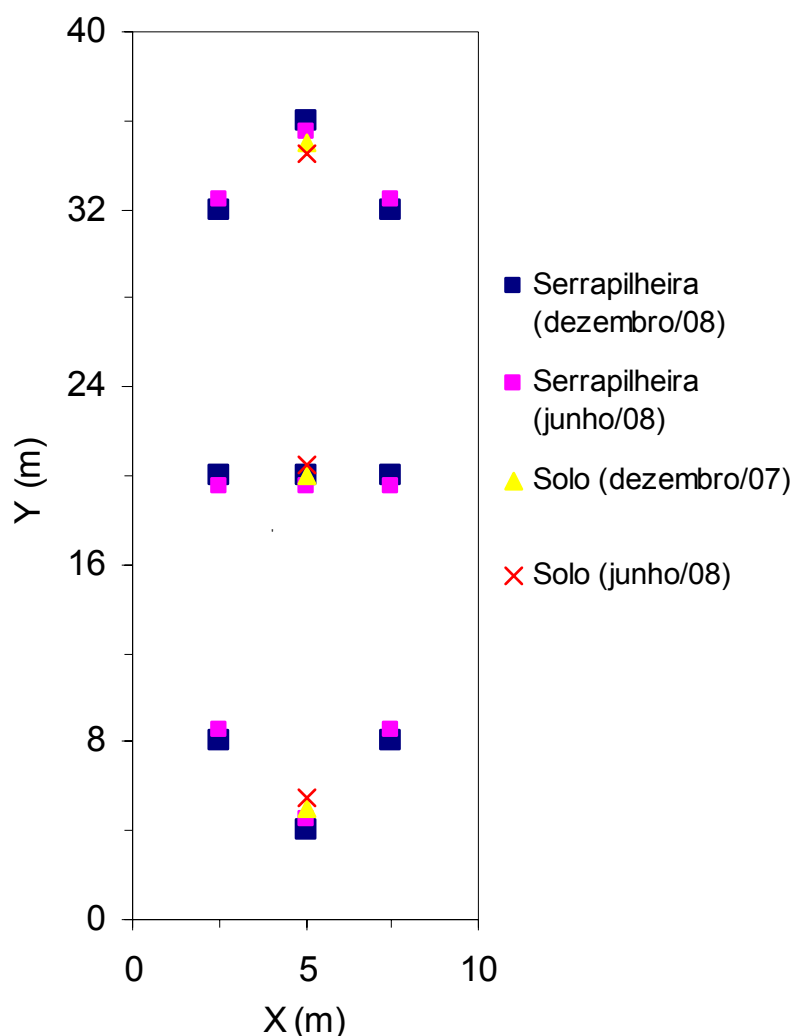


Figura 5. Distribuição dos pontos de coleta de serrapilheira em uma parcela experimental em Petrolina-PE

Tabela 1. Espécies vegetais arbóreas e arbustivas encontradas nas parcelas experimentais em Petrolina-PE

Nome Popular	Nome Científico	Densidade (ind [†] . ha ⁻¹)	ABP ¹ (m ² ha ⁻¹)
Alecrim (da chapada)	<i>Lippia gracillis</i> Schau.	52	0,041
Angico-de-carçoço	<i>Anadenanthera colubrina</i> Cebil	10	0,146
Arapiraca	<i>Chloroleucon dumosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	2	0,034
Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	2	0,007
Braúna	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	67	0,194
Burra-leiteira	<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax.	30	0,414
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	413	1,805
Espinheiro-de-carcará	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	2	0,019
Favela	<i>Cnidoscolus phyllacanthus</i> (M.A.) Pax et K. Hoffm.	20	0,432
Favela-de-galinha	<i>Cnidoscolus bahianus</i> (ULE) Pax & Hoffm	53	0,137
Favela-mansa	<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	2	0,103
Feijão-bravo	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	10	0,03
Embiratanha	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	2	0,001
Embiruçu	<i>Eriotheca candolleana</i> K. Schum.	3	0,007
Imburana-de-cambão	<i>Bursera leptophloeos</i> Mart.	17	0,086
Jurema-branca	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	3	0,039
Jurema-de-imbira	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Ducke	12	0,069
Jurema-preta	<i>Mimosa hostilis</i> Benth.	277	2,684
Jurema-vermelha	<i>Mimosa arenosa</i> Willd.	5	0,047
Mamãozinho-de-veado	<i>Jacaratia corumbensis</i> O. kuntze	3	0,004
Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i> DC	2	0,049
Maniçoba	<i>Manihot glaziovii</i> Müll.Arg.	227	0,308
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	97	0,161
Moleque-duro	<i>Cordia leucocephala</i> Moric.	5	0,004
Mororó	<i>Bauhinia cheilantha</i> Stand.	98	0,073
Pau-chumbo	<i>Balfourodendron molle</i> (Miq.) Pirani	3	0,003
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart	20	0,209
Pinhão	<i>Jatropha mollissima</i> Mart.	168	0,117
Pinhão-manso	<i>Jatropha curcas</i> L.	2	0,001
Quebra-faca	<i>Croton rhamnifolioides</i> Pax. & K.Hoffm.	217	0,35
Rama-de-boi	<i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.	3	0,007
Rompe-gibão	<i>Erythroxylum pungens</i> O. E. Schulz	2	0,004
São-João	<i>Senna spectabilis</i> (DC.)	7	0,005
Sete-cascas	<i>Campomanesia guazumaefolia</i> Camb.	77	0,448
Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	2	0,133
Total		1.915	8,171

† Indivíduos. ¹ Área basal na altura do peito

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel para o transporte até o laboratório, onde foram depois fracionadas em material lenhoso (galhos e cascas) e não-lenhoso (folhas, flores, frutos, sementes e outros materiais vegetais de difícil identificação, além de insetos ou partes destes e fezes). Posteriormente, essas frações foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem peso constante, para cálculo da massa seca. Com as massas do fim do período seco (n=162) foram realizadas as distribuições de frequência das frações estudadas. Na sequência, as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey, utilizando peneira com malha de 0,5 mm, e subamostras utilizadas para determinação da composição química.

As amostragens do solo foram efetuadas no fim do período seco (dezembro/2007) e após o período chuvoso (junho/2008) em todas as parcelas experimentais, retirando-se amostras simples no eixo central da parcela. As amostras do fim do período seco foram extraídas as distâncias de 5, 20 e 35 m a partir de uma das extremidades e após o período chuvoso as distâncias foram 5,5 20,5 e 34,5 m (Figura 5). Em cada ponto amostral, foi coletado solo nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm, removendo-se a serrapilheira ou o resíduo vegetal presente na superfície do solo, no entanto, esses pontos amostrais coincidem com o ponto central de cada coleta de serrapilheira (Figura 5). As amostras de solo foram extraídas com um tubo cilíndrico de ferro, com área de 31 cm² ($\varnothing = 6,3$ cm) e acondicionadas em sacos plásticos para transporte.

3.4. Análises químicas e físicas

Para análise química da serrapilheira foram utilizadas as amostras do fim do período seco. As três amostras mais próximas na parcela (Figura 4) foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta, reduzindo de nove para três amostras por parcela. Sub-amostras de 0,250 g de matéria seca foram digeridas com mistura de H₂SO₄/H₂O₂ (Thomas et al., 1967) e o extrato analisado quanto aos teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, de K por fotometria de chama (Embrapa, 1999), de P por colorimetria (Murphy & Ryley, 1962) e de N total, pelo método de Kjeldahl, por destilação com arraste de vapor (Bremner & Mulvaney, 1982).

Após secas ao ar, as amostras de solo foram destorroadas e passadas por peneira de malha de 2 mm de abertura, para obtenção da terra fina seca ao ar

(TFSA). A TFSA obtida foi pesada e analisada quanto aos atributos químicos e físicos. Na primeira amostragem (fim do período seco) foi realizada a caracterização química e física do solo da área experimental, analisando-se uma amostra composta por parcela e por profundidade (Tabela 2). Na segunda amostragem (junho/2008), foram determinados apenas os teores de COT e MOPL.

Tabela 2. Caracterização química e física do solo da área experimental, durante o período seco (dezembro/2007) em Petrolina-PE.

Química								
Prof.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	K ⁺	P	Na ⁺	COT
		----- cmolc kg ⁻¹ -----			----- mg kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹
0-10 cm	5,41 [†]	1,61	0,45	0,25	86,00	4,23	12,79	13,22
10-20 cm	5,18	0,99	0,32	0,32	65,63	2,12	10,50	8,61
20-30 cm	5,19	0,97	0,38	0,44	61,70	1,45	11,22	7,03

Física						
Prof.	Ds	Areia	Silte	Argila	Classe textural	MOPL
	g cm ⁻³	----- g kg ⁻¹ -----				g kg ⁻¹
0-10 cm	1,45	753	95	151	franco-arenoso	0,96
10-20 cm	1,45	739	97	164	franco-arenoso	0,61
20-30 cm	1,46	697	99	204	franco-argilo-arenoso	0,41

[†]n=18

O pH foi determinado em solução solo-água na proporção 1:2,5 (Embrapa, 1997). Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis foram extraídos por solução de KCl 1 mol L⁻¹, sendo os dois primeiros determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o último por titulação com NaOH; Na, K e P foram extraídos com solução de Mehlich-1, os dois primeiros determinados em fotômetro de chama (Embrapa, 1997) e o último por colorimetria (Murphy & Riley, 1962). Subamostras de solo passadas por peneira de malha 100 (0,15 mm) foram utilizadas para análise do carbono orgânico total (COT) pelo método de oxidação úmida-difusão (Snyder & Trofymow, 1984). A análise granulométrica foi realizada nas amostras de TFSA, usando o método do densímetro (Bouyoucos, 1951), utilizando hexametáfosfato de sódio 0,1 N como dispersante. A densidade do solo foi determinada em amostras de TFSA pelo método da proveta (Embrapa, 1997). A matéria orgânica do solo com densidade inferior a 1 kg dm⁻³ (MOPL) foi obtida por flotação em água (Fraga, 2002).

3.5. Avaliação da decomposição da serrapilheira

A taxa de decomposição da serrapilheira em floresta nativa (testemunhas) foi estimada pela diferença em massa acumulada no final do período seco e após o

inverno. Este intervalo de tempo é quando ocorre quase toda a decomposição anual, por apresentar condições bióticas e abióticas propícias à decomposição e à ciclagem dos nutrientes.

3.6. Análises estatísticas

Os dados de massa de serrapilheira foram interpretados utilizando distribuições de frequência. A variação nos teores de COT e MOPL nas amostras de solo coletadas antes e depois da estação chuvosa nas diferentes profundidades foram comparadas pelo Teste-t ($p < 0,1$) para amostras pareadas ($n=9$) por tratamento. Foi também realizado o teste de correlação entre o COT e a MOPL, usando o software Statistica 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Serrapilheira

A média aritmética da massa de serrapilheira total foi de 7.037 kg ha⁻¹, correspondendo à fração não-lenhosa 56 % desse valor. Essa massa não parece representar adequadamente a forma da distribuição na figura 6, e seguramente resultou de valores muito elevados de massa na classe >9000. No entanto, esse valor está dentro da amplitude de 6.500 a 20.100 kg ha⁻¹, encontrado por Martins et al. (2008), em uma caatinga preservada no município de Floresta-PE.

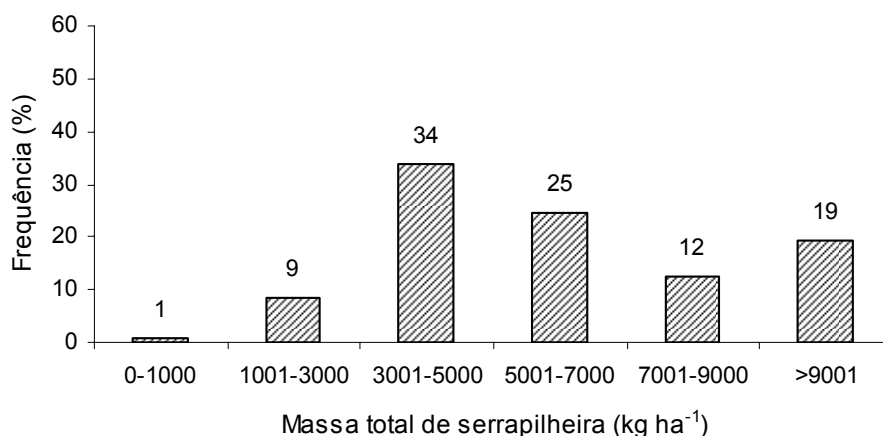


Figura 6. Distribuição de frequência da massa seca total de serrapilheira em caatinga hiperxerófila (n=162) em Petrolina-PE

A média do intervalo modal do estoque total de serrapilheira foi entre 3.001 a 5.000 kg ha⁻¹, inferior aos 11.000 kg ha⁻¹ encontrado por Martins et al. (2008) em vegetação de caatinga em Floresta-PE. Na figura 7 são apresentadas as distribuições de frequências das massas de material não-lenhoso encontradas na área experimental (n=162), na qual se observa que 91 % das amostras ficaram na faixa de 1.001 a 7.000 kg ha⁻¹. Para a fração lenhosa, a proporção de amostras na mesma faixa foi menor, 75%.

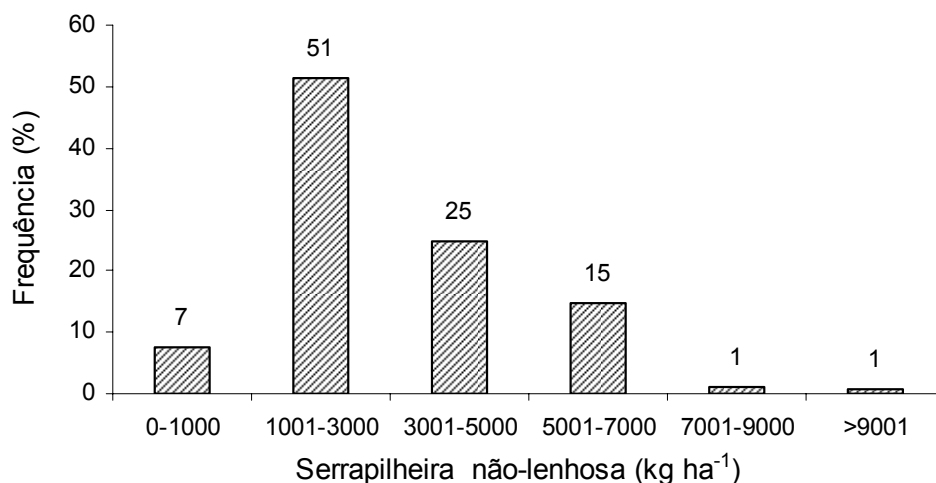


Figura 7. Distribuição de frequência da massa seca de serrapilheira não-lenhosa em caatinga hiperxerófila (n=162) em Petrolina-PE

O intervalo modal tanto da fração não-lenhosa quanto da lenhosa foi de 1.001 a 3.000 kg ha⁻¹, correspondendo a 51% das amostras no primeiro caso (Figura 7) e a 43% no segundo caso (Figura 8). É provável que o material não lenhoso necessite de um menor tempo para decomposição, quando comparado com o material lenhoso, e por esse motivo o aporte ao solo do carbono e nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, ocorrerá num intervalo de tempo menor. Martins et al. (2008), encontraram um estoque de serrapilheira em vegetação de caatinga preservada no fim do período seco no município de Floresta-PE de 5.100 e 5.900 kg ha⁻¹ na fração não-lenhosa e lenhosa, respectivamente.

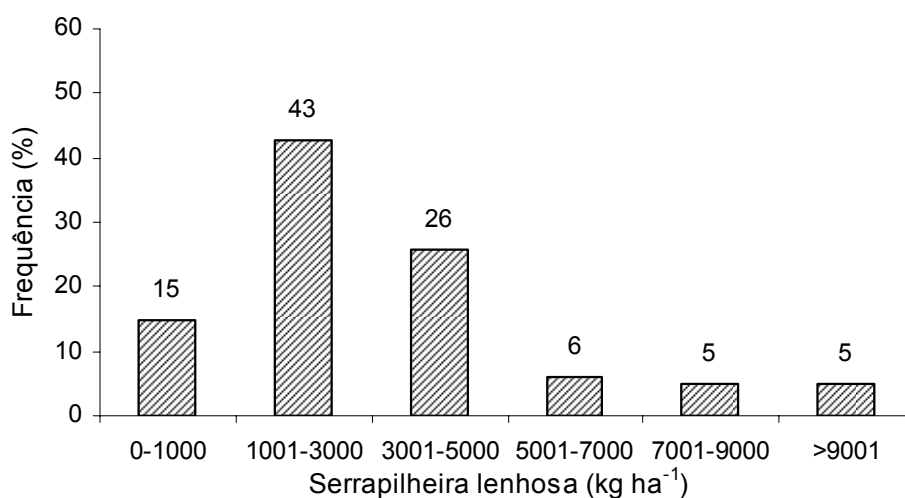


Figura 8. Distribuição de frequência da massa seca de serrapilheira lenhosa em caatinga hiperxerófila (n=162) em Petrolina-PE

Quando comparados com aportes anuais Costa et al. (2007), em caatinga hiperxerófila na Floresta Nacional de Assu-RN, estimaram um aporte de 2.362 e 622 kg ha⁻¹ para a fração não-lenhosa e lenhosa, respectivamente. Dantas (2003), estudando a queda de folheto em área remanescente de caatinga no Agreste Paraibano, utilizando coletores de terra nua, obteve massas médias de 5.336 e 2.930 kg ha⁻¹, no primeiro e segundo ano, respectivamente. Souto (2006), em uma caatinga arbustivo-arbórea fechada na Paraíba, estimou a produção de serrapilheira durante dois anos em 3.238 kg ha⁻¹, enquanto Santana (2005) e Camacho (2001) estimaram a acumulação da queda de folheto em 2.069 e 1.175 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, em área de caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte. Essas estimativas anuais apresentaram valores menores do que o estoque de serrapilheira encontrado neste trabalho, porque o material recolhido nos trabalhos citados foi principalmente de material não-lenhoso, enquanto no presente estudo as amostras incluíram também o material lenhoso. Quase todo o material não-lenhoso decompõe durante o período chuvoso (ou é consumido pelos animais silvestres) de forma que a amostragem no fim do período seco provavelmente representou a queda anual desse material, enquanto o lenhoso não se decompõe totalmente em um ano e, portanto fica acumulado por um período mais longo. Isso resultou em massa total de serrapilheira mais elevada e que não pode ser considerada como um aporte anual. A elevada variabilidade dos dados provavelmente está relacionada com a heterogeneidade na distribuição espacial da vegetação, a ação do vento e o microrelevo do solo.

4.1.1. Decomposição da serrapilheira

O estudo da decomposição da serrapilheira foi conduzido apenas nos tratamentos de mata nativa (testemunhas), devido ao corte raso da vegetação (dezembro/2007) para implementação dos demais tratamentos. A época de avaliação foi no fim do período seco e logo após o fim do período chuvoso, nos meses de dezembro/2007 e junho/2008, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Variação sazonal no estoque das frações de serrapilheira nos tratamentos testemunha (mata nativa) no fim do período seco (dezembro/07) e após o período chuvoso (junho/08), Petrolina-PE

Frações	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Média	C/N
	----- Mg ha ⁻¹ -----				
dez/07					
Não-lenhoso	2,47 [†] ± 0,31	4,14 ± 0,78	3,38 ± 0,66	3,33	37/1
Lenhoso	3,04 ± 0,43	3,26 ± 0,94	2,50 ± 0,49	2,94	44/1
Total	5,52 ± 0,52	7,40 ± 0,93	5,89 ± 0,92	6,27	41/1
jun/08					
Não-lenhoso	0,297 ± 0,038	0,45 ± 0,085	0,37 ± 0,073	0,37	-
Lenhoso	2,37 ± 0,34	2,61 ± 0,75	2,00 ± 0,39	2,33	-
Total	2,67 ± 0,34	3,06 ± 0,72	2,37 ± 0,41	2,70	-

[†] n=9.

Por se tratar de uma floresta decídua, o maior aporte de serrapilheira ocorre durante o período de estiagem e a menor durante a estação chuvosa. Em florestas nativas de um ecossistema árido ou semi-árido, o intervalo entre o fim do período seco e o período logo após a estação chuvosa, representa praticamente toda a decomposição anual (Sampaio, 1996; Andrade, 1997), já, que no período de estiagem a taxa de decomposição é baixíssima por não haver condições propícias à atuação dos organismos decompositores, justificando assim a baixa quantidade encontrada em junho de 2008 (Tabela 3).

As taxas de decomposição médias ficaram em torno de 89 e 21 % para as frações não-lenhosa e lenhosa, respectivamente, com média ponderada de 57 % de decomposição da serrapilheira total, nos sete meses de intervalo (Tabela 3).

Corrêa et al. (2006) em área preservada da floresta amazônica em Rondônia, estimaram deposição anual de litter de 13,4 Mg ha⁻¹ e um coeficiente de decomposição $k = 1,05$, ou seja, a renovação da serrapilheira ocorreu em pouco menos de um ano. Goley et al. (1978) afirmaram que o tempo de renovação da serrapilheira em florestas tropicais se dá em menos de um ano, em decorrência da velocidade de decomposição de seus componentes.

Já em uma floresta atlântica na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, a deposição anual foi de 7,9 Mg ha⁻¹ e a decomposição de 40%, em sete meses de observação (Pereira et al., 2008). Em geral, por se tratar de um ambiente em que não há grandes irregularidades nas condições climáticas quando comparado com ambientes áridos ou semi-áridos, esse baixo índice de decomposição, segundo os autores, pode ser uma adaptação do ecossistema para minimizar as perdas por lixiviação e permitir um melhor aproveitamento dos nutrientes, caracterizando assim

uma decomposição lenta e constante. Cianciaruso et al. (2006), em ambiente similar na Estação Ecológica de Jataí, SP, verificaram uma redução da deposição anual de 43% após um ano de pesquisa.

Pesquisas que avaliem as taxas de decomposição da serrapilheira partindo do estoque de material depositado ao longo de vários anos são desconhecidas, sobretudo para o bioma caatinga. Souto (2006), estudando a deposição e decomposição da serrapilheira em uma caatinga arbustivo-arbórea no agreste da Paraíba, obteve produções anuais de 1,29 e 1,95 Mg ha⁻¹ em dois anos consecutivos e tempos de meia vida de 230 e 180 dias, respectivamente. A autora afirmou que a maior decomposição da serrapilheira ocorreu nos primeiros seis meses da estação chuvosa, refletindo a atividade intensa da meso e microfauna. Santana (2005), pesquisando o aporte anual de serrapilheira no Seridó do Rio Grande do Norte, obteve uma produção de 2,07 Mg ha⁻¹ano⁻¹ e uma renovação de 33% do material depositado após um ano.

Martinez-Yrizar (1980) apud Martinez-Yrizar (1995) encontrou uma redução de 68% do estoque de serrapilheira após o período chuvoso, em floresta tropical decídua, em Chamela, México. Já, Shukla (1976) apud Martinez-Yrizar (1995), na floresta de Chakia, na Índia, obteve uma diminuição de 60%, após quatro meses de chuva.

4.1.1.1. Relação C/N

A relação C/N é considerada como uma variável importante nos estudos de decomposição de massa de serrapilheira. Moro & Domingo (2000) consideraram que, para uma efetiva decomposição, a relação crítica situa-se entre 20/1 a 30/1 e Larcher (2000) comentou que a velocidade de decomposição é retardada à medida que esta relação supera os 25/1. A maior relação obtida no presente estudo foi superior a 37/1, indicando lenta decomposição, e imobilização dos nutrientes maior que mineralização (Santos & Camargo, 1999; Moreira & Siqueira, 2006). Além da relação C/N, outros componentes, como lignina, celulose e polifenóis, afetam consideravelmente a velocidade de decomposição (Swift et al., 1979; Torres et al., 2005; Souto, 2006).

4.1.2. Concentração de nutrientes nas frações da serrapilheira

Os teores de nutrientes na serrapilheira foram diferentes entre as frações, especialmente o K e o Mg, muito mais baixo na fração lenhosa (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração média dos nutrientes nas frações da serrapilheira (dezembro/2007), Petrolina-PE

Frações	g kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
Não-lenhoso					
Bloco 1 (n=18)	12,3 ± 0,69	0,324 ± 0,01	2,72 ± 0,27	13,8 ± 0,99	2,04 ± 0,20
Bloco 2 (n=18)	10,7 ± 0,37	0,357 ± 0,01	3,13 ± 0,24	13,0 ± 0,92	2,26 ± 0,21
Bloco 3 (n=18)	12,5 ± 0,75	0,375 ± 0,03	3,56 ± 0,46	11,4 ± 0,71	1,81 ± 0,19
Média	11,8 ± 0,56	0,352 ± 0,02	3,14 ± 0,29	12,7 ± 0,78	2,04 ± 0,18
Lenhoso					
Bloco 1 (n=18)	10,9 ± 0,94	0,252 ± 0,02	0,944 ± 0,13	10,3 ± 0,71	0,56 ± 0,07
Bloco 2 (n=18)	11,9 ± 0,58	0,267 ± 0,01	1,34 ± 0,12	13,9 ± 1,01	0,92 ± 0,10
Bloco 3 (n=18)	9,66 ± 0,59	0,218 ± 0,01	1,09 ± 0,09	9,40 ± 0,84	0,80 ± 0,09
Média	10,8 ± 0,64	0,245 ± 0,01	1,13 ± 0,10	11,2 ± 0,83	0,759 ± 0,08
Serrapilheira total					
Bloco 1 (n=36)	11,6 ± 1,51	0,288 ± 0,03	1,83 ± 0,33	12,0 ± 1,53	1,30 ± 0,24
Bloco 2 (n=36)	11,3 ± 0,72	0,312 ± 0,03	2,24 ± 0,28	13,4 ± 1,59	1,59 ± 0,26
Bloco 3 (n=36)	11,1 ± 1,14	0,296 ± 0,03	2,33 ± 0,50	10,4 ± 1,34	1,31 ± 0,25
	11,3 ± 1,00	0,299 ± 0,02	2,13 ± 0,34	12,0 ± 1,37	1,40 ± 0,22

No geral, o gradiente de concentração desses macronutrientes seguiu a seguinte ordem: Ca>N>K>Mg>P (Tabela 4), sequência também reportada por Santana (2005), em caatinga hiperxerófila preservada no Seridó do Rio Grande do Norte e por Garrido & Poggiani (1982), em povoamentos de Ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) em floresta pluvial, em Assis-SP. Essa sequência foi diferente da relatada por Souto (2006) em caatinga, por Vital et al. (2004), em floresta estacional semi-decidual, por Caldeira et al. (2008), em floresta ombrófila densa, e por Garrido & Poggiani (1982), em povoamentos de aroeira (*Astronium urundeuva*) e angico (*Anadenanthera falcata*), que encontraram N>Ca>K>Mg>P.

As diferenças entre elementos são resultantes das características funcionais de cada nutriente no metabolismo da planta, na diversidade do controle de fluxo e refluxo nos compartimentos de rápida e lenta ciclagem, e mesmo das características do compartimento solo (Meguro et al., 1980). Como também, da heterogeneidade na distribuição da serrapilheira, sendo incomum encontrar dois metros quadrados com as mesmas características edáficas e fisiológicas.

O nutriente em maior concentração na serrapilheira da caatinga estudada foi o cálcio (12 g kg⁻¹), resultado também foi encontrado por Santana (2005), porém

com concentração de quase o dobro da encontrada ($24,3 \text{ g kg}^{-1}$). Este autor destacou a fração lenhosa (galhos e cascas) como mais acumuladora que a fração não-lenhosa (folhas, estruturas reprodutivas e miscelânea). Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (2000) e Shumacher et al. (2003), em povoamentos de *Acácia mearnsii* De Wild no Rio Grande do Sul, e por Souto (2006), no semi-árido da Paraíba. Larche (2002) afirmou que o Ca é o nutriente mais encontrado em casca e tronco, enquanto nas folhas a concentração geralmente segue a ordem $\text{N} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S}$ e nas flores e frutos K, P e S são preferencialmente mais acumulados. Entretanto, esse comportamento nem sempre é observado. Mlambo & Nyathi (2008), em vegetação de savana no Zimbábue, dominada por *Colophospermum mopane* (Kirk ex Benth.), observaram que o Ca concentrou-se mais nas folhas do que nos galhos, miscelânea e estruturas reprodutivas. Em outras florestas secas no mundo, Jaramillo & Sanford Jr. (1995) citaram valores de 16,9; 11,6 e $30,0 \text{ g kg}^{-1}$, para a serrapilheira foliar e total no México e total em Belize, respectivamente, enquanto Kauffman et al. (1993) encontraram concentração de $19,8 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca em serrapilheira em caatinga hiperxerófila, em Serra Talhada-PE. O fato deste elemento ter sido superior aos demais pode estar relacionado com os teores médios encontrados no solo, pela baixa mobilidade na planta e por formar parte da parede celular dos tecidos vegetais. Devido a esses dois últimos fatores, este nutriente é mais lentamente removido durante o processo de decomposição.

O nitrogênio apresentou a segunda maior concentração na serrapilheira, com teores entre $9,66$ a $12,5 \text{ g kg}^{-1}$ de massa seca. Tais valores confirmaram a afirmativa de Vitousek (1984), que considerou a faixa de 5 a 19 g kg^{-1} como a concentração de N para florestas tropicais. Entretanto, os valores encontrados neste estudo para as frações não-lenhosa e total são inferiores aos de outros trabalhos realizados na caatinga hiperxerófila (Dantas, 2003; Santana, 2005) e hipoxerófila (Souto, 2006), como também em uma floresta ombrófila densa no sudoeste da Bahia (Gama-Rodrigues et al., 2003). Já em floresta tropical decídua do Zimbábue, o teor de N foi de $7,94$ e $3,76 \text{ g kg}^{-1}$ para as frações não-lenhosa e lenhosa, respectivamente (Mlambo & Nyathi, 2008), inferiores aos encontrados neste estudo.

A maior quantidade de N encontrada na fração não-lenhosa é justificada por ser constituída por estruturas reprodutivas e folhas principalmente, componentes ricos em N (Jaramillo & Sanford Jr., 1995; Ferreira et al., 2007). Nas estruturas lenhosas, esse nutriente geralmente apresenta baixo conteúdo, como observado por

Kauffman et al. (1993) em madeira da caatinga, por Froufe (1999), na serrapilheira de eucalipto no Rio de Janeiro em Seropédica, por Aidar & Joly (2003) no ráquis maduro do folheto de *Centrolobium tomentosum*, em São Paulo e por Schumacher et al. (2004), em um povoamento de *Araucaria angustifolia* no Rio Grande do Sul.

O potássio é um dos principais nutrientes das estruturas reprodutivas (Cunha et al., 1993; Schumacher et al., 2003), sendo o elemento vegetal mais presente na fração não-lenhosa. A concentração média nesta fração foi de 3,14 g kg⁻¹, similar à encontrada por Bertalot et al. (2004), em povoamento de *Acacia melanoxylon* em Botucatu, São Paulo, superior a de área de revegetação com *Mimosa caesalpinifolia* e *Acacia auriculiformis* em Seropédica, Rio de Janeiro (Costa et al., 2004) e inferior à reportada por Santana (2005) e Mlambo & Nyathi (2008). A fração lenhosa apresentou baixa concentração desse nutriente, o que é comum para estruturas lenhosas. O K é facilmente lixiviado, e como galhos e cascas passam anos para se decompor, essa fração fica por mais tempo exposta às chuvas, contribuindo assim para a redução desse macronutriente. Os teores de potássio de 2,4 a 8,2 g kg⁻¹ na serrapilheira de florestas secas do México, Porto Rico e Belize, fornecidos por Jaramillo & Sanford Jr. (1995), foram superiores aos obtidos neste trabalho.

O magnésio foi o quarto macronutriente mais abundante na serrapilheira. As concentrações foram maiores na fração não-lenhosa que na lenhosa, com médias de 2,04 e 0,76 g kg⁻¹, respectivamente. Jaramillo & Sanford Jr. (1995) citaram valores de 9,4 e 7,3 g kg⁻¹ na serrapilheira foliar e total, respectivamente, enquanto Lambert et al. (1980) estimaram valor de 3,00 g kg⁻¹ na serrapilheira total das matas secas de Belize. Para a fração lenhosa, Cunha et al. (1993) e Mlambo & Nyathi (2008), ambos em florestas decíduas, encontraram valores de 2,50 e 2,55 g kg⁻¹, respectivamente. No geral, o magnésio é mais encontrado nas folhas, o que é justificado por ser um dos principais componentes para a fotossíntese (Awad & Castro, 1983; Vitti et al., 2006). Entretanto, a baixa quantidade desse nutriente não significa que esse seja um elemento limitante na produtividade do ecossistema, até mesmo porque não é considerado como fundamental em nenhum tipo de floresta, como ocorre para o P nas florestas tropicais e para o N em florestas temperadas (Binkley, 1986).

O fósforo é considerado um elemento muito móvel na planta e, em algumas espécies com características senescentes, há translocação de 40 a 60 % das folhas para outros órgãos da planta, antes da abscisão foliar (Aerts, 1996), permitindo,

assim, que este nutriente seja redistribuído e usado na formação de novos tecidos. Esse mecanismo é fundamental para garantir a manutenção da produtividade em solos deficientes (Santana, 2005), como o deste estudo e a grande maioria dos solos tropicais.

A concentração do P na serrapilheira foi pouco variável, sendo o maior valor médio ($0,35 \text{ g kg}^{-1}$), encontrado na fração não-lenhosa. Este dado está dentro da faixa estimada por Vitousek (1984) para florestas tropicais ($0,1$ a $1,5 \text{ g kg}^{-1}$). O valor dessa fração foi inferior ao apontado por Santana (2005) em caatinga preservada, que foi de $1,4 \text{ g kg}^{-1}$, e por Mlambo & Nyathi (2008), $0,50 \text{ g kg}^{-1}$, em floresta decídua na África. Valores de concentração média de P na serrapilheira da caatinga oscilam entre $0,90 \text{ g kg}^{-1}$, determinado por Kauffman et al. (1993), em Serra Talhada, PE, a $1,48 \text{ g kg}^{-1}$, observado por Santana (2005) em uma caatinga no Seridó norte-rio-grandense. Considerando este intervalo, pode-se admitir que há carência de P na serrapilheira em estudo, o que pode ser reflexo de carência no solo.

A baixa concentração de P na serrapilheira também foi observada em outros biomas por diversos autores como: Gama-Rodrigues et al. (2003), em Floresta Ombrófila Densa no litoral da Bahia; Vital et al. (2004), em Floresta Estacional Semidecidual em São Paulo; Pereira et al. (2008), em Floresta Atlântica no Rio de Janeiro; e sobretudo na fração galhos em Floresta Decidual no Rio Grande do Sul (Cunha et al., 1993). O fósforo é um elemento fundamental nas reações metabólicas, e como estas ocorrem principalmente nas folhas, sua concentração é maior neste componente da planta do que nas estruturas lenhosas (Jordan, 1985).

Em floresta seca em Porto Rico, Jaramillo & Sanford Jr. (1995) citaram concentrações de P de $0,2$ e $0,39 \text{ g kg}^{-1}$ em galhos e serrapilheira total, respectivamente.

4.1.3. Estimativa do retorno de nutrientes via serrapilheira

O retorno de nutrientes para o solo por meio da serrapilheira pode ser estimado de acordo com o estoque na floresta, sendo a quantidade de cada elemento variável de acordo com o órgão da planta e a massa vegetal depositada. Para isso, foi calculada a concentração dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) nas frações não-lenhosa e lenhosa e, conseqüentemente, na serrapilheira total (Tabela 4). Por meio da massa de serrapilheira (dezembro/2007), foi possível estimar o retorno de nutrientes ao solo (Tabela 5). Todavia, não foi possível computar o tempo

exato da ciclagem dos nutrientes, devido ao desmatamento provocado na área experimental (dezembro/2007) para implantação dos tratamentos já mencionados no material e métodos.

Tabela 5. Estimativa do retorno de nutrientes à superfície do solo via serrapilheira, com base nos teores dos elementos determinados em dezembro/2007, em áreas sob vegetação de caatinga preservada, em Petrolina-PE

Frações	Massa Mg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg
Não-lenhoso						
Bloco 1	2,53	32,0 [†] ± 4,0	0,828 ± 0,093	6,82 ± 0,82	35,8 ± 4,4	5,30 ± 0,86
Bloco 2	3,66	39,2 ± 3,3	1,32 ± 0,12	11,3 ± 1,0	48,4 ± 5,6	8,40 ± 1,2
Bloco 3	3,06	38,6 ± 4,4	1,11 ± 0,11	9,79 ± 1,1	35,4 ± 4,2	5,42 ± 0,64
		36,6 ± 2,3	1,09 ± 0,07	9,29 ± 0,6	39,8 ± 2,8	6,37 ± 0,57
Lenhoso						
Bloco 1	3,60	45,8 ± 11	0,896 ± 0,15	3,44 ± 0,74	38,2 ± 7,3	2,18 ± 0,52
Bloco 2	3,00	34,8 ± 3,9	0,800 ± 0,10	3,86 ± 0,47	41,6 ± 5,7	2,84 ± 0,49
Bloco 3	3,09	32,3 ± 6,3	0,692 ± 0,11	3,37 ± 0,49	32,9 ± 7,0	2,42 ± 0,33
		37,6 ± 4,38	0,796 ± 0,07	3,56 ± 0,33	37,6 ± 3,83	2,48 ± 0,26
Serrapilheira total						
Bloco 1	6,12	77,8 ± 13	1,72 ± 0,18	10,3 ± 1,3	74,0 ± 9,3	7,48 ± 1,2
Bloco 2	6,66	73,9 ± 5,7	2,12 ± 0,17	15,1 ± 1,2	90,0 ± 8,6	11,2 ± 1,5
Bloco 3	6,15	70,9 ± 10	1,80 ± 0,17	13,2 ± 1,3	68,2 ± 10	7,84 ± 0,83
		74,2 ± 5,59	1,88 ± 0,10	12,8 ± 0,76	77,4 ± 5,48	8,85 ± 0,72

[†] n=18.

Entretanto, estima-se que a quantidade de nutrientes depositados seja bem maior nas parcelas experimentais que sofreram desmatamento (todas, exceto testemunhas) (Figura 3), devido aos resíduos vegetais restantes, após a retirada das estacas e mourões.

A fração não-lenhosa retornou maior quantidade de nutrientes em relação à fração lenhosa mesmo com deposição menor. Tal fato é justificado por diversos autores pela baixa quantidade de nutrientes nos galhos e cascas (Cunha et al., 1993; Vogel et al., 2007; Mlambo & Nyathi, 2008). Com respeito aos nutrientes, o cálcio apresentou a maior quantidade retornável seguindo a tendência como elemento de maior concentração na serrapilheira (Tabela 5). Contudo, a diferença entre os aportes desse nutriente e o do nitrogênio foi bem próxima, chegando a obter concentração média igual no estrato lenhoso. A quantidade de 39,8 kg ha⁻¹ aportada na fração não-lenhosa foi semelhante à encontrada por Santana (2005) em caatinga preservada (41,6 kg ha⁻¹) e maior que de outras florestas secas do mundo, (Tabela 6).

No geral, a concentração dos nutrientes avaliados neste trabalho foi inferior aos de outras florestas secas do mundo, mas a quantidade retornável para o solo foi superior, devido ao maior estoque de matéria seca da serrapilheira.

Tabela 6. Aporte médio de nutrientes ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) em diversas florestas secas do mundo (adaptado de Santana, 2005).

Material	Local	Nutrientes $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$					Fonte	
		N	P	K	Ca	Mg		
Folhas	México	52	2,5	18,0	39	22,0	Jaramillo & Sanford Jr., 1995	
	Porto Rico	44	0,7	35,0	-	-	Lugo & Murphy, 1986	
Não-lenhoso	Brasil	28,9	1,68	14,6	36,0	6,9	Santana, 2005	
	Zimbábue ¹	19,2	1,39	10,7	25,3	11,6	Mlambo & Nyathi, 2008	
Lenhoso	Brasil	1,9	0,1	0,40	5,59	0,15	Santana, 2005	
	Porto Rico	4	0,1	1,0	-	-	Lugo & Murphy, 1986	
	Zimbábue ¹	3,40	0,25	1,92	4,50	2,0	Mlambo & Nyathi, 2008	
	Brasil	30,8	1,79	15,0	41,6	7,05	Santana, 2005	
	Brasil ²	66	4,7	12,5	27	10,9	Peres et al., 1993	
	Brasil ³	17	1,3	3,3	7	2,5	Peres et al., 1993	
	México	64	3,4	21,0	30	19,0	Jaramillo & Sanford Jr., 1995	
	Porto Rico	48	0,8	36,0	-	-	Lugo & Murphy, 1986	
	Índia	18	0,9	-	16	-	Singh, Dutta & Agrawal, 2004	
	Índia	14	0,7	-	12	-	Singh, Dutta & Agrawal, 2004	
Total	Índia	19	0,9	-	15	-	Singh, Dutta & Agrawal, 2004	
	Índia	31	1,5	-	25	-	Singh, Dutta & Agrawal, 2004	
	Senegal	43	0,9	-	52	-	Jung, 1969	
	Senegal	19	1,2	-	26	-	Bernhard-Reversat, 1982	
	Senegal	29	1,5	-	35	-	Bernhard-Reversat, 1982	
	Senegal	18	0,9	-	40	-	Bernhard-Reversat, 1982	
	Senegal	19	0,7	-	51	-	Bernhard-Reversat, 1982	
	Zimbábue ¹	22,6	1,64	12,6	29,8	13,6	Mlambo & Nyathi, 2008	
	Média⁴		30,6	1,52	16,7	29,1	10,6	
	Não-lenh ⁵ .		37	1,1	9,3	40	6,4	presente estudo
Brasil	Lenhoso ⁵	38	0,8	3,6	38	2,5	presente estudo	
Total ⁵		75	1,9	12,9	78	8,9	presente estudo	

¹dados não citados por Santana (2005); ²cerradão; ³cerrado;; ⁴considerada apenas a fração total; ⁵Média do período seco.

As quantidades de nitrogênio foram semelhantes nas frações não-lenhosa e lenhosa, sendo esta última elevada em comparação com os 1,9 kg ha⁻¹ determinado por Santana (2005) no Seridó norte-rio-grandense. O valor de massa total, 74,2 kg ha⁻¹ de N, obtido assemelha-se ao encontrado por Dantas (2003) no semi-árido paraibano, mas diverge do citado por Santana (2005). Esse nutriente costuma ser o mais depositado no solo pela serrapilheira em todas as tipologias florestais (Cunha et al., 1993; Vital et al., 2004; Souto, 2006; Yadav et al., 2008).

O magnésio, com médias de 6,37 e 2,48 kg ha⁻¹ e o K com médias de 9,29 e 3,56 kg ha⁻¹ nas frações não-lenhosa e lenhosa, respectivamente, foram os nutrientes que apresentaram maiores discrepância entre as essas frações.

A concentração do K na massa total de serrapilheira, 12,8 kg ha⁻¹, foi semelhante à relatada por Mlambo & Nyathi (2008) e inferior à encontrada por Santana (2005). A ciclagem do K é mais rápida do que a de outros nutrientes, por se tratar de um cátion monovalente (Jordan, 1985), ciclagem biogeoquímica de fácil lixiviação dos tecidos vegetais e alta mobilidade de translocação nos órgãos da planta. Todavia, o K é um dos nutrientes com grande participação na biomassa decídua de diversos ecossistemas.

A serrapilheira depositou 8,85 kg ha⁻¹ de magnésio na serrapilheira total, valor é superior ao encontrado na caatinga (Santana, 2005). Quando comparado com outros biomas, a deposição desse nutriente ao solo foi semelhante ao reportado por Shumacher et al. (2004) em povoamentos de *Araucaria angustifolia*, nas acículas (6,4 kg ha⁻¹) e galhos (2,1 kg ha⁻¹) e inferior à descrita por Caldeira et al. (2008) no extrato total (13,87 kg ha⁻¹). Vale salientar que a presença do magnésio está associada com a presença do fósforo, pois ele é essencial para a absorção deste último (Ferri, 1985). Nesse estudo houve correlação positiva (p=0,007) entre esses elementos.

O fósforo, por ser facilmente retranslocado dos tecidos mais velhos para os mais jovens da planta, tem menor concentração na massa de serrapilheira e com isso há menor retorno para o solo. Neste estudo, os resultados não foram diferentes, obtendo retorno médio de 1,88 kg ha⁻¹ (serrapilheira total), valor superior à média para florestas secas no mundo (Tabela 6). Houve pouca variação entre as frações. A baixa quantidade do P também é comentada em outros tipos de florestas nativas ou implantadas (Oliveira, 2004; Vital et al., 2004; Pereira et al., 2008; Blanco et al.,

2008), sendo que a baixa disponibilidade deste pode estar relacionado à limitação nos solos tropicais e temperados.

A limitação no fornecimento de P pode resultar em menor taxa de absorção de NO_3^- e NH_4^+ (Araújo & Machado, 2006). Aerts & Chapin (2000) definiram valores na relação N/P para os tecidos foliares, estabelecendo faixas em que há limitação na disponibilidade de P e/ou N. Quando a relação $\text{N/P} < 16$, o N é limitante, quando $14 < \text{N/P} < 16$, há co-limitação por N e P, e para relação $\text{N/P} > 16$, há limitação na disponibilidade do P. No presente estudo, as proporções encontradas para fração não-lenhosa foi $34,5 \pm 1,1$ o que evidencia uma maior limitação por P do que por N. Em folhas de espécies vegetais do cerrado brasileiro, Nardoto et al. (2006), encontraram relações entre 15 a 27 e Araújo & Haridasan (2007), citaram valor médio de 23 na relação N/P, ambas as pesquisas realizadas em Brasília – DF.

4.2. Solo

4.2.1. Carbono orgânico total (COT)

Os valores médios de COT nas camadas de solo de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade foram, respectivamente, 11,5; 8,15 e 6,78 g kg^{-1} no período seco (dezembro/07) e 9,88; 6,94 e 6,17 g kg^{-1} no período após as chuvas, sendo a primeira camada responsável pelos maiores teores e coeficiente de variação (Tabela 7).

Tabela 7. Concentração média (n=9) do carbono orgânico total (COT) no fim do período seco (dezembro/2007) e após o período chuvoso (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE

Profundidade	Largura do desmatamento	COT (g kg ⁻¹)				Decréscimo (%) dez/07 - jun/08	teste-t
		dez/07	erro [†]	jun/08	erro		
0-10 cm	Mata nativa	9,28 ± 0,66		8,27 ± 0,29		10,9	*
	0 m	13,1 ± 1,1		11,4 ± 1,3		12,6	*
	15 m	11,3 ± 0,96		9,25 ± 0,65		18,0	*
	25 m	13,2 ± 0,46		11,3 ± 1,1		14,7	*
	35 m	11,3 ± 1,7		9,7 ± 0,8		14,0	0,17
	45 m	10,7 ± 1,1		9,32 ± 0,93		12,7	*
	Médias	11,5		9,88		13,9	
	CV (%)	30,6		30,3			
10-20 cm	Mata nativa	7,54 ± 0,83		6,64 ± 0,36		12,0	0,22
	0 m	8,26 ± 0,66		7,19 ± 0,42		12,9	*
	15 m	8,08 ± 0,85		6,37 ± 0,22		21,2	*
	25 m	9,26 ± 0,54		7,50 ± 0,58		19,0	*
	35 m	7,14 ± 0,75		7,19 ± 0,41		-0,71	0,47
	45 m	8,64 ± 1,05		6,77 ± 0,64		21,6	*
	Médias	8,15		6,94		14,8	
	CV (%)	25,8		18,3			
20-30 cm	Mata nativa	6,08 ± 0,38		5,54 ± 0,43		8,93	0,15
	0 m	7,94 ± 0,44		7,41 ± 0,64		6,77	0,23
	15 m	6,53 ± 0,49		5,59 ± 0,33		14,4	*
	25 m	7,08 ± 0,32		6,56 ± 0,41		7,42	0,19
	35 m	6,59 ± 0,71		6,18 ± 0,28		6,28	0,20
	45 m	6,45 ± 0,63		5,77 ± 0,44		10,6	0,14
	Médias	6,78		6,17		8,96	
	CV (%)	21,6		23,3			
0-30 cm	Mata nativa	7,64 ± 0,44		6,82 ± 0,30		10,7	*
	0 m	9,76 ± 0,64		8,67 ± 0,61		11,1	*
	15 m	8,63 ± 0,59		7,07 ± 0,39		18,1	*
	25 m	9,85 ± 0,64		8,44 ± 0,58		14,3	*
	35 m	8,34 ± 0,78		7,69 ± 0,44		7,78	0,13
	45 m	8,59 ± 0,66		7,29 ± 0,53		15,2	*
	Médias	8,80		7,66		12,9	
	CV (%)	33,0		29,4			

[†]Erro padrão da média. [†]Média de dez/07 - jun/08. Probabilidade de teste-t entre as épocas de amostragem (*, p<0,1).

Para diversos autores, o maior acúmulo desse elemento ocorre na camada superficial do solo (Bayer, 2003; Canellas et al., 2003; Sousa, 2006; Portugal et al., 2008) e diminui com a profundidade (Fraga, 2002; Ruivo et al., 2002; Neves et al., 2004; Sousa, 2006; Antunes, 2007; Medrado, 2008).

As concentrações médias do COT no fim do período seco foram 11,5 (0-10 cm); 8,15 (10-20 cm); 6,78 (20-30 cm) e 8,80 (0-30 cm) g kg⁻¹, ocorrendo um decréscimo de 13,9; 14,8; 8,96 e 12,9 %, respectivamente, após a época chuvosa.

Corrêa (2007) reportou valores de 4,10 e 3,10 g de C kg⁻¹ de solo nas camadas de 0-10 e 10-30 cm, respectivamente, em caatinga hiperxerófila com coletas realizadas no período úmido, em Floresta-PE, enquanto Medeiros (1999) em mesmo período, sob Luvisolo Litólico em São João do Cariri-PB encontrou valores de 7,76 e 3,89 g kg⁻¹ nas camadas de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente. No agreste paraibano, Fraga & Salcedo (2004) em solos sob caatinga, determinaram em média 13,7 g de COT kg⁻¹ de solo na camada de 0-15 cm (período úmido) e Sousa (2006), em microbacia em São João do Cariri-PB, sob diferentes tipos de vegetação caatinga, encontrou valores entre 4,16 e 11,42 g kg⁻¹ em Luvisolos e 3,94 a 6,27 g kg⁻¹, em Vertissolos, em período úmido, na camada de 0-20 cm.

Bernoux et al. (2002) estimou uma média anual de 8,6 g de C kg⁻¹ de solo para região semi-árida em camada de 0-30 cm, enquanto, Tiessen et al. (1998) para a mesma região cita valores de 8,0 g kg⁻¹ de solo (0-20 cm).

Os teores de COT nas duas épocas de amostragens foram comparados pelo teste t-Student ($p < 0,1$) para dados pareados por tratamento e profundidade, observando-se diminuição ($p < 0,1$) dos teores de C na maioria dos tratamentos na camada de 0-10 cm, mas diminuindo o número de diferenças com o aumento da profundidade das amostras (Tabela 7). Vale salientar que nas hipóteses do presente trabalho, o desmatamento e a sazonalidade foram considerados as duas variáveis principais, considerando-se que a largura de desmatamento dificilmente teria influência em um período tão curto de tempo. As larguras de desmatamento foram mantidas desmembradas, para poder servir como referência para trabalhos que venham a ser realizados no futuro. O fato das diferenças na diminuição de COT terem sido significativas em algumas larguras de desmatamento e em outras não, foram atribuídas à variabilidade espacial dos dados dentro da área experimental.

As maiores concentrações e estoques de COT encontrados no fim do período de estiagem (Tabelas 7 e 8) foram provavelmente decorrentes da deposição de folheto e morte de raízes finas ($\varnothing < 2$ mm) que ocorrem durante o período seco, e que são as principais entradas de carbono no solo (Salcedo & Sampaio, 2008). Com o início das chuvas, a maior umidade no solo determina um forte aumento da atividade biológica, com a conseqüente mineralização de parte do carbono aportado. Para Moreira & Siqueira (2006), o desmatamento, mesmo sem o uso do fogo, causa grande redução nos teores de C do solo. Este parece o caso do presente estudo, uma vez que as áreas testemunha, não desmatadas, também apresentaram

decréscimo significativo de COT. As reduções nos valores de COT no período após a época chuvosa em comparação com o início do experimento variaram entre 6 e 18%, mas houve também aumentos, 0,05 Mg ha⁻¹ (≈ 1%), no caso do tratamento 35 m na camada de 10-20 cm, o que confirma a elevada variabilidade espacial mencionada anteriormente (Tabela 8).

Tabela 8. Estoque médio (n=9) do carbono orgânico total (COT) no fim do período seco (dezembro/2007) e após o período chuvoso (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE

Profundidade	Largura do desmatamento	COT (Mg ha ⁻¹)				Decréscimo (%) dez/07 - jun/08	teste-t
		dez/07	erro [†]	jun/08	erro		
0-10 cm	Mata nativa	13,8 ± 0,86		12,4 ± 0,35		10,6	*
	0 m	18,4 ± 1,5		16,2 ± 1,7		12,3	*
	15 m	15,8 ± 1,4		13,0 ± 1,1		17,6	*
	25 m	18,8 ± 1,4		16,0 ± 1,5		14,7	*
	35 m	16,4 ± 2,3		14,2 ± 1,1		13,8	0,17
	45 m	15,4 ± 1,4		13,5 ± 1,3		12,4	*
	Médias	16,5		14,2		13,6	
10-20 cm	Mata nativa	11,2 ± 1,2		9,8 ± 0,52		12,1	0,22
	0 m	11,6 ± 0,76		10,2 ± 0,67		11,9	*
	15 m	11,6 ± 1,2		9,13 ± 0,35		21,2	*
	25 m	13,3 ± 0,80		10,8 ± 0,76		19,3	*
	35 m	10,3 ± 0,94		10,4 ± 0,52		-0,89	0,47
	45 m	12,5 ± 1,3		9,8 ± 0,91		21,2	*
	Médias	11,8		10,0		14,6	
20-30 cm	Mata nativa	8,93 ± 0,58		8,10 ± 0,59		9,27	0,15
	0 m	11,6 ± 0,60		10,8 ± 0,90		6,87	0,23
	15 m	9,75 ± 0,79		8,36 ± 0,55		14,3	*
	25 m	10,1 ± 0,42		9,4 ± 0,56		7,42	0,19
	35 m	9,5 ± 0,88		8,9 ± 0,36		6,15	0,20
	45 m	9,33 ± 0,79		8,34 ± 0,55		10,6	0,14
	Médias	9,89		8,99		9,02	
0-30 cm	Mata nativa	33,9 ± 0,65		30,3 ± 0,44		10,7	*
	0 m	41,7 ± 0,85		37,3 ± 0,84		10,7	*
	15 m	37,2 ± 0,82		30,5 ± 0,57		17,9	*
	25 m	42,3 ± 0,88		36,2 ± 0,80		14,4	*
	35 m	36,3 ± 1,0		33,5 ± 0,60		7,60	0,13
	45 m	37,2 ± 0,83		31,7 ± 0,69		14,9	*
	Médias	38,1		33,2		12,7	

[†]Erro padrão da média. ^{††}Média de dez/07 - jun/08. Resultado do teste-t de significância, entre as épocas de amostragem (*, p<0,1).

Pesquisas direcionadas à determinação do estoque de C no solo ainda são incipientes, no semi-árido brasileiro. Os estoques médios de COT encontrados nesta

pesquisa no período de estiagem foram 16,5; 11,8; 9,89 e 38,1 Mg ha⁻¹ nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 0-30 cm, respectivamente (Tabela 8).

Em caatinga hiperxerófila, Maia et al. (2007), trabalhando em Luvissole Crômico, no semi-árido cearense, reportaram estoques de COT de 34,2 (0-12 cm) e 14,2 (12-20 cm) Mg ha⁻¹, enquanto, Kauffman et al. (1993), em Argissolo encontraram 18 Mg de C ha⁻¹ na camada de 0-10 cm, em Serra Talhada-PE. Quando somados os estoques médios das camadas de 0-10 e 10-20 cm, obteve-se um acúmulo de 26,2 Mg de C ha⁻¹, superior aos 20 Mg de C ha⁻¹ (0-20 cm) estimados por Tiessen et al. (1998) para solos do semi-árido brasileiro.

A amostragem após a época chuvosa apresentou média de 14,2 Mg ha⁻¹ de COT (0-10 cm), superior ao 6,93 Mg ha⁻¹, estimados por Corrêa (2007) no sertão pernambucano. Fraga & Salcedo (2004), em caatinga hiperxerófila, encontraram valores de 17,9 e 28,6 Mg ha⁻¹, para as camadas de 0-7,5 e 0-15 cm, respectivamente. As diminuições dos estoques após a época chuvosa em relação aos valores ao fim do período de estiagem foram proporcionais às já comentados para as concentrações de C, com pequenas modificações em função de variações na densidade do solo

Fidalgo et al. (2007), estudando os diferentes estoques de COT para os solos e biomas brasileiros, estimaram um acúmulo médio de 39,2 Mg de C ha⁻¹ para os solos do bioma caatinga, tendo os Argissolos média (n=72) de 27,8 Mg ha⁻¹. Já Stevens & van Wesemael (2008), investigando o estoque de carbono dos solos belgas, citaram 33,9 Mg ha⁻¹ de C (0-30 cm) em floresta decídua, resultado similar a média anual (35,7 Mg ha⁻¹) encontrada nesta pesquisa.

Em outros biomas, os estoques de COT geralmente são maiores do que no semi-árido. Barreto et al. (2008), em Floresta de Mata Atlântica, estimaram uma acumulação de 28,7 (0-10 cm) e 18,8 Mg ha⁻¹ (10-20 cm). Já Cerri et al. (2000) calcularam um estoque médio (0-30cm) de 41,2 Mg ha⁻¹ em solos arenosos sob vegetação nativa na Amazônia (Rondônia) e Dominguez et al. (2009), em floresta preservada em Balcarce na Argentina, com predominância de *molisols* (Chernossolos), chegaram a encontrar 85,2 Mg de C ha⁻¹, na camada de 0-20 cm.

4.2.2. Matéria Orgânica Particulada Leve (MOPL)

As concentrações médias de MOPL variaram de 0,364 a 1,28 g kg⁻¹, com média e 1,09 g kg⁻¹ no período de estiagem, e de 0,306 a 1,03 g kg⁻¹ com média de 0,634 g kg⁻¹, após a época chuvosa (Tabela 9). A irregularidade na distribuição dessas massas ocasionou coeficiente de variação de 44 e 73,5 %, para a camada de 0-10 cm nos meses de dezembro/2007 e junho/2008, respectivamente (Tabela 9).

Os valores médios de MOPL, em geral, foram baixos, comparados com os de outras pesquisas que utilizaram a mesma metodologia de separação de densidade 1,0 g cm⁻³. Em São João do Cariri-PB, as concentrações de MOPL variaram de 1,80 a 3,19 g kg⁻¹, na camada de 0-20 cm (Sousa, 2006), e no Agreste paraibano oscilaram entre 1,33 e 1,68 g kg⁻¹ na camada de 0-15 cm (Fraga, 2002). Em caatinga hipoxerófila, a matéria seca da MOPL apresentou variação sazonal ao longo do ano, oscilando entre um mínimo de 1,48 no período úmido, e um máximo de 2,96 g kg⁻¹ de solo no período seco (Medeiros, 1999). Em outro estudo, durante o período seco a massa de MOPL foi de 1,57 g kg⁻¹ de solo em áreas de caatinga raleada (Fraga, 2002).

Tabela 9. Concentração média (n= 9) da matéria orgânica particulada leve (MOPL) no período seco (dezembro/2007) e após um inverno (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE

Profundidade	Largura do desmatamento	MOP-L (g kg ⁻¹)				Decréscimo (%) dez/07 - jun/08	teste-t
		dez/07	erro [†]	jun/08	erro		
0-10 cm	Mata nativa	1,09 ± 0,10		0,522 ± 0,062		52,3	*
	0 m	1,11 ± 0,19		0,590 ± 0,045		47,0	*
	15 m	0,770 ± 0,10		0,397 ± 0,035		48,5	*
	25 m	1,28 ± 0,14		1,03 ± 0,26		19,7	0,17
	35 m	1,20 ± 0,17		0,767 ± 0,05		36,0	*
	45 m	1,07 ± 0,25		0,497 ± 0,063		53,6	*
	Médias	1,09		0,634		41,8	
CV (%)	44,1		73,5				
10-20 cm	Mata nativa	0,531 ± 0,035		0,425 ± 0,039		20,1	*
	0 m	0,604 ± 0,11		0,513 ± 0,057		15,0	0,23
	15 m	0,487 ± 0,057		0,364 ± 0,030		25,3	*
	25 m	0,640 ± 0,077		0,512 ± 0,076		20,1	*
	35 m	0,521 ± 0,05		0,489 ± 0,02		6,15	0,28
	45 m	0,637 ± 0,15		0,359 ± 0,019		43,6	*
	Médias	0,570		0,444		22,2	
CV (%)	40,7		36,5				
20-30 cm	Mata nativa	0,399 ± 0,042		0,313 ± 0,024		21,5	*
	0 m	0,426 ± 0,086		0,364 ± 0,032		14,6	0,24
	15 m	0,438 ± 0,051		0,306 ± 0,017		30,1	*
	25 m	0,456 ± 0,047		0,438 ± 0,046		3,95	0,36
	35 m	0,425 ± 0,022		0,414 ± 0,030		2,49	0,37
	45 m	0,364 ± 0,053		0,306 ± 0,030		15,9	0,24
	Médias	0,418		0,357		14,6	
CV (%)	39,6		30,28				
0-30 cm	Mata nativa	0,675 ± 0,069		0,420 ± 0,030		37,8	*
	0 m	0,714 ± 0,095		0,489 ± 0,031		31,5	*
	15 m	0,565 ± 0,050		0,356 ± 0,017		37,1	*
	25 m	0,793 ± 0,087		0,660 ± 0,102		16,8	*
	35 m	0,715 ± 0,09		0,557 ± 0,04		22,1	*
	45 m	0,690 ± 0,11		0,387 ± 0,029		43,9	*
	Médias	0,692		0,478		30,9	
CV (%)	58,7		34,4				

[†]Erro padrão da média. ^{††}Média de dez/07 - jun/08. Resultado do teste-t de significância, entre as épocas de amostragem (*, p<0,1).

As diminuições nas concentrações de MOPL após o período chuvoso acompanharam os resultados de COT em relação ao efeito da profundidade. O número de diferenças significativas foi maior na camada superficial que na camada de 20-30 cm. Estas diferenças possivelmente não estão associadas ao efeito do tratamento, devido ao curto período de avaliação, mas sim a fatores ambientais (vegetação, relevo, chuva e vento) que resultam em heterogeneidade na distribuição da matéria orgânica do solo e em seus compartimentos (Tabelas 7, 8, 9, e 10). Para

Six et al. (2000), Diekow (2003) e Dominguez et al. (2009) a MOPL é um dos compartimentos da MOS mais sensíveis a alterações.

Tabela 10. Estoque médio (n= 9) da matéria orgânica particulada leve (MOPL) no período seco (dezembro/2007) e após um inverno (junho/2008), distribuído de acordo com o tratamento (largura da bordadura desmatada entre a parcela e a vegetação preservada) e camada do solo, Petrolina-PE

Profundidade	Largura do desmatamento	MOP-L (Mg ha ⁻¹)		Decréscimo (%) dez/07 - jun/08	teste-t		
		dez/07	erro [†]			jun/08	erro
0-10 cm	Mata nativa	1,63 ± 0,14		0,777 ± 0,087		52,3	*
	0 m	1,60 ± 0,27		0,849 ± 0,063		46,8	*
	15 m	1,11 ± 0,14		0,575 ± 0,048		48,4	*
	25 m	1,82 ± 0,18		1,47 ± 0,37		19,4	0,17
	35 m	1,72 ± 0,23		1,10 ± 0,07		36,1	*
	45 m	1,48 ± 0,34		0,686 ± 0,074		53,7	*
	Médias	1,56		0,909		41,7	
10-20 cm	Mata nativa	0,786 ± 0,050		0,627 ± 0,055		20,2	*
	0 m	0,871 ± 0,16		0,740 ± 0,084		15,0	0,23
	15 m	0,703 ± 0,081		0,526 ± 0,043		25,1	*
	25 m	0,917 ± 0,11		0,731 ± 0,10		20,3	*
	35 m	0,76 ± 0,07		0,71 ± 0,03		6,27	0,28
	45 m	0,859 ± 0,19		0,497 ± 0,026		42,1	*
	Médias	0,815		0,639		21,7	
20-30 cm	Mata nativa	0,585 ± 0,062		0,460 ± 0,036		21,4	*
	0 m	0,616 ± 0,13		0,524 ± 0,047		14,9	0,24
	15 m	0,632 ± 0,073		0,442 ± 0,024		30,1	*
	25 m	0,653 ± 0,067		0,628 ± 0,066		3,87	0,36
	35 m	0,639 ± 0,032		0,624 ± 0,047		2,27	0,37
	45 m	0,528 ± 0,078		0,444 ± 0,045		15,9	0,24
	Médias	0,609		0,520		14,5	
0-30 cm	Mata nativa	3,00 ± 0,10		1,86 ± 0,043		37,9	*
	0 m	3,08 ± 0,13		2,11 ± 0,045		31,4	*
	15 m	2,45 ± 0,070		1,54 ± 0,024		37,0	*
	25 m	3,39 ± 0,12		2,83 ± 0,14		16,7	*
	35 m	3,11 ± 0,12		2,43 ± 0,05		21,9	*
	45 m	2,87 ± 0,15		1,63 ± 0,036		43,3	*
	Médias	2,98		2,07		30,7	

[†]Erro padrão da média. ¹Média de dez/07 - jun/08. Resultado do teste-t de significância, entre as épocas de amostragem (*, p<0,1).

Os estoques médios de MOPL no período seco foram 1,56 (0-10 cm), 0,815 (10-20 cm), 0,609 (20-30 cm) e 2,98 (0-30 cm) Mg ha⁻¹. Eles reduziram-se em média 42, 22, 15 e 44%, respectivamente, na amostragem após o período chuvoso (jun/2008).

Leite (1998) encontrou massas médias de MOPL de 4,6 (0-15 cm) e 2,1 (15-30 cm) Mg ha⁻¹, em caatinga hipoxerófila. Já Medeiros (1999), no mesmo tipo de

vegetação, encontrou variação sazonal na distribuição da matéria seca de MOPL, com estoques de $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ nos meses mais úmidos e um máximo de $5,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ nos meses secos, na camada de 0-15 cm. Sob caatinga hiperxerófila degradada, Sousa (2006) determinou massas entre 4,7 e 8,3 Mg de MOPL ha^{-1} (0-20 cm). Segundo Fraga (2002), esta fração orgânica é considerada intermediária entre a serrapilheira e a matéria orgânica humificada e os nutrientes nela contidos são de rápida disponibilidade para as plantas.

4.2.3. Frações do carbono

Foi atribuída uma concentração média do C na matéria seca de MOPL de 30%, como determinado por Fraga (2002) e Sousa (2006) investigando solos do semi-árido paraibano. O C humificado (menos lábil) foi calculado subtraindo a massa do carbono lábil (C-MOPL) da massa de COT (Tabela 11).

O carbono na MOPL (C-MOPL) apresentou médias de 0,327 (0-10cm); 0,171 (10-20 cm); 0,125 (20-30 cm); e 0,208 (0-30 cm) g kg^{-1} no mês de dez/07. Fraga (2002) relatou valores de 0,583 (0-7,5 cm) e 0,471 (0-15 cm) g kg^{-1} . Já Sousa (2006) reportou concentrações de 0,190 a 1,47 g kg^{-1} que variaram de acordo com o solo e a vegetação predominante.

A contribuição do C na MOPL ao COT variou entre 1,61 e 3,54%, no fim do período de estiagem, e de 1,47 a 2,74%, em junho/2008, sendo inferior à reportada por Fraga (2002) que encontrou médias de 3,62 (0-7,5 cm) e 3,83% (0-15 cm) e por Sousa (2006) que citou valores de 3,3 a 13,4% (0-20 cm).

Tabela 11. Valores médios da massa seca de matéria orgânica particulada leve (MS-MOPL), carbono orgânico total (COT), carbono orgânico na MOPL, carbono humificado e porcentagem de C-MOPL em relação ao COT, em função da profundidade do solo, largura da bordadura (desmatamento) e época de amostragem, Petrolina-PE

Prof.	Largura do desmatamento	dez/07				jun/08			
		COT	C MOPL	C [‡] hum	C-MOPL /COT	COT	C MOPL	C hum	C-MOPL /COT
		----- g kg ⁻¹ -----			%	----- g kg ⁻¹ -----			%
0-10 cm	Mata nativa	9,28	0,328	8,95	3,54	8,27	0,157	8,12	1,89
	0 m	13,1	0,334	12,7	2,55	11,4	0,177	11,2	1,55
	15 m	11,3	0,231	11,0	2,05	9,25	0,119	9,13	1,29
	25 m	13,2	0,385	12,8	2,91	11,3	0,309	11,0	2,74
	35 m	11,3	0,360	10,9	3,19	9,71	0,230	9,48	2,37
	45 m	10,7	0,321	10,4	3,01	9,32	0,149	9,17	1,60
	Médias	11,5	0,327	11,1	2,85	9,88	0,190	9,69	1,93
10-20 cm	Mata nativa	7,54	0,159	7,38	2,11	6,64	0,127	6,51	1,92
	0 m	8,26	0,181	8,08	2,19	7,19	0,154	7,04	2,14
	15 m	8,08	0,146	7,94	1,81	6,37	0,109	6,26	1,71
	25 m	9,26	0,192	9,07	2,07	7,50	0,154	7,35	2,05
	35 m	7,14	0,156	6,98	2,19	7,19	0,147	7,04	2,04
	45 m	8,64	0,191	8,45	2,21	6,77	0,108	6,66	1,59
	Médias	8,15	0,171	7,98	2,10	6,94	0,133	6,81	1,92
20-30 cm	Mata nativa	6,08	0,120	5,96	1,97	5,54	0,094	5,45	1,69
	0 m	7,94	0,128	7,82	1,61	7,41	0,109	7,30	1,47
	15 m	6,53	0,131	6,40	2,01	5,59	0,092	5,49	1,64
	25 m	7,08	0,137	6,95	1,93	6,56	0,131	6,43	2,00
	35 m	6,59	0,127	6,47	1,93	6,18	0,124	6,06	2,01
	45 m	6,45	0,109	6,34	1,69	5,77	0,092	5,68	1,59
	Médias	6,78	0,125	6,66	1,85	6,17	0,107	6,07	1,73
0-30 cm	Mata nativa	7,64	0,202	7,43	2,65	6,82	0,126	6,69	1,85
	0 m	9,76	0,214	9,54	2,20	8,67	0,147	8,53	1,69
	15 m	8,63	0,170	8,46	1,96	7,07	0,107	6,96	1,51
	25 m	9,85	0,238	9,62	2,42	8,44	0,198	8,25	2,35
	35 m	8,34	0,214	8,13	2,57	7,69	0,167	7,53	2,17
	45 m	8,59	0,207	8,38	2,41	7,29	0,116	7,17	1,59
	Médias	8,80	0,208	8,59	2,36	7,66	0,143	7,52	1,87

[‡]C hum. (carbono humificado) = COT – C-MOPL

4.2.4. Relação do COT com a MOPL

Houve relação positiva entre as concentrações de MOPL e COT, em ambas as épocas estudadas (Figura 6).

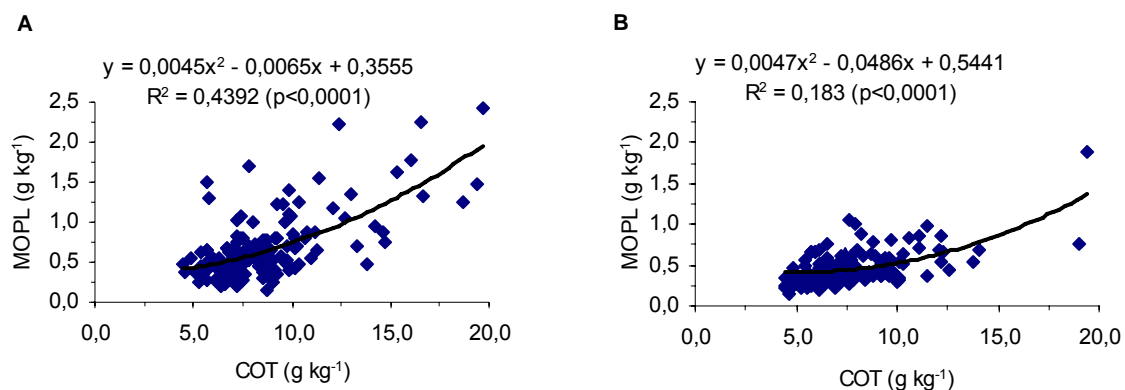


Figura 6. Relação entre os teores médios de matéria orgânica particulada (MOPL) e carbono orgânico total (COT) na camada de 0-30 cm para o fim do período seco (a) e após período chuvoso (b), Petrolina-PE

A relação dessas variáveis era esperada, uma vez que a MOPL é o compartimento intermediário entre a serrapilheira e o solo mineral, onde ocorrem os primeiros aportes dos resíduos orgânicos decompostos e, como consequência, deposições de carbono. Essas tendências foram semelhantes às relatadas por Fraga (2002) e Sousa (2006), em ambiente semi-árido, utilizando a mesma metodologia.

5. CONCLUSÕES

O estoque de massa seca de serrapilheira para o local estudado foi muito variável, com intervalo modal apresentando o seguinte comportamento: 51% do material não-lenhoso e 43% do lenhoso ficaram entre 1 e 3 Mg ha⁻¹, enquanto 35% das amostras apresentaram massa total entre 3 e 5 Mg ha⁻¹.

A decomposição da serrapilheira em um ano foi estimada em 89% para fração não-lenhosa e 21% para fração lenhosa.

O gradiente de concentração dos nutrientes foi Ca>N>K>Mg>P, para todas as frações da serrapilheira estudada. O baixo conteúdo de N resultou em alta relação C/N, indicando lenta decomposição dos resíduos vegetais e imobilização superior à mineralização dos nutrientes.

As concentrações de COT e MOPL apresentaram variação sazonal, com os maiores valores no fim do período de estiagem. A variação sazonal foi atenuada com o aumento de profundidade da amostragem, quase desaparecendo na camada de 20-30 cm.

Os tratamentos não apresentaram efeito nos estoques de COT e MOPL no período avaliado, fazendo-se necessárias pesquisas em um período mais longo.

Os teores de COT oscilaram em uma faixa de valores comparável com resultados já publicados para a região semi-árida, enquanto os de MOPL foram sempre inferiores aos poucos valores disponíveis na literatura.

Foi encontrada uma relação significativa entre as quantidades de MOPL separada por flotação em água e as quantidades de COT, sugerindo que parte do C na MOPL é incorporada à fração de C humificado.

6. REFERÊNCIAS

AERTS, R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennial: are there general patterns? **Journal of Ecology**, 84 (3): 597-608, 1996.

AERTS, R.; CHAPIN, F.S. The mineral nutrition of wild plants revisited: a reevaluation of processes and patterns. **Advances in Ecological Research** 30: 1-67, 2000.

ALVAREZ, R.; ALVAREZ, C.R. Soil organic matter pools and their associations with carbon mineralization kinetics. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 64:184-189, 2000.

ALVAREZ-SANCHEZ, J.; SADA, S.G. Litterfall dynamics in a Mexican lowland tropical rain forest. **Tropical Ecology**, 2 (34): 127-142, 1993.

ALVES, A.R.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; HOLANDA, A.C.; Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **R. Biol. Ciên. Terra**, 194-203, 2006.

ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forests. In: SUTTON, S. L.; WHITMORE, T.C.; CHADWICK, A.C. (Eds.). **Tropical rain forest ecology and management**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, London, p.287-310, 1983.

ANDRADE, A.G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. 1997, 182 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

ANDRADE, R.L.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; BEZERRA, D.M. Deposição de serrapilheira em área de caatinga na RPPN "fazenda tamanduá", Santa Terezinha – PB. **Revista Caatinga**, Mossoró, 21 (2): 223-230, 2008.

ANTUNES, L.O. **Estoque e labilidade da matéria orgânica em um Argissolo sob sistemas de produção de eucalipto**. 2007, 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Universidade Federal de Pelotas..

ARAÚJO, A.P. & MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.253-280.

ARAÚJO, J.F. & HARIDASAN, M. Relação entre deciduidade e concentrações foliares de nutrientes em espécies lenhosas do cerrado. **Revista Brasil. Bot.**, 30 (3): 533-542, 2007.

AWAD, M; CASTRO, P.R.C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1983. 177p.

BACKES, A.; PRATES, F.L.; VIOLA, M. Produção de serrapilheira em floresta ombrófila mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 19: 155-160, 2004.

BARRETO, A.C.; FREIRE, M.G.S.; NACIF, P.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J.; INÁCIO, E.S.B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1471-1478, 2008.

BAYER, C, MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant and Soil**, 238:133-140, 2002.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, 39: 677-683, 2004.

BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDER, L.P.; ERNANI, P.R.; ALBURQUERQUE, J.A. Incremento de carbono e nitrogênio num Latossolo pelo uso de plantas estivais para a cobertura do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, 33 (3): 469-475, 2003.

BERNUOX, M.; CARVALHO, M da C. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Science Society American Journal**, Madison, 66: 888-896, 2002.

BINKLEY, D. **Forest nutrition management**. New York: Wiley. 1986. 290p.

BLANCO, J.A.; IMBERT, J.B.; CASTILLO, F.J. Nutrient return via litterfall in two contrasting *Pinus sylvestris* forests in the Pyrenees under different thinning intensities. **Forest Ecol. and Management**, 256: 1840 - 1852, 2008.

BOONE, R. Light-fraction soil organic matter: origin and contribution to net nitrogen mineralization. **Soil Biol. Biochem.**, 26: 1459-1468, 1994.

BOUYOUCOS, G.J. A recalibration of the hydrometer method for making analysis of soils. **Agron. Journal**, 43(9): 434-437, 1951.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Avaliações e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da caatinga**. Brasília, 2002.

BRAY. J.R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, 2: 101-157, 1964.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen-total. In: Page, A.L.; Miller, R.H. & Keeney, D.R. eds. **Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties**. Part 2. Madison, ASA-SSSA, 1982. p. 595-624.

BROMICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, 124: 3-22, 2005.

BUSTAMANTE, M.M.C; MEDINA, E; ASNER, G.P; NARDOTO, G.B, GARCIA-MONTIEL, D.C Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. **Biogeochemistry** 79: 209–237, 2006.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 29 (1): 53-68, 2008.

CAMACHO, R.G.V. **Estudo fitofisiográfico da caatinga do Seridó-Estação Ecológica do Seridó, RN**. 2001. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 58: 123-130. 1994.

CAMPOS, M.C.C. **Distribuição e estabilidade de agregados de solos sob distintas intensidades de uso da região semi-árida nordestina**. 2004, 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E. & SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:935-944, 2003.

CARRERA, A.L.; MAZZARINO, M.J.; BERTILLER, M.B.; del VALLE, H.F.; CARRETERO, E.M. Plant impacts on nitrogen and carbon cycling in the Monte Phytogeographical Province, Argentina. **J. of Arid Environments** 73: 192–201, 2009.

CASTELLETTI, C.H.M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, L.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C.. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora da UFPE, p. 719-734, 2003.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; FEIGL, B.; PICCOLO, M.C. Carbon pools of the Brazilian Amazon. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (Eds.). **Global climate change and tropical ecosystems**. CRC Press: Boca Raton, 2000.

CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I.B.; VASCONCELOS, A.C.F.; PAES-SILVA, A.P. **Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do Açude Namorado e diagnóstico do uso e degradação das terras**. Campina Grande, 2002, RELATÓRIO TÉCNICO.

CHRISTENSEN, B.T. **Organic matter in soil: Structure, function and turnover**. Tijele, DIAS, 2000. (DIAS Report. Plant Production, 30)

CIANCIARUSO, M.V.; PIRES, J.S.R.; DELITTI, W.B.C.; SILVA, E.F.L.P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Bot. Brasílica** 20 (1): 49-59, 2006.

COLE, D.W.; RAPP, M. Elemental cycling in forest ecosystems. In: REICHLE, D.E. (Ed.). **Dynamic principles of forest ecosystems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. p.341-409.

CORRÊA, F.L.O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; MULLER, M.W. **Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil**. Ciênc. Agrotec. 30 (6): 1099-1105, 2006.

CORRÊA, R.M. **Avaliação de atributos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado do Vale do São Francisco**. 2007, 134 f. Tese (Doutorado em – Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p.137-158.

COSTA, C.C.A.; SOUZA, A.M.; SILVA, N.F.; VALERA, R.G.C.; DANTAS, I.M., Produção de serapilheira na caatinga da Floresta Nacional do Açú-RN. **R. Bras. Biociências**, 5: 246-248, 2007.

COSTA, G.S.; FRANCO A.A.; DAMASCENO, R.N.; FARIA, S.M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **R. Bras. Ci. Solo**, 28: 919-927, 2004.

CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A., BRESSAN, D.A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, 3 (1): 35-64, 1993.

DANTAS, S.V. **Dinâmica da produção e decomposição de folheto e ciclagem de nutrientes em um ecossistema de Caatinga arbórea no agreste da Paraíba**. 2003, 32 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

DIECKOW, J.; MAETIN-NETO, L.; MILORI, D.M.B.P.; CONCEIÇÃO, P.C.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Sistemas de preparo do solo e características espectroscópicas da matéria orgânica em ambientes tropicais e subtropicais brasileiros**. Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 12, 2005.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 2003. 163 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DINIZ, S.; PAGANO, S.N. Dinâmica de folheto em Floresta Mesófila Semidecídua no Município de Araras, SP. I – Produção, decomposição e acúmulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 9 (1): 27-36, 1997.

DOMIINGUEZ, G.N.F.; DIOVISALVI, N.V.; STUDDERT, G.A.M.; MONTERUBBIANESI, G. Soil organic C and N fractions under continuous cropping with contrasting tillage systems on mollisols of the southeastern Pampas. **Soil & Tillage Research**, 102: 93–100, 2009.

DOYLE, J.; PAVEL, R.; BERNES, G.; STEINBERGER, Y. Cellulase dynamics in a desert soil. **Soil Biology & Biochemistry**, 28 (2): 371-376, 2006.

DUDA, G. P.; CAMPELLO, E. F. C.; MENDONÇA, E. S.; LOURES, J. L.; MPANZO, D. Avaliação da dinâmica da matéria orgânica do solo para caracterização de áreas degradadas. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 23 (3): 723-728, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

EMBRAPA Semi-Árido. **Médias anuais da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 40°22'W). Período 1975-2008**. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/servicos/dadosmet/ceb-anual.html>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, 79: 69-116, 1997.

FERREIRA, R.L.C.; LIRA JUNIOR, M.A.; ROCHA, M.S.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; BARRETO, L.P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) **R. Árvore**, 31: 7-12, 2007.

FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal 1**. 2. ed. São Paulo: EPU. 1985. 362p.

FIDALGO, E.C.C.; BENITES, V.M.; MACHADO, P.L.O.A.; MADARI, B.E.; COELHO, M.R.; LIMA, C.X. **Estoque de carbono nos solos do Brasil**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121 / Embrapa Solos, 2007.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FIRME, L.P. **Cinética de degradação microbiológica de torta de filtro no solo na presença de cádmio e níquel**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FRAGA, V.S. **Mudanças na matéria orgânica (C, N e P) de solos sob agricultura de subsistência**. 2002, 76 f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FRAGA, V.S.; SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society American Journal**. Madison, USA, 68: 215-224, 2004.

FROUFE, L.C.M. **Decomposição de serrapilheira e aporte de nutrientes em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acacia mangium* Wild**. 1999, 73 f. Dissertação (Mestrado Ciência do solo – Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.

GALLO, M.E.; SINSABAUGH, R.L.; CABANISS, S.E. The role of ultraviolet radiation in litter decomposition in arid ecosystems. **Applied Soil Ecology** 34: 82–91, 2006.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; SANTOS, M.L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, 27 (6): 1021-1031, 2003.

GARRIDO, M.A.O.; POGGIANI, F. Avaliação da quantidade e do conteúdo de nutrientes do folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies indígenas. **Silvicultura em São Paulo**, v.15/16, p.1-22, 1981/1982.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J.A.; OADES, J.M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. (eds.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton, CRC Press, 1997. p.245-266. (Advances in Soil Sciences Series)

GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.L.; DUEVER, M.J. Ciclagem de minerais em ecossistemas de floresta tropical úmida. São Paulo: **EPU/EDUSP**, 1978. 256 p.

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G.A. Métodos químicos e físicos. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p.185-199.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas, SP, Brasil. Fundação Cargill. 1985. 114p.

HEAL, W.; ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E. (eds.). **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. Wallingford: CAB International, 1997. 409p.

HEATH, J.; AYRES, E.; POSSEL, M.; BARDGETT, R. D.; BLACK, H.I.J.; GRANT, H.; INESON, P.; KERSTIENS, G. Rising atmospheric CO₂ reduces sequestration of root-derived soil carbon. **Science - Washington**, 309 (5741): 1711-1713, 2005.

HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L.; LEFKOWITZ, D.S. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II Net release of CO₂ to the atmosphere. **For. Ecol. Environ.**, 65: 69-78, 1991.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatingas – Características e usos agrícola. In: ALVARES, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.) **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 95-155.

JANSEN, H.H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world?. **Canadian Journal of Science**, Toronto, Canadá, 85 (4): 467-480, 2005.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LAFOND, G.P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light-fraction organic matter in soils from long term crop rotations. **Soil Sci. S. of Ame. Journal**, 56: 1799-1806, 1992.

JARAMILLO, V.J.; SANFORD JR., R.L. Nutrient cycling in tropical deciduous forests. In: BULLOCK, S.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**. New York: Cambridge University Press. 1995. p.346-361.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. New York: John Wiley, 1985.

KAUFFMAN, J.B.; SANFORD JR., R.L.; CUMMINGS, D.L.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology** 74: 140–15, 1993.

KONIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade de produção de serapilheira numa floresta estacional decídua no município de Santa Maria – RS. **Revista Árvore**, 26 (4): 429-435, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa. 2000. 531p.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, S.; MARTIN, A.; BAROIS, S.; TOUTAIN, F.; SPAIN, A. & SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystem. Application to soils in the humid tropics. **Biotropica**, 25: 130-150, 1993.

LEITE, L.F.C. **Biomassa de raízes finas e fertilidade do solo, sob vegetação de caatinga em Caruaru-PE**. 1998, 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S. & MACHADO, P.L.O.A. Simulação pelo Modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, 28: 347-358, 2004.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, 27: 821-832, 2003.

LIMA, A.M.N. **Estoques de carbono e frações da matéria orgânica do solo sob povoamentos de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG**. 2004, 131 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LORANGER, G.; PONGE, J.F. Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: influence of litter quality. **Biol. Fertil. Soils**, 35 (3): 247-252, 2002.

LUGO, A.E.; BROWN, S. Management of tropical soils as sinks or sources of atmosphere carbon. **Plant and Soil**, 149: 27-41, 1993.

MACHADO, P.L.O A.; BODDEY, R.; MADARI, B.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Os solos brasileiros e o seqüestro de carbono. **Boletim Informativo, SBCS**. Viçosa, 29, n.3, 2004.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforest Syst**, 71: 127–138, 2007.

MARTÍNEZ-YRÍZAR, A. Biomass distribution and primary productivity of tropical dry forests p.326-345. In: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. (Eds) **Seasonally dry tropical forests**. New York: Cambridge University Press, 1995. 450p.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.A.; POROCA, H.A.; ANDRADE, F.M.; ANDRADE, B.M.T.; ALMEIDA NETO, L.A.; LIMA, J.F.W.F. Fracionamento físico da serrapilheira presente em áreas em processo de degradação no semi-árido pernambucano. In.: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17. 2008, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: UFRRJ/Embrapa Solos/ Embrapa Agrobiologia, 2008. CD-ROM.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **R. Bras. Botânica**, 22 (3): 405-412, 1999.

MEDEIROS, E.V. **Variação sazonal na biomassa de raízes finas sob vegetação de caatinga**. 1999, 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MEDRADO, R.D. **Alternativas de manejo de coberturas de solo no inverno: decomposição e qualidade da matéria orgânica**. 2008, 206 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária – São Paulo. III – Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. **Boletim de Botânica**, 8: 7-20, 1980.

MENEZES, R.S.C. & SAMPAIO, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: Oliveira, T.S.; Romero, R.E.; Assis Jr., R.N.; Silva, J.R.C.S. (eds). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** / Universidade Federal do Ceará. 2000. p.20-46.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H.; ELLIOTT, E.T. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry Systems, Holanda**, 56: 27-38, 2002.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1982. 655 p.

MLAMBO, D.; NYATHI, P. Litterfall and nutrient return in a semi-arid southern African savanna woodland dominated by *Colophospermum mopane*. **Plant Ecol** 196: 101–110, 2008.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MORO, M.J.; DOMINGO, F. Litter decomposition in four woody species in a Mediterranean climate: weight loss, N and P dynamics. **Annals of Botany**, 86 (6): 1065-1071, 2000.

- MURPHY, J. & RILEY, J.P.A. A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta**, 27: 31-36, 1962.
- NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C.; PINTO, A.S.; KLINK, C.A. 2006. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. **Journal of Tropical Ecology** 22:191-201, 2006.
- NEVES, C.M.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.G.; TOKURA, A.M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, 28 (5): 1038-1046, 2004.
- NOY MEIR, I. Desert ecosystems: environment and producers. **Annual Review of Ecology and Systematic** 4, 25–52, 1973
- NUNES, L.A.P.L; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, Mossoró, 19 (2): 200-208, 2006.
- ODUM, E.P. The strategy of ecosystems development. **Science**, 164: 262-270, 1969.
- OLIVEIRA, R.R. Importância das bromélias epífitas na ciclagem de nutrientes da Floresta Atlântica. **Acta bot. bras.** 18 (4): 793-799, 2004.
- OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, 44: 322-331, 1963.
- PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.T.; SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serapilheira na floresta atlântica, ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ci. Florestal**, Santa Maria 18 (4): 443-454, 2008.
- PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). **R. Bras. Ci. Solo**, 28: 731-737, 2004.
- PIRES, L.A.; BRITEZ, R.M.; MARTEL, G.; PAGANO, S.N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta bot. bras.** 20: 173-184, 2006.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p.
- PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava – PR. **Floresta**, 26: 3-10, 1996.
- PORTUGAL, A.F.; IVO JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo vermelho-amarelo. **R. Bras. Ci. Solo**, 32: 2091-2100, 2008.

PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento.** México: Limusa, 1986. 634 p.

PUTZ, F.E., Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of soil disturbance to pioneer trees on Barro Colorado island, Panama. **Ecology** 64: 1069-1074, 1983.

RANGEL, O.J.P. & SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: 1609-1623, 2007.

REIS, M.G.F.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. de. (eds). **Relação solo-eucalipto.** Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.

ROSA, M.E.C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E.S.; COSTA, L.M.; CORREIA, J.R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 27: 911-923, 2003.

ROSCOE, R. & BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil Till. Res.**, 70: 107-119, 2003.

ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica.** Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2002. 86p.

ROSTAGNO, C.M.; del VALLE, H.F. Mounds associated with shrubs in aridic soils of northeastern Patagonia: characteristics and probable genesis. **Catena** 15: 347-359, 1988.

RUIVO, M.L.P. **Vegetação e caracterização do solo com indicações de reabilitação das áreas mineradas na Amazônia Oriental.** 1998, 101 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

RUIVO, M.L.P.; AMARAL, I.G.; RIBEIRO, E.L.C.; GUEDES, A.L.S. Os solos de uma toposequência na Ilha de Algodão/Maiandeuá, nordeste do Estado do Pará, Brasil. Composição química e produção de matéria orgânica. **Acta Amazônica**, Manaus, 32 (2): 257-266, 2002.

SÁ, J.A.G.M. **Avaliação do estoque lenhoso do sertão e agreste pernambucano.** Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007/Governo de Pernambuco, Documento de Campo n.16, 75p., 1998.

SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: SANTOS, G.S.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 419-441.

SALCEDO, I.H.; LEITE, L.; VASCONCELOS, E.; SOUZA, F.; SAMPAIO, E.V.S.B. Produção de raízes finas sob vegetação de caatinga. Workshop sobre Sistema Radicular: Metodologias e Estudos de Caso, Aracaju, SE, 1999. **Anais...**, EMBRAPA, 1999, p.139-152.

SAMPAIO, E.V.S.B. & SILVA, G.G. Ciclagem de nutrientes. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; MAYO, S.J.; BARBOSA, M.R.V. Pesquisa Botânica Nordestina: progresso e perspectivas. Recife, **Sociedade Botânica do Brasil**, 1996, p.191-201.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge, Cambridge University Press, 1995. p. 35-63.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M.S.B. Desertificação no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30. 2005. Recife. **Palestra...** Recife: UFPE/SBCS, 2005. CD-ROM.

SANCHEZ, G.; ALVAREZ-SANCHEZ, J. Litterfall in primary and secondary tropical forests of Mexico. **Tropical Ecology**, 36 (2): 191-201, 1995.

SANTANA, J.A.S. **Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte**. 2005, 184 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SANTOS, G. A.; GAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 491p.

SARIYILDIZ, T.; ANDERSON, J.M.; KUCUK, M. Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. **Soil Biology & Biochemistry**, 37 (9): 1695-1706, 2005.

SCHOLES, R.J.; BREEMEN, N. van. The effects of global change on tropical ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, 79: 9-24, 1997.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I.; KÖNIG, F.G. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, 28 (1): 29-37, 2004.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, 27 (6): 791-798, 2003.

SCOLFORO, J.R.S.; FILHO, A.F. **Biometria florestal: mediação e volumetria das árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310p.

SILVA JÚNIOR, A.M.; BORGES, E.N.; SOUZA, M.A. SILVA; SOUSA, G.M.; GUIMARÃES, E.C.; BORGES, E.V.S. Carbono orgânico em diferentes sistemas de manejo no Triângulo Mineiro. In.: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15. 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. CD-ROM.

SIX, J.; ELLIOTT, E.T., PAUSTIAN, K. & DORAN, J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 62:1367-1377. 2000.

SNYDER, J.D.; TROFYMOW, J.A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil sample. In **Comm. Soil Sci. Plant Anal.** 15 (5): 587-597, 1984.

SOLLINS, P.; SPYCHER, G.; GLASSMAN, C.A. Net nitrogen mineralization from light- and heavyfraction forest soil organic matter. **Soil Biol. Biochem.**, 16: 31-38, 1984.

SOUSA, S.M.S.C. **Relações entre vegetação, relevo, fertilidade do solo e matéria orgânica em bacia hidrográfica de região semi-árida.** Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Areia. 64 f. 2006.

SOUTO, P.C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil.** 2006, 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SOUZA J.A.; DAVIDE A.C.; Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, 7 (1): 101-113, 2001.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Aust. J. Soil Res.**, 30: 195-207, 1992.

STEVENS, A.; Van WESEMAEL, B. Soil organic carbon stock in the Belgian Ardennes as affected by afforestation and deforestation from 1868 to 2005. **Forest Ecology and Management**, 256: 1527–1539, 2008.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry – genesis, composition, reactions.** 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.

SUDENE. Recursos naturais do Nordeste: **investigação e potencial (sumário das atividades).** Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Recife-PE. 1985.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Oxford: Blackwell. 1979. 372p.

TAN, K. H. **Environment soil science.** New York: Marcell Dekker, 1994. 255p.

TAYLOR, B.R.; PARKINSON, D.; PARSONS, W.F.J. Nitrogen and lignin content as predictor of litter decay rates: a microcosm test. **Ecology**, 70 (1): 97-104, 1989.

TEIXEIRA, I.R.; SOUZA, C.M.; BORÉM, A.; SILVA, G.F. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Bragantia**, Campinas, 62 (1): 119-126, 2003.

THENG, B.K.G.; TATE, K. R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In.: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; VEHARA, G.

(eds). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Hawaii, 1989, Niftal project, p. 5-32.

THOMAS, R.L.; SHEARRD, R.W.; MOYER, J.R. Comparasion of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. **Agronomy Journal**, Madison, 59: 240-243, 1967.

TIESSSEN H.; FELLER, C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; GARIN, P. Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas dry forest. **Climatic Change**, Dordrecht, Holanda, 40: 105-117, 1998.

TIESSSEN, H.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid northeastern Brazil. **Agriculture Ecosystems Environment**. 38:139-151.1992.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, 33: 141-163, 1982.

TOLEDO, L.O.; PEREIRA, M.G. Dinâmica da deposição de serrapilheira em florestas secundárias do município de Pinheiral, RJ. **Floresta e Ambiente**, 11: 39-46, 2004.

TORRES, P.A.; ABRIL, A.B.; BUCHER, E.H. Microbial succession in litter decomposition in the semi-arid Chaco woodland. **Soil Biology & Biochemistry**, 37 (1): 49-54, 2005.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, 28 (6): 793-800, 2004.

VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, 65 (1): 285-298, 1984.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S.F. (Ed) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006, p. 299-326.

VOGT, K.A.; GRIER, C.C.; VOGT, D.C. Production, turnover and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forests. **Advances in Ecological Research**, 15: 203-234, 1986.

WARDLE, D.A. Communities and ecosystems. **Linking the aboveground and belowground components**. Princeton University Press. 382 p., 2002.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, 40 (5): 487-494, 2005.

WERNECK, M.S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L.F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **R. Bras. Botânica**, 24 (2): 195-198, 2001.

WHITFORD, W., 2002. Ecology of desert systems. Academic Press, USA.

WWF - Brasil. **Biomass brasileiros - Caatinga.** Disponível em:
<http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/biomass/bioma_caatinga/index.cfm>.
Acesso em: 12 nov. 2007

YADAV, R.S.; YADAV, B.L.; CHHIPA, B.R. Litter dynamics and soil properties under different tree species in a semi-arid region of Rajasthan, India. **Agroforest Syst**, 73:1-12, 2008.