



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE

CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS - PB

**“APORTE E DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM ÁREA DE
CAATINGA, NA PARAÍBA”**

ALLYSON ROCHA ALVES

Patos - PB

2006



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE

CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS - PB

**APORTE E DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM ÁREA DE CAATINGA, NA
PARAÍBA.**

Allyson Rocha Alves

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, como requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Jacob Silva Souto, Dr.

Patos - PB

2006



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2022.

Sumé - PB

**FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO
CAMPUS DE PATOS - UFCG**

A474a. Alves, Allyson Rocha

Aporte e decomposição da serrapilheira em área da caatinga, na Paraíba./Allyson Rocha Alves - Patos-PB: CSTR, UFCG, 2006.

42f: il. (color)

Orientador: Jacob Silva Souto.

Monografia: (Graduação em Engenharia Florestal.), Centro de Saúde E Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1- Solos – Manejo – monografia. 2. Conservação. I – Título

CDU: 631.4.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAUDE E TECNOLOGIA RURAL
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS-PB

ALLYSON ROCHA ALVES

Monografia submetida ao Curso de Engenharia Florestal como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Florestal.

APROVADO EM: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora:

Prof. Jacob Silva Souto, Dr.
Orientador

Prof. Rivaldo Vital dos Santos, Dr.
1º Examinador

Prof. José Romilson Paes de Miranda, Dr.
2º Examinador

*4os meus pais,
Alécio Clementino Alves e
Maria José Rocha Alves,
pelo amor, apoio, incentivo e companhia
durante todos os momentos de minha
existência,*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade que me deu de poder estar vivo e agradecer a todos os amigos e familiares que colaboraram com tudo que aconteceu e está acontecendo na minha vida.

Aos meus pais, pelos esforços a mim concedidos, sendo estes essenciais ao alcance de meus objetivos. Muito obrigado Pai e Mãe, por seu amor, pela educação e carinho, pela compreensão, por me conduzirem em seus princípios....

A minha família como um todo, desde minha avó até meus irmãos, que me deram força e incentivo para continuar durante toda essa jornada acadêmica.

A minha esposa e filhas pelo companheirismo, compreensão e amor, elementos que foram parte do combustível utilizado nesta caminhada.

Ao professor Jacob Silva Souto e à sua esposa Patrícia Carneiro Souto, pela amizade, compreensão, educação, paciência e acolhimento.

Aos professores, Alana, Amador, Diércules, Romilson, Graça, João Batista e Maria de Fátima, Rivaldo, Lúcio, Eder, Olaf, Valter, Assiria, Gilvan, enfim, a todos os professores deste Curso, aos atuais e aos que já se foram, pela nobre contribuição na minha formação acadêmica.

Em especial a meu amigo “Lucineudo”, que sempre esteve presente em todos os momentos de alegria e dificuldades, tanto acadêmica como pessoal, contribuindo também com uma enorme parcela na minha formação acadêmica, pessoa no qual serei eternamente grato.

A todos os funcionários do CSTR, pela disponibilidade e apoio durante estes anos de convivência, e em especial à Edinalva e Damião pela grande ajuda e amizade.

Ao Dr. Pierre Landolt, proprietário da Fazenda Tamanduá pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho e, ao PIBIC/CNPq/UFCG pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos da Engenharia Florestal, Rosimeire, Cauê, Márcio, Rênio, Petley, Romário, Tatiane, Debora, Chicão, Cicélia, Aminthas, Séfora, Têsson, Gláucia, Tânia, João Paulo, Alessandro, Itaragil, Inês, pela amizade e companheirismo durante este trajeto.

Aos amigos da Veterinária, Valber, Diego, Alésio, Giuliana, Tereza, Izabele, Lulu, Abel, Lula, Valdir, Batatinha, Nilton, Mailson, Fernando, José Mathias, Márcio, Otacílio.

A TODOS, MEU MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

| | Páginas |
|---|---------|
| LISTA DE FIGURAS | i |
| LISTA DE QUADROS | ii |
| RESUMO | iii |
| ABSTRACT | iv |
| 1.INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas naturais | 3 |
| 2.2. Deposição de serrapilheira | 5 |
| 2.3. Decomposição da serrapilheira | 6 |
| 2.4. Atividade microbiana | 9 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 11 |
| 3.1. Área experimental | 11 |
| 3.2. Produção de serrapilheira | 11 |
| 3.3. Estimativa da taxa de decomposição da serrapilheira | 12 |
| 3.4. Avaliação da atividade microbiana através da respiração edáfica no campo | 12 |
| 3.5. Determinação da umidade e temperatura do solo | 13 |
| 3.6. Delineamento Experimental | 14 |
| 3.7. Temperatura do solo | 14 |
| 3.8. Conteúdo de água no solo e dados pluviométricos | 15 |
| 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 4.1. Deposição da serrapilheira | 18 |
| 4.2. Decomposição da serrapilheira | 21 |
| 4.3. Atividade microbiana | 23 |
| 5. CONCLUSÕES | 26 |
| 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. | 27 |

LISTA DE FIGURAS

| | Paginas |
|---|---------|
| Figura 1. Médias das temperaturas do solo na superfície (A), e a 15cm de profundidade(B), em diferentes períodos, por ocasião da coleta da serrapilheira | 14 |
| Figura 2. Caixa coletora (A), sacola de náilon com serrapilheira (B) e cobertura do recipiente contendo a solução de KOH, para a determinação da atividade microbiana (C). | 17 |
| Figura 3. Serrapilheira acumulada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), das frações folha, galhos, estrutura reprodutiva e miscelânea no final do período de avaliação | 18 |
| Figura 4. Serrapilheira acumulada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), das frações folhas, galhos, estrutura reprodutiva e miscelânea mensalmente, (outubro/2003 a junho/2004). | 19 |
| Figura 5. Valores médios do material depositado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), durante todo período de avaliação. | 20 |
| Figura 6. Serrapilheira remanescente (%) em função do tempo para cada período estudado. | 22 |
| Figura 7. Média da produção de CO_2 ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), durante o período de avaliação. | 24 |
| Figura 8. Evolução do CO_2 ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) nos turnos diurno e noturno, em função do tempo. | 25 |

LISTA DE TABELAS

| | Paginas |
|---|---------|
| Tabela 1. Pluviosidade (mm) e conteúdo de água no solo (%) durante o período experimental | 15 |
| Tabela 2. Médias de produção total de CO ₂ (mg. m ⁻² h ⁻¹) nos turnos diurno e noturno | 23 |

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição e decomposição do material orgânico e a atividade microbiana do solo. O experimento foi conduzido entre setembro/2003 e Junho/2004 na RPPN na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha (PB), para estimar a serrapilheira produzida. Foram utilizados 20 coletores de 1,0 m x 1,0 m, com fundo de tela de náilon a 30,0 cm do solo. O material recolhido foi separado em frações, secos em estufa, depois pesados para determinar a biomassa seca. Para a decomposição da serrapilheira o material foi acondicionado em sacolas de náilon de 20 cm x 20 cm, malha de 1 mm², com 30g de serrapilheira. As sacolas foram dispostas na superfície do solo e mensalmente, retiradas uma sacola de cada tratamento, na qual se avaliou a decomposição pelo método da pesagem. A atividade microbiana foi estimada utilizando-se soluções de KOH 0,5N, na qual absorve o CO₂ liberado do solo. Em seguida, essa solução foi titulada com HCl 0,1N. Após dez meses de coleta depositaram na caatinga 899,2 kg ha⁻¹ de matéria orgânica, enquanto sendo 505 kg ha⁻¹ de folhas, 257,4 kg ha⁻¹ de galhos, 22,5 kg ha⁻¹ de miscelânea, 114,3 kg ha⁻¹ de estruturas reprodutivas. A análise de interpretação dos dados permitiu concluir que a atividade microbiana foi influenciada pela precipitação, sendo maior à noite; a deposição de serrapilheira foi maior após o término do período chuvoso, tendo a fração folhas contribuída com o maior percentual e, o período experimental não foi suficiente para a decomposição total da serrapilheira.

ABSTRACT

The present study had as objective to evaluate the deposition and decomposition of the organic material and the microbial activity of the soil. The experiment was carried in the september/2003 to June/2004 in RPPN Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha (PB). The quantification of the litter production was accomplished through ten monthly collections in 20 collectors of 1m². The picked up material was separated in fractions, dry and weighed to determine the biomass. For the study of decomposition, 30g of litter was conditioned in bags of nylon of 20 cm x 20 cm. The bags were disposed in the soil surface and, monthly, was removed one bag of each treatment, where the decomposition was evaluated. The microbial activity was estimated using a device being used KOH 0,5N solutions, in which absorbs CO₂ liberated of the soil. This solution was titrated with HCl 0,1N solution. After ten months of collection the caatinga deposited 899,2 kg ha⁻¹ of deciduous materials, being 505 kg ha⁻¹ of the whole trees caatinga leaves, 257,4 kg ha⁻¹ of branches and bark, 22,5 kg ha⁻¹ of miscellany and 114,3 Kg ha⁻¹ of reproductive structure. The microbial activity, influenced by the precipitation, was higher at night; the litter deposition was higher after the end of the rainy period, the fraction leaves contrary to others, and the experimental period was not enough for the total decomposition of the litter.

1. INTRODUÇÃO

A caatinga constitui-se na cobertura vegetal típica do semi-árido nordestino. Em tupi, caatinga significa mata aberta, clara, cinza. É uma mistura de ervas, arbustos e árvores de pequeno porte, de folhas caducas e pequenas, tortuosas, espinhentas e de elevada resistência às secas. Nas caatingas também são encontradas algumas espécies arbóreas e arbustivas de folhas perenes (Mendes, 1992).

Em uma comunidade florestal existe uma interação intensa entre a vegetação e o solo que ela ocupa, que se expressa no processo cíclico de entrada e saída de matéria do solo: a ciclagem de nutrientes minerais (Queiroz, 1999). Neste contexto, a serrapilheira depositada sobre o solo das florestas tem papel fundamental na dinâmica desses ecossistemas, fornecendo bases para um manejo adequado e para a avaliação de impactos decorrentes da atividade antrópica (César, 1991).

A ciclagem de nutrientes em florestas pode ser analisada através da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, através da produção de serrapilheira, sua decomposição, lixiviação e outros.

O estudo qualitativo e quantitativo da serrapilheira é importante para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas florestais. De acordo com César (1991) a qualidade do sítio florestal é a soma total de todos os fatores que afetam a capacidade produtiva do local, incluindo os fatores climáticos, edáficos e biológicos.

Cada ecossistema tem sua forma característica de armazenar e de reciclar os nutrientes entre seus compartimentos. (Poggiani, 1992). Segundo este autor, ao se estudar a ciclagem de nutrientes em floresta natural é necessário, antes de tudo, localizá-la do ponto de vista geográfico e climático. Sabe-se que a forma e a velocidade de ciclagem dos nutrientes estão intimamente ligadas às condições climáticas e fenológicas. De acordo com Bray e Gorhan

(1974), a quantidade de material depositado ao longo de um ano, em um determinado ecossistema, está relacionada principalmente com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas.

O presente trabalho teve os seguintes objetivos:

- a) estimar a deposição ao solo do material orgânico;
- b) verificar a taxa de decomposição da serrapilheira nas diferentes épocas do ano;
- c) avaliar a atividade microbiana no bioma caatinga através da medição da atividade microbiana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas naturais

A ciclagem de nutrientes refere-se à transferência dos minerais acumulados na biomassa vegetal para o solo, adicionados, principalmente, através da queda de resíduos da parte aérea que irá formar a serrapilheira e de sua posterior decomposição, sendo reabsorvidos pela planta ou por outros organismos do sistema (Barbosa, 2000).

O processo de ciclagem de nutrientes, que envolve a produção, decomposição e liberação de nutrientes da liteira, está diretamente relacionado à dinâmica da própria serrapilheira, que é constituída, basicamente, por folhas, flores, frutos, cascas e galhos. A adição e decomposição desses restos vegetais e animais sob a atuação do clima e dos organismos presentes no solo exercem grande influência; no ambiente e são considerados elementos chaves na manutenção da qualidade do ecossistema (Andrade et al, 1999).

A ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal é um processo dinâmico e contínuo, envolvendo transformações químicas, geológicas e biológicas através das quais a matéria orgânica do solo e sua reserva de nutrientes são supridas e mantidas. O ciclo não é fechado os nutrientes são adicionados ou perdidos no solo e no ecossistema. Perdas no ciclo ocorrem pela lixiviação, volatilização e processos similares. A necessidade de se alcançar um certo nível de equilíbrio nesta troca contínua é que torna importante o conhecimento das características do ciclo para o manejo de solos florestais (Dantas, 1994).

O estudo da ciclagem de nutrientes minerais, via serrapilheira, é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais. Parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal se dá através da produção de

serapilheira, sendo esta considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (Pagano e Durigan, 2000).

O desequilíbrio na ciclagem de nutrientes reduz a agregação do solo, principalmente em função das sucessivas perturbações causadas pelo cultivo do solo e da redução dos agentes ligantes orgânicos. As principais conseqüências sobre as propriedades físicas do solo estão relacionadas ao aumento do processo de erosão, diminuição da infiltração e retenção de água, redução da aeração e aumento da temperatura nas camadas superficiais do solo. A interação desses fatores condicionará uma diminuição na fertilidade do solo (Vitousek e Sanford, 1986).

O padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos úmidos é diferente do padrão de áreas temperadas. Nas regiões frias, grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes permanece predominantemente no solo e sedimentos, enquanto que, nos trópicos, na biomassa, sendo reciclada dentro das estruturas orgânicas do sistema. Além disso, a taxa de ciclagem, ou seja, a velocidade com que os nutrientes se movimentam entre e dentro dos compartimentos, é muito mais rápida em floresta tropical (Odum, 1988).

Em regiões tropicais, a matéria orgânica do solo (MOS) exerce função importante na ciclagem de nutrientes. Os produtos de decomposição da matéria orgânica favorecem as interações com a matriz do solo, principalmente com as argilas e, em solos ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica, são importantes para a retenção de nutrientes (Anderson e Spencer, 1991). As maiores contribuições para a MOS são dadas pela liteira produzida pela parte aérea da vegetação e pelas raízes e seus exudatos.

A ciclagem de nutrientes em florestas nativas para Poggiani e Schumacher (2000) é um processo determinante para o equilíbrio ecológico de florestas naturais e das plantações florestais de espécies nativas.

2.2. Deposição de serrapilheira

Aspectos relacionados ao fluxo de deposição de serrapilheira, as interações do processo com parâmetros climáticos e edáficos e ciclagem de nutrientes das espécies mais importantes da caatinga não foram ainda estudados, apesar da importância do assunto em relação a este tipo de vegetação, principalmente no que se refere às condições físicas do solo, como a melhoria da estrutura, retenção de água, aumento da aeração e redução do processo erosivo (Santana, 2005).

Existem poucas informações disponíveis sobre a produção de serrapilheira na caatinga, tanto é que Sampaio (1996), baseado apenas em dados da densidade de indivíduos usualmente observada nas áreas consideradas como caatingas nativas, estimou que a massa de serrapilheira do bioma não deveria ser elevada, atingindo o máximo de $3 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Em área remanescente de caatinga no agreste paraibano, Dantas (2003) observou que a queda de folheto é extremamente variável entre os anos, sendo de 5.336 e 3.882 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ em coletores de terra nua e plástico, respectivamente, enquanto no segundo ano os valores foram de 2.930 em terra nua e 2.772 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ no coletor plástico com a queda na produção sendo atribuída à redução da precipitação no segundo ano do levantamento.

Segundo Swift et al. (1979), o funcionamento de todo ecossistema está baseado na integração de três subsistemas: planta, herbívoro e decomponente, e a integridade do ecossistema é mantida pela contínua transferência de matéria e de energia entre esses três componentes. Em todos os ecossistemas clímax, parte importante da produtividade primária é representada pela serrapilheira.

A serrapilheira é formada pelo material orgânico encontrado na superfície do solo das florestas, composto por uma fração de galhos secos e folhas. A decomposição é uma das

principais transferências de nutrientes, constituindo um processo de fertilização natural, bem como sua ciclagem e conteúdo (Tertuliano et al., 1997).

Nos trópicos, a concentração de nutrientes presente na biomassa é função de vários fatores, como a composição de espécies e a fertilidade do solo (Vitousek e Stanford, 1986).

Segundo Salas (1987), os estudos da serrapilheira incluem as seguintes partes: (a) quantidade de resíduos vegetais incorporados via serrapilheira; (b) composição química; (c) processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica; e (d) liberação de gases (CO₂) e bioelementos.

2.3. Decomposição da serrapilheira

Estudos sobre a dinâmica da serrapilheira possibilitam estimar a produtividade do ecossistema, fornecem informações sobre a taxa de decomposição do material decíduo, permitem quantificar o teor de nutrientes que retoman ao solo e dão também importantes informações sobre o ciclo fenológico das plantas (Proctor et. al, 1983).

A degradação da serrapilheira é um processo contínuo, podendo iniciar-se antes mesmo do material atingir o solo. Algumas folhas verdes podem abrigar, ainda na própria árvore, microrganismos e insetos que já dão início ao processo de decompositor. As folhas também liberam continuamente, de acordo com idade e o estado fitossanitário, carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos e, sobretudo, potássio. Assim, podem ser considerados as seguintes etapas no processo de decomposição: lavagem de compostos hidrossolúveis e colonização microbiana na parte aérea; ataque da fauna edáfica e de microrganismos, com fragmentação, transporte, mistura e biodegradação do material e por último a transformação húmica e mineral (Gonzalez e Gallardo, 1982).

Sob as mesmas condições climáticas, a velocidade de decomposição pode variar de acordo com a porcentagem de lignina, polifenóis, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, entre outros componentes. A relação entre (algumas dessas substâncias têm sido usadas para explicar diferenças entre a velocidade de decomposição de materiais orgânicos, principalmente a relação C/N (Swift et al., 1979).

A dinâmica do processo de decomposição depende, dentre outros fatores, das características de cada componente da serrapilheira, tais como: teor de lignina e nutrientes, resistência, componentes secundários, massa e tamanho do material (Haag, 1985). Dos componentes da serrapilheira, as folhas em geral estão em maior proporção de massa e volume, além de apresentarem maior taxa de decomposição (Fassbender, 1993), porém existem também frações de difícil decomposição, com muitas estruturas lignificadas, que representam em torno de 30 a 40% (Anderson e Swift, 1983).

Uma série de fatores e suas interações exercem influência na velocidade de decomposição, principalmente a umidade do solo, a temperatura do ambiente, a composição química da serrapilheira, o estado nutricional do solo e as características da biota do solo (Reynolds e Hunter, 2001).

O processo de decomposição, através do qual os nutrientes essenciais tomam-se disponíveis às plantas, é uma importante parte do ciclo de nutrientes e desempenha importante papel no funcionamento dos ecossistemas, sendo considerado tão importante como o processo de fotossíntese (Heal et al. 1997).

A degradação dos detritos vegetais e animais no solo é fundamental para o ecossistema, onde o carbono é reciclado para a atmosfera como dióxido de carbono, o nitrogênio se torna disponível como amônio e nitrato, e os demais nutrientes associados (fósforo, enxofre e vários outros nutrientes) assumem formas inorgânicas e podem então ser assimilados pelas plantas (Stevenson e Cole, 1999).

Os principais mecanismos responsáveis pela transferência dos nutrientes da biomassa de espécies arbóreas para o solo são a lavagem da vegetação pela chuva, que extrai substâncias minerais e orgânicas das estruturas da parte aérea, e a decomposição da biomassa morta, que inclui a serrapilheira, troncos e galhos caídos e raízes mortas (Gonzalez e Gallardo, 1986). O mecanismo de decomposição é regulado principalmente por três grupos de variáveis: a natureza da comunidade decompositora (os macro e microorganismos), as características do material orgânico que determinam sua degradabilidade (a qualidade do material) e as condições do ambiente (Aber e Melilo, 1991). Assim, o conhecimento da estrutura de tais comunidades pode ser utilizado como indicador do funcionamento do subsistema do solo, fornecendo informações sobre o grau de degradação ou recuperação do mesmo (Lavelle e Kohlmann, 1984).

A matéria orgânica no solo apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos (Camargo et al., 1999).

Segundo Paul e Clark Os resíduos vegetais são constituído por amido, celulose e hemicelulose, alguns com função estrutural e outros, de reserva. As plantas contêm 15 a 60% de celulose, 10 a 30% de hemicelulose, 5 a 30% de lignina e 2 a 15% de proteínas. As substâncias solúveis, tais como açúcares, aminoaçúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos podem corresponder 10% do peso de matéria seco, são rapidamente removidos dos resíduos e facilmente utilizados pelos organismos do solo.

2.4. Atividade microbiana

A respiração edáfica pode ser definida como o desprendimento do CO₂ pela superfície do solo e é oriunda de pelo menos três fontes metabólicas: a respiração microbiana, respiração das raízes. As práticas que contribuem para a adição ou remoção de material vegetal do solo provocam alterações na biomassa microbiana, as quais podem ser avaliadas pelos quantitativos de gás carbônico produzido. Desta forma, a respiração edáfica também pode ser utilizada para se documentar mudanças na dinâmica do carbono do solo em áreas desmatada e cultivada (Matter et al., 1999).

As análises de CO₂ são muito importante para o estudo dos solos envolvendo a atividade biológica, material orgânico em decomposição, a quantidade de biomassa microbiana e a determinação do conteúdo de carbonato. Métodos baseados na absorção de CO₂ usando solução alcali ou na forma sólida são comumente usados em laboratório e em estudos de campo, onde mostra grande sensibilidade acima do solo e é econômico. O CO₂ total absorvido pela solução pode ser estimado pelos métodos gravimétricos, condutimétrico, manométrico, litrimétrico e potenciométrico Silva et al. (2001).

Grisi (1978) afirma que há relação linear e positiva entre a emissão do CO₂ e a imobilização de nutrientes do solo, ou seja, oriundos da matéria orgânica em decomposição. Ainda de acordo com o autor, a diminuição da respiração dos microorganismos do solo indica uma correspondente remineralização, ou seja, os minerais anteriormente imobilizados são liberados; isto ocorre após a morte dos microorganismos. Diante disso, pode-se inferir que a taxa de emissão do CO₂ de respiração edáfica é indicadora da dinâmica da ciclagem dos nutrientes no ecossistema.

A atividade da biomassa microbiana do solo é freqüentemente quantificada em termos metabólicos, através de indicadores como o CO_2 emanado para a atmosfera. Atualmente, considerando a importância dos atributos biológicos para os processos que ocorrem no solo, tem se destinado crescente atenção à atividade microbiana, pelo fato da mesma representar excelente indicador da qualidade e das alterações ocorridas no solo em função das diferentes práticas agrícolas e sistemas de manejo, podendo os estudos dessa natureza fornecer subsídios importantes para orientar o planejamento correto da utilização do solo (D'Andréa et al., 2002).

Silvola et al. (1996) relatam que a respiração do solo, tradicionalmente, é utilizada como indicador da atividade biológica do solo por ser uma medida simples. Porém, sua interpretação ecológica pode ser um pouco mais complexa, visto que, a ocorrência de CO_2 está relacionada à presença de produtores primários e consumidores, atuando em diversos estágios, além de decompositores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área experimental

O experimento foi conduzido na Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN), abrangendo uma área de 325ha e não é explorado há mais de 25 anos, sendo caracterizado como caatinga arbustiva arbórea fechada. Situada na Fazenda Tamanduá, no município de Santa Terezinha (PB), distante 18Km da cidade de Patos. A condução do experimento foi no período compreendido entre setembro/ 2003 e Junho/2004.

O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo BSh, semi-árido. De acordo com Araújo(2000), se caracteriza por uma estação seca e outra chuvosa, com precipitações médias anuais em torno de 600mm, e início da estação seca em maio, podendo se estender até janeiro. Predomina na região um solo classificado por Neossolo litólico que se caracteriza pelo afloramento de rochas e topografia com fortes ondulações, apresentando serrotes.

3.2. Produção de Serrapilheira

Para estimar a quantidade de serrapilheira produzida na área de estudo, foram realizadas coletas mensais, durante 10 meses.

As coletas foram realizadas através de caixas de madeiras com dimensões de 1,00 m x 1,00 m x 0,15cm, com fundo de tela de náilon tipo sombrite, com 1,0 mm² de malha, a 30,0 cm de altura do solo, distribuindo-se, aleatoriamente, uma caixa por parcela. A distribuição dos coletores obedecem a orientação dos transectos, devidamente enumerados.

O material recolhido nas caixas coletoras (serrapilheira) foi embalado em sacos de papel e numerados de acordo com a numeração dos coletores. Em laboratório, esse material

foi separada nas frações, folha (folíolo e pecíolo), galhos (parte lenhosa), miscelânea (material vegetal que não pode ser identificada e material de origem animal), estrutura reprodutivos (flores, frutos e sementes).

Depois de separados, essas frações foram colocadas em sacos de papel e levados à estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, até atingirem peso constante, sendo posteriormente pesadas em balanças com 0,01g de precisão, para a obtenção da biomassa seca. A partir destes dados foram estimados as médias mensais e anuais de serrapilheira produzida pela caatinga, ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), e a percentagem de cada uma das frações.

3.3. Estimativa da taxa de decomposição da serrapilheira

Na avaliação da decomposição da serrapilheira foi coletada a manta orgânica existente no solo. O material foi seco em estufa a 70° C, pesados cerca de 30,0g e acondicionado em sacolas de náilon (litterbags) medindo 20,0cm x 20,0cm, confeccionado com tela 1,0 mm².

Foram distribuído 10 litterbags na superfície do solo, em cada parcela experimental, totalizando 200 litterbags, sendo retirada uma sacola de cada tratamento a cada mês.

O material foi retirado da sacola, limpo para retirada do excesso de terra e, em seguida, seco em estufa a 70° C. Depois de seco foi pesado, estimando-se assim, a taxa de decomposição desse material.

3.4. Avaliação da atividade microbiana através da respiração edáfica no campo.

A atividade microbiana foi determinado pelo método de Grisi (1978), segundo o qual o CO₂ é absorvido pelo KOH da solução coletora e a titulação, segundo Morita e Assumpção(1993), usando o fenolftaleína e o alaranjado de metila.

Determinou-se, mensalmente, atividade microbiana, durante 24 horas, ao longo dos transectos demarcados nas parcelas experimentais. Para isso foram utilizados 9 (nove) recipientes de vidro, contendo em cada vidro 10ml da solução de KOH 0,5 N.

Os recipientes contendo a solução de KOH foram cobertos com baldes de plástico com capacidade para 7,5 L. Em formato cilíndrico, com 255,5 cm de diâmetro e 26,0 cm de altura, com área de 510,70 cm², sendo as bordas enterradas cerca de 3,0 cm no solo, para evitar as trocas gasosas com a atmosfera.

Durante o período do ensaio, foi mantido um controle ou testemunho, constituído de um frasco contendo 10,0 ml de KOH 0,5 N, sendo este hermeticamente fechado.

As amostras foram coletadas, mensalmente, em intervalos de 12 horas, correspondendo ao período diurno (7:00 às 19:00 h) e, de (19:00 às 7:00 h), o período noturno. Após o período de 12 horas, as soluções das amostras do experimento foram transportadas para o Laboratório, de Análises de Solo e Água do Departamento de Engenharia Florestal/CSTR/UFCG, para a titulações com HCl 0,1 N.

3.5. Determinação da umidade e temperatura do solo

A medição da temperatura do solo foi realizada mensalmente nas seguintes situações: na superfície e a 15,0 cm de profundidade, objetivando avaliar a influência da temperatura na atividade dos organismos existentes no solo, o instrumento utilizado para medir a temperatura foi um termômetro digital.

Mensalmente também será avaliada a umidade do solo, sendo coletadas amostras de solo aleatoriamente nas parcelas experimentais, em recipiente de peso conhecido. As amostras foram pesadas, colocadas em estufa a 105^oC até peso constante e, posteriormente pesadas.

3.6. Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

3.7. Temperatura do solo

A temperatura do solo, medida durante a fase experimental, às 7h e às 19h, na superfície (A) e a 15cm de profundidade(B) encontra-se representado na figura 1.

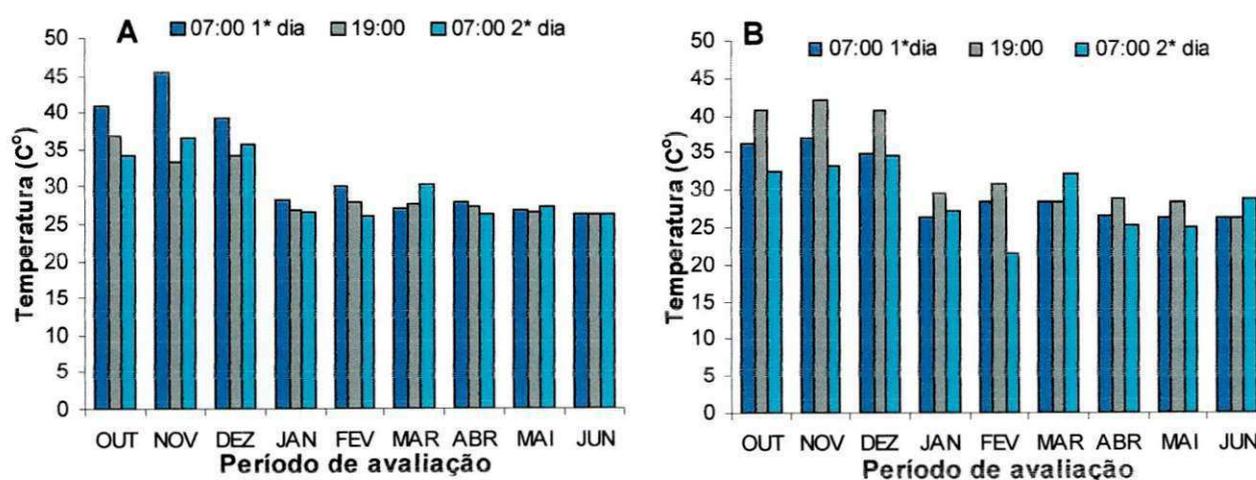


Figura 1. Médias das temperaturas do solo na superfície (A), e a 15cm de profundidade(B), em diferentes períodos, por ocasião da coleta da serrapilheira.

Observa-se que as temperaturas do solo obtidas às 19:00h foram, em geral, superiores as observadas as 07:00h, quando medidas a 15cm de profundidade (Figura 1B), o que pode ser atribuído ao acúmulo de calor no solo durante o dia, refletindo temperaturas superiores as 19:00h. Já na superfície (Figura 1A), as maiores temperaturas ocorreram as 07:00h, o que pode ser atribuído ao resfriamento do solo durante a noite, e a superfície do solo está exposta

as primeiras fontes de calor do dia. Dados semelhantes aos encontrados foram observados por Maia et al. (2000), Silva et al. (2001) e Alves et al. (2003) desenvolvendo trabalhos em Patos (PB).

3.9. Conteúdo de água e pluviosidade da área experimental

Na tabela 1, são apresentados os valores (%), do conteúdo de água no solo no período estudado. Observa-se que nos meses de Outubro a Dezembro as amostras de solo apresentaram valores muito baixos, aumentando em Janeiro até Abril, voltando a diminuir em Maio e Junho, aumento este que pode ser atribuído as maiores precipitações ocorridas nesses meses.

Ainda no tabela 1, visualiza-se os dados de pluviosidade (mm) mensal no período estudado, tendo-se verificado um total de 805,5 mm, sendo o mês de Janeiro o mais chuvoso com a precipitação mensal de 395,0 e os meses de Outubro e Novembro não ocorrido precipitação.

Tabela 1. Pluviosidade (mm) e conteúdo de água (%) durante o período experimental.

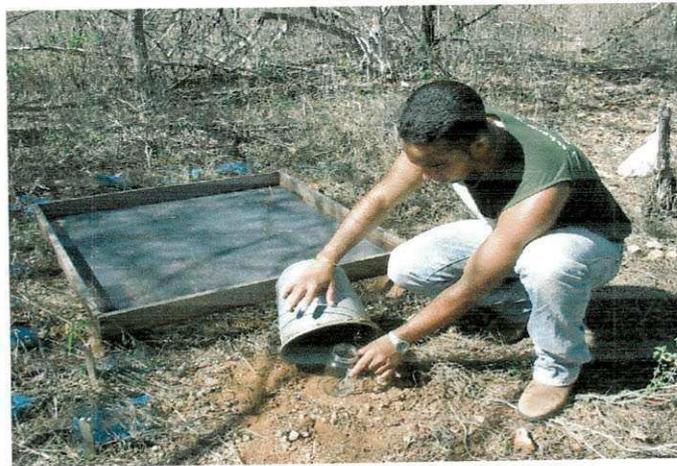
| Período | Pluviosidade | Conteúdo de água * |
|----------------|---------------------|---------------------------|
| Outubro/03 | 0,0 | 0,76 |
| Novembro/03 | 0,0 | 1,21 |
| Dezembro/03 | 33,0 | 0,99 |
| Janeiro/04 | 395,0 | 21,20 |
| Fevereiro/04 | 150,2 | 8,41 |
| Março/04 | 31,9 | 4,17 |
| Abril/04 | 147,0 | 12,30 |
| Maio/04 | 4,2 | 2,98 |
| Junho/04 | 44,2 | 8,77 |
| Total | 805,5 | |



A



B



C

Figura 2. Caixa coletora (A), sacola de náilon com serrapilheira (B) e cobertura do recipiente contendo a solução de KOH, para a determinação da atividade microbiana (C).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Deposição da serrapilheira

A análise dos dados mostrou diferenças entre as médias de deposição por frações, a quantidade de folha depositada foi superior à quantidade de galhos e esta, superior à quantidade de estrutura reprodutiva e miscelânea, que não diferiram entre si (Figura 3). Estes valores correspondem a 56,16%; 28,62%; 12,71%; 2,51%, respectivamente. Concluindo que durante todo o período estudado foi produzido um total de 899,2 kg.ha⁻¹ de serrapilheira na área, o equivalente a 100% do material produzido.

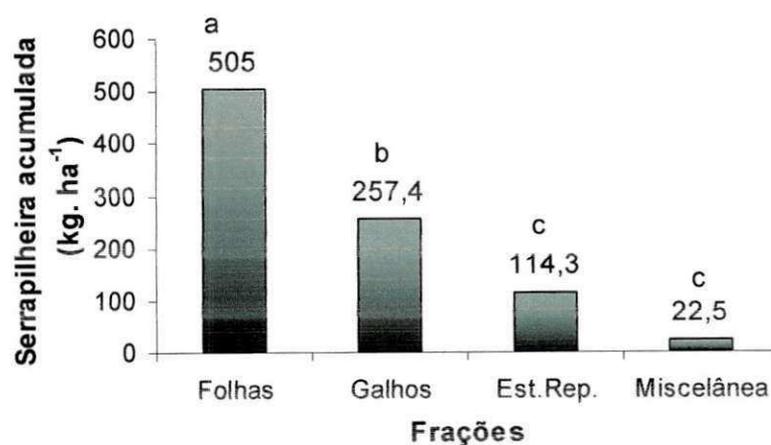


Figura 3. Serrapilheira acumulada (kg.ha⁻¹), das frações folha, galhos, estrutura reprodutiva e miscelânea no final do período de avaliação. Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A deposição da serrapilheira corresponde a uma das etapas mais importantes da ciclagem de nutrientes em um bioma. O seu acúmulo na superfície do solo é regulado pela quantidade de material e taxa de decomposição.

Na figura 4, encontram-se os valores da deposição mensal das frações folhas, galhos, estruturas reprodutivas e miscelânea durante todo o período de avaliação.

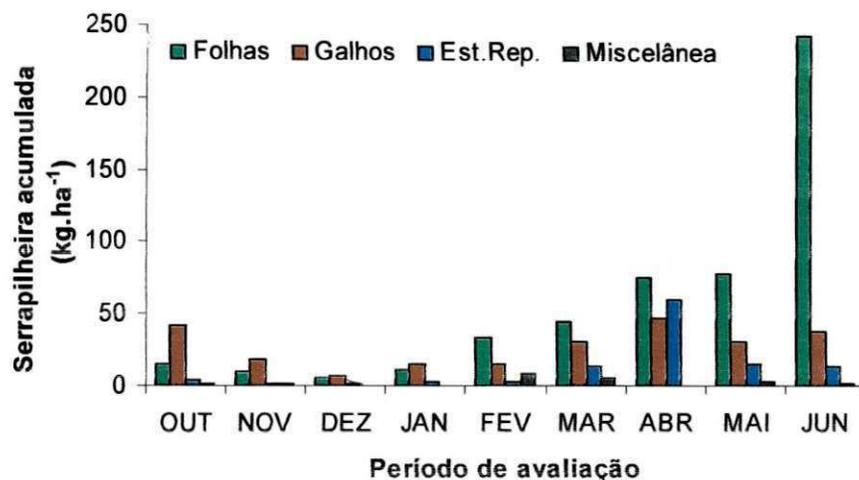


Figura 4. Serrapilheira acumulada (kg.ha^{-1}), das frações folhas, galhos, estrutura reprodutiva e miscelânea mensalmente, (outubro/2003 a junho/2004).

A partir do mês de fevereiro/2004 a junho/2004 ocorreu uma grande deposição de folhas devido aos períodos chuvosos (Tabela 1), tendo a maior deposição da fração folha ocorrido no mês de junho ($244,1 \text{ Kg.ha}^{-1}$). Estes dados corroboram com os obtidos por Tertuliano et al. (1998), desenvolvendo trabalho na Estação Ecológica do Seridó, em Serra Negra (RN).

Esta maior deposição no mês de junho está relacionada com uma resposta da vegetação ao agravamento do estresse hídrico sendo determinado a queda de folhas, medida preventiva à alta perda de água por transpiração, estratégia utilizada pelas espécies da caatinga.

Observa-se, ainda, na figura 4 que a fração galhos superou as demais frações nos meses de Outubro/2003 a Janeiro/2004. Devido provavelmente a baixa precipitação e aos ventos.

Os valores médios da serrapilheira depositada mensalmente encontram-se na figura 5. Observa-se que houve diferença entre estas, ao longo do período estudado.

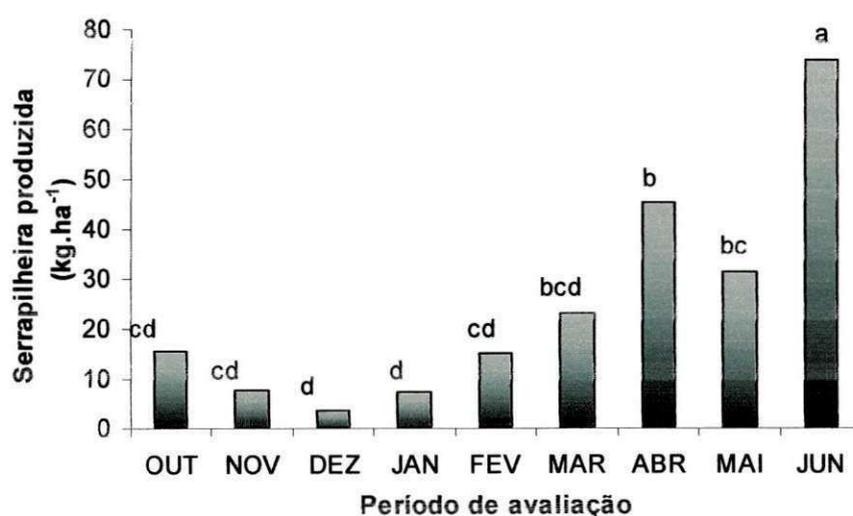


Figura 5. Valores médios da serrapilheira depositado (kg.ha⁻¹), durante todo período de avaliação, (Outubro/03 a Junho/04). Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Nota-se na figura 5 que o pico de deposição de serrapilheira ocorreu no mês de Junho/2004, entretanto, entre os meses de Outubro/2003 a Março /2004 não ocorreu diferença quanto à produção de serrapilheira. No entanto, pode-se inferir que, à medida que aumentou o período de estiagem (Outubro e diante) começa a ocorrer uma produção menor de serrapilheira.

A sazonalidade observada na figura 5 mostra a importância de se estudar o ciclo hidrológico no bioma caatinga. Observa-se na referida figura que, nos meses de outubro, novembro e dezembro a serrapilheira produzida é bastante baixa. A maior contribuição é dada pela fração galhos, (figura 4), devidos, provavelmente a forte ação dos ventos neste período, visto que, como a maioria das espécies ocorrente na caatinga apresenta caducifolia, pouco ou nenhuma folha se encontra na vegetação.

4.2. Decomposição da serrapilheira

A decomposição da serrapilheira corresponde a uma das etapas mais importante da ciclagem de nutrientes em um bioma. O seu acúmulo na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição. Quanto maior o aporte da serrapilheira e quanto menor a sua velocidade de decomposição, maior será a camada de serrapilheira acumulada Haag (1985).

Toledo (2003) afirma que é de grande importância a compreensão dos mecanismos que regulam esse processo dinâmico, onde a entrada de material através da deposição e a “saída” ou transformação via decomposição, acontecem quase simultaneamente.

Observa-se, na figura 6, que a taxa de decomposição da serrapilheira, representada pela serrapilheira remanescente (%), nos meses de outubro, novembro e dezembro/2003 foi muito baixa, devido provavelmente, à ausência de chuvas ou baixa precipitação ocorrida nesse período. (Tabela 1).

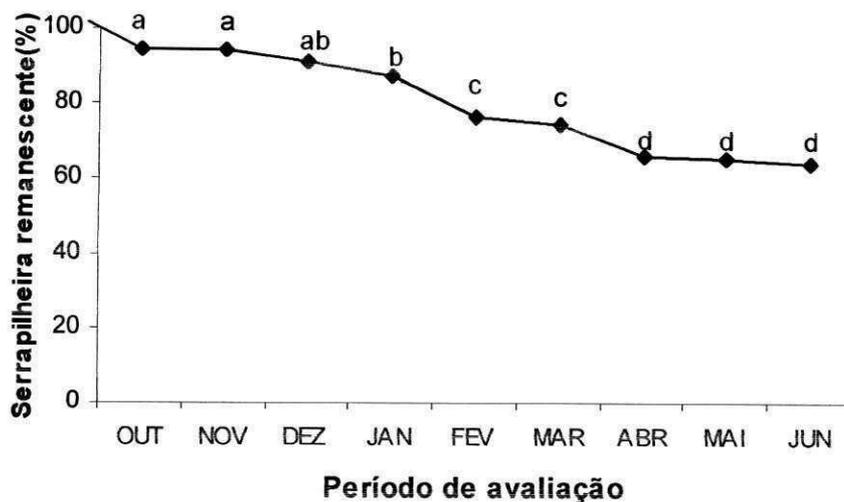


Figura 6. Serrapilheira remanescente (%) em função do tempo em cada período estudado, (Outubro/03 a Junho/04). Médias seguídas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Entretanto a partir de janeiro/2004 houve maior taxa de decomposição da serrapilheira visualizadas, principalmente, pela maior inflexão da curva. Esta maior taxa de decomposição pode ser atribuída às condições favoráveis de conteúdo de água no solo, visto que, nos meses de janeiro, fevereiro e abril ocorreram as maiores pluviosidade (395.0, 150.2 e 147.0 mm, respectivamente), contudo, no final do período 65% da serrapilheira ainda não haviam sido decompostas.

4.3. Atividade microbiana

A produção média de CO₂ resultante da atividade microbiana nos turnos diurno e noturno, por ocasião da condução do experimento é mostrado no Tabela 2.

Tabela 2. Médias de produção total de CO₂ (mg. m⁻².h⁻¹), nos turnos diurno e noturno.

| Turnos | Produção de CO ₂ (mg. m ⁻² .h ⁻¹) |
|---------|---|
| Noturno | 239,56 a* |
| Diurno | 189,49 b |

*Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Observa-se na tabela 2, que houve diferença na produção de CO₂ entre os turnos diurno e noturno, sendo maior no turno noturno. Resultados semelhantes encontrados por Maia et al. (2000), Silva et al. (2001) e Alves et al. (2003) ao estudar a atividade microbiana através da medição da respiração edáfica no município de Patos (PB).

Na figura 7, são observados os valores médios da produção de CO₂ nos diferentes meses, resultante das observações obtidas durante todo período de avaliação. Verifica-se que as maiores produções de CO₂ ocorreram nos meses de janeiro a abril, sendo esta superior à observada nos demais meses, coincidindo com as maiores precipitações (tabela 1).

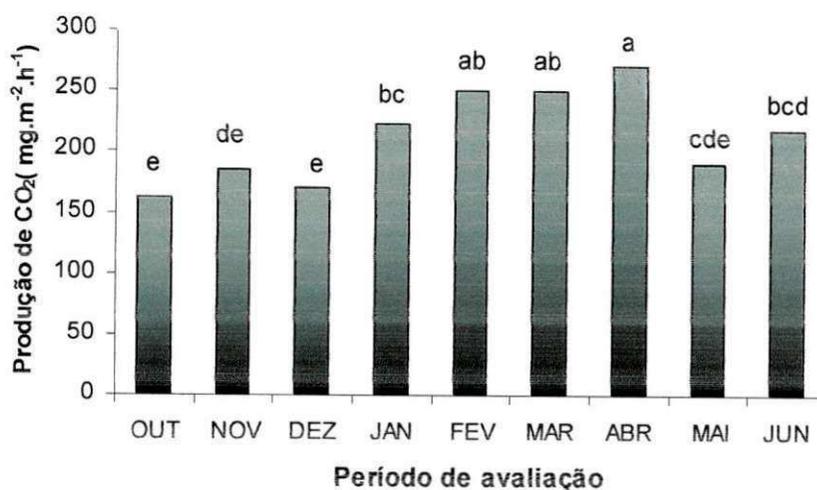


Figura 7. Média da produção de CO₂ (mg. m⁻².h⁻¹), durante o período de avaliação,(Outubro/03 a Junho/04). Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se que, no presente trabalho, a maior liberação de CO₂ está diretamente relacionada com os períodos de maiores precipitações, onde esse resultado pode ser atribuído ao conteúdo de água no solo que favoreceu neste período, a maior atividade microbiana. Para Souto et al. (2000) a taxa de CO₂ resultante da respiração edáfica é indicadora da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas.

A produção de CO₂ medida mensalmente, resultante da atividade microbiana nos turnos diurno e noturno é visualizada na figura 8. Observa-se que a produção média de CO₂ no turno noturno foi sempre maior do que noturno diurno, o que pode ser explicado pelas altas temperaturas ocorrentes na caatinga, no período, podendo reduzir a atividade microbiana nas camadas superficiais do solo.

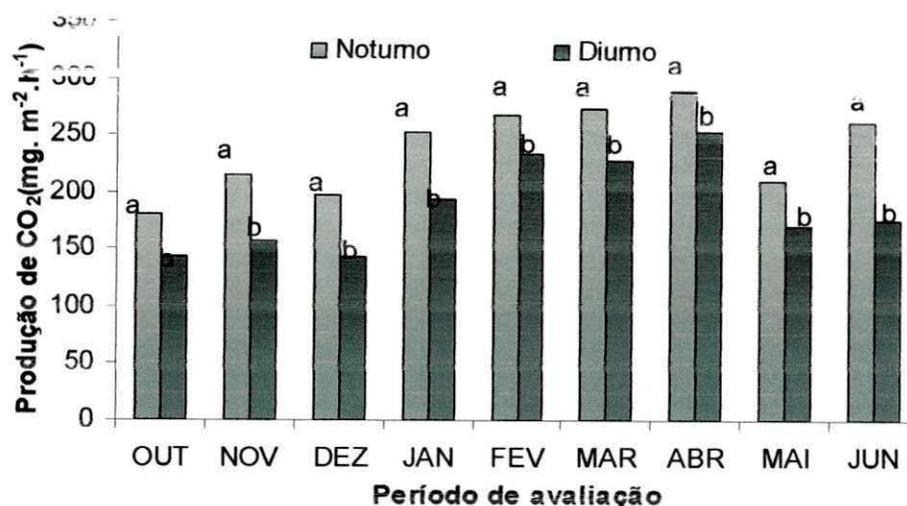


Figura 8. Evolução do CO_2 ($\text{mg. m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) nos turnos diurno e noturno, em função do tempo, (Outubro/03 a Junho/04), Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na figura 8, as maiores produções de CO_2 ocorreram no período compreendido entre janeiro e abril/2004, coincidindo com as maiores precipitações pluviométricas, na área experimental (tabela 1), Essa maior atividade microbiana, representada pela maior produção de CO_2 , também está diretamente relacionada com a umidade do solo, já citado anteriormente. O inverso pode ser constatado nos meses de Outubro/03 (0,0mm), novembro/03 (0,0mm) e dezembro/03 (33,0mm), onde praticamente não choveu e, a produção de CO_2 foi bastante baixa.

5. CONCLUSÕES

A análise e interpretação dos resultados permitiram concluir que:

- A atividade microbiana foi influenciada pela precipitação, sendo maior à noite;
- A deposição de serrapilheira foi maior após o término do período chuvoso, tendo a fração folhas contribuída com o maior percentual;
- O período experimental não foi suficiente para a decomposição total da serrapilheira.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. R.; RODRIGUES, C. R. F., SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAUJO, G. T. Decomposição de celulose e de serrapilheira em uma área de caatinga no município de Patos (PB)- serrapilheira. In: Encontro de iniciação científica da UFPB, 11, João Pessoa, 2003. **Anais...** João Pessoa, PRPG / UFPB, p.84 (V05. V05).
- ARAÚJO, L.V.C. de. **Levantamento Fitossociológico da Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Tamanduá – Santa Terezinha – Paraíba.** Patos, 2000. 37 p.
- ABER, J.D.; MELILO, J.M. **Terrestrial ecosystems.** Reinhart & Wintson, Inc. Orlando, FL. USA. 1991, 428p.
- ANDERSON, J.M.; SPENCER, T. **Carbon nutrient and water balances of tropical rain forest ecosystems subject to disturbance.** Paris, UNESCO. 95p. 1991.
- ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forest. In: SUTTON, S.L.; WHITMORE, T.C.; CHADWICK, A.C. (Eds). **Tropical rain forest ecology and management.** Oxford, Blackwell Scientific Publication, London, P.287-310, 1983.
- ANDRADE, A. G.; CABALLERO, S.S.U.; FARIA, S.M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.** Embrapa solos, 1999. 22p(documento 13).

BRAY, R.J.; GORHAN, E. Litter productions in forest of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p. 101-157, 1974.

CALEGARI, A; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. aspecto gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p.1-58.

CAMARGO, A. O. DE, SANTOS, G. A. DE GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e Substâncias Húmicas. In: SANTOS, G. A. CAMARGO, F. A. O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo de ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Ed. Genesis. 49p, 1999.

CAMPBELL, C.A. Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.V., ed. **Soil organic matter**. Amsterdam: Elsevier, 1978.p.173 –271.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuação na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira Ciências Solo**, v.14, p. 133 – 142, 1990.

CÉSAR, O. Produção de serrapilheira na mata mesófila semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi (SP). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrients dynamics Within Amazonia Forest ecosystems 1: Nutrient flux in fine litterfall and efficiency of nutrient utilization. **A ecologia**, n.68, n2, p.466-472,1986.

DANTAS, J.S. **Dinâmica da produção e decomposição de folhetos e ciclagem de nutrientes em um ecossistema de caatinga arbórea no agreste da Paraíba**. 2003. 32p. Monografia (Graduação). Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB.

DANTAS, S. de V. Precipitação e ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Floresta e Ambiente**, n. 1 , p. 116-122, 1994.

D'ANDRÉA, A. F; SILVA, M. L. N; CURI, N; SIQUEIRA, J. O; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira Ciências Solo**, Viçosa, n.26 p.913-923, 2002.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212p.

FASSEBENDER, H.W. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2o.ed. Turrialba, Costa Rica: **Centro Agronomico Tropical de investigación y Enseñanza**. 491p. 1993.

GERSPER, P. L.; HOLOWAYCHUK, N. Some effects of stemflow from forest canopy trees and chemical properties of soil. **Ecology**, v. 52, n. 4, p. 691-702, 1971.

GRISI, B. M. Método químico da medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos.

Ciência e Cultura, v. 30, n.1, p. 82-88, 1978.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida;**

tradução de Eurípidas Malavolta. São Paulo: EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

256p.

GOLLEY, F. B., MCGINNIS, J. T., CLEMENTES, R. G., et al. . **Ciclagem de minerais em**

um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo, E. P. U./ EDUSP, 1978. 256p.

GONZALEZ, M.I.M. ; GALLARDO, J.F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de**

Edafologia y Agrobiologia. p. 1130-1157, 1986.

GONZALEZ, M.I.M. ; GALLARDO, J.F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de**

Edafologia y Agrobiologia, v.41, n.5/6, p. 1129-1157, 1982.

LAVELLE, P. ; KOHLMANN, B. **Étude quantitative de la macrofaune du sol dans une**

forêt tropicale humide du Mexique (Bonampak, Chiapas). Pedobiologia, Jena, p.377-393,

1984.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutriente em florestas tropicais.** Campinas: Fundação Cargill,

1985, 114p.

HEAL, O.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. CAB international, p.3-30. 1997.

JOERGENSEN, R. G. ; KANDELER, E. ; MEYER, B. ; WOEHLER, V. microbial biomass and activity in silt and sand loams after longterm. **Soil and Tillage Research.**, v.49,n.1-2,p.93-104,1999.

MAIA, E. L.; SILVA, G. A.; SOUTO, J.S. et al. Decomposição da Celulose e da Serrapilheira em área de caatinga no Município de Patos (PB)- SERRAPILHEIRA. In: VIII ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB. **Resumos...** João Pessoa: UFPB, 2000, p. 138.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MATTER, U.F.; SILVA, M.S.; COSTA, L.A. DE M.; PELÁ, A.; SILVA, C.J. DA; DECARELI, L.; ZUCARELLI, C. Avaliação da biomassa microbiana em solo cultivado com três espécies de adubo verde de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. **Anais...** Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.

MAROTE, C. G. B.; VIDOR, C.; MENDES, N. G. Alterações na temperatura do solo pela cobertura morta e irrigação. **Revista Brasileira Ciências Solo**, Campinas, v.14p, p18-84,1990.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária – São Paulo. II – O papel da precipitação na importação e transferência de potássio e fósforo. **Boletim de Botânica**, v. 7, p. 61-67, 1979.

MENDES, B. V. O semi-árido brasileiro. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. único, edição especial, p.394-399, 1992.

MORAES, R.M. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata Atlântica a de encosta e mata sobre restinga, na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP: produção de serrapilheira e transferência de nutrientes**. São Paulo: USP, 1993. 151p. (Dissertação – Instituto de Biociências).

MORITA, T.; ASSUMPCÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1993. 629p.

NYE, P. H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical Forest. **Plant and Soil**, v. 13, n. 4, p. 333-346, 1961.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

LAGANO, S.N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000. p.109-123.

PARKER, G. G. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. In: MACFADYEN, A. ; FORD, E. D. **Advances in Ecological Research**, v. 13 , p. 57-133, 1983.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, micronutrientes.** John Wiley e Sons, 1999, 427p.

SWIST, M. J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Berkeley: University of California Press, 1979. 372p.

TEDESCO, J. M.; WOLKEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188p. (Boletim Técnico, 5).

TERTULIANO, S.S.X.; SOUTO, J.S.; ARRIEL, E.F.; SANTOS, R.V. Ciclagem de nutrientes minerais em uma área de caatinga – produção de serrapilheira. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 5., 1997, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: UFPB, Editora Universitária, 1997. p. 129. ref. V.05.03.

TOLEDO; L. de O. **Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em área de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ.** Dissertação de mestrado, UFRJ, Instituto de florestas, Rio de Janeiro, 2003. 80p.

UHL, C.; KAUFFMAN, J.B.; SILVA, E.D. Os caminhos do fogo na Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 65, p. 24-32, 1990.

VITOUSEK, P. M. AND SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist Tropical forest. *Am. Ver. Ecol. Syst.* 17: 137-67. 1986.

VITOUSEK, P.M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, v. 119, n. 4, p.553-572, 1982.

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**, v.15, p. 203-234, 1986.

WARDLE, D.A.; YEATES, G.W.; WATSON, R.N. et al. The detritus food-web and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agro-ecosystems. **Plant and Soil**, v.170, n.1, p.35-43. 1995.

WILL, G. M. Nutrient return in litter and rainfall under some exotic conifer stands in New Zeland. **New Zeland Journal Agricultural Research**, v. 2, n. 4, p. 719-734, 1959.