

Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes

Rafael Nogueira Scoriza¹; Marcos Gervasio Pereira²; Guilherme Henrique A. Pereira³; Deivid Lopes Machado⁴; Eliane Maria Ribeiro da Silva⁵

^{1,3}Mestrando em Ciências Ambientais e Florestais Instituto de Florestas - (UFRRJ)

²Instituto de Agronomia - (UFRRJ), ⁴Departamento de Recursos Naturais (UNESP)

⁵Departamento de Solos (EMBRAPA)

Apresentação

A serrapilheira ou serrapilheira exerce inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas, compreendendo a camada mais superficial do solo em ambientes florestais, composta por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos (Costa *et al.*, 2010). Sua produção controla diretamente a quantidade de nutrientes que retorna ao solo e seu acúmulo se relaciona com a atividade decompositora dos microorganismos e com o grau de perturbação dos ecossistemas (Brun *et al.*, 2001; Figueiredo Filho *et al.*, 2003; Vital *et al.*, 2004; Fernandes *et al.*, 2006).

Por estas razões, a produção de serrapilheira constitui um importante processo de controle da ciclagem de nutrientes (Barnes *et al.*, 1997), sendo seu acúmulo no piso florestal considerado um indicador de grande relevância na avaliação e monitoramento das fases posteriores à implantação de florestas (Rodrigues, 1998).

Como as árvores periodicamente substituem suas

estruturas, tanto vegetativas quanto reprodutivas, devido a fatores evolutivos ou como resposta a tensões ambientais, coletar e quantificar o material decíduo aportado ao solo é uma forma não destrutiva de estimar a produtividade dos ecossistemas, uma vez que este atributo pode representar até 90 % da produção primária líquida florestal (Clark *et al.*, 2001). Enfatizando a importância do estudo da serrapilheira, Tadaki (1977) considera que a biomassa das folhas de uma comunidade florestal está entre as mais importantes peças de informação para se analisar a capacidade produtiva.

Podemos verificar uma diversidade de métodos de amostragem e análise desse componente ambiental, relacionadas tanto à sua produção e acúmulo na superfície do solo, quanto à sua composição anatômica e química. Dada a importância da serrapilheira e frente à inexistência de um documento de cunho científico específico para este fim, este manual reúne alguns destes métodos, tendo como objetivo principal auxiliar os pesquisadores nas coletas e análises da serrapilheira

¹Biólogo, Mestrando em Ciências Ambientais e Florestais na UFRRJ. Instituto de Florestas, BR 456, km 7, 23890-000, Seropédica, RJ. e-mail: rafael Scoriza@gmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Ciência do Solo. Professor Pesquisador da UFRRJ, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos. BR 465, km 7, Seropédica, RJ, 23890-000, e-mail: gervasio@ufrj.br

³Biólogo, Mestrando em Ciências Ambientais e Florestais na UFRRJ. Instituto de Florestas, BR 456, km 7, 23890-000, Seropédica, RJ. e-mail: guilhermepereira@ufrj.br

⁴Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais. Doutorando em Ciência Florestal da UNESP/Botucatu, Departamento de Recursos Naturais. Rua José Barbosa de Barros, 1780, km 3, Botucatu-SP, CEP: 18610-307, e-mail: deivid.machado@ig.com.br

⁵Engenheira Florestal, Doutora em Agronomia, Ciência do Solo. Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Departamento de Solos. BR 465 km 7 Seropédica, RJ, 23890-000, e-mail: eliane@cnpab.embrapa.br

aplicadas à ciclagem de nutrientes

Avaliações da Serrapilheira

Aporte de Serrapilheira

O aporte de serrapilheira constitui uma das vias de entrada de material orgânico nas camadas do solo, representando a produção de material decíduo a partir da cobertura vegetal e deposição de resíduos animais. Sua avaliação demanda o uso de coletores, cuja instalação em campo, bem como problemas técnico-metodológicos relacionados à avaliação do aporte desse material serão descritos em seqüência.

Tipos de Coletores

Diversos são os formatos dos coletores utilizados para avaliar o aporte de serrapilheira. Alguns autores utilizam coletores quadrados (Figuras 1a e 2a) construídos com madeira e uma tela de nylon® na parte inferior (Arato *et al.*, 2003). Outros autores utilizam coletores cônicos (Figuras 1b e 2b), com abertura circular de arame ou plástico, revestido por tecido helanca® (Araújo *et al.*, 2006).

Com relação às suas dimensões, como a quantificação do aporte total de serrapilheira é dada em função de sua área (Mg ha^{-1}) (vide subitem 3.3.2 – *Quantificação da serrapilheira*), os trabalhos publicados demonstram o uso de coletores com

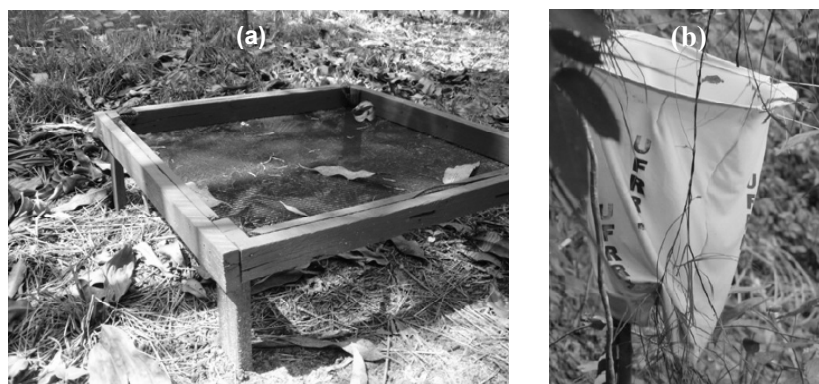


Figura 1. Coletores comumente utilizados para avaliação do aporte de serrapilheira – coletor quadrado (a), (foto: Anderson Ribeiro Diniz) e coletor cônico (b) utilizado por Gondim (2006).

diferentes áreas, tanto para coletores cônicos ($0,25 \text{ m}^2$ (Araújo *et al.*, 2006); $0,5 \text{ m}^2$ (Chagas & Resende, 2004); $1,0 \text{ m}^2$ (Brun *et al.*, 2001)) como para quadrados ($0,5 \text{ m}^2$ (Moreira & Silva, 2004); $0,6 \text{ m}^2$ (Fernandes & Scaramuzza, 2007); $1,0 \text{ m}^2$ (Alves *et al.*, 2006)).

Desta forma, fica a critério do pesquisador a dimensão que será adotada para a confecção dos

coletores, já que a quantificação do material aportado é feita por meio de equação na qual a área do coletor é uma das variáveis (subitem 3.2.2 *Quantificação da Serrapilheira*).

Além disso, os coletores podem apresentar acessórios, como isopor na base (em áreas de alagamentos periódicos) e plaquetas para identificação no campo. Os coletores quadrados,

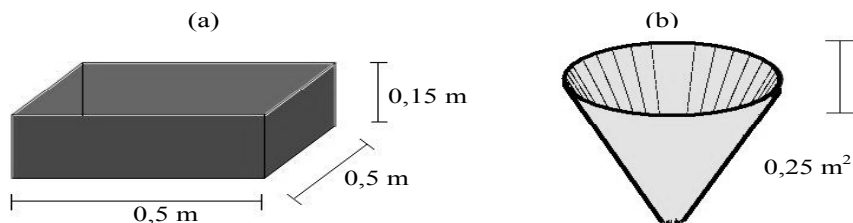


Figura 2. Dimensões comumente utilizadas na confecção de coletores quadrados (a) e cônicos (b) na avaliação do aporte de material decíduo. (Imagens: Rafael Nogueira Scoriza)

geralmente feitos de madeira são fixados na área por bases, sendo verificado na literatura variações no tocante à altura do coletor em relação ao solo, encontrando-se valores desde 10 (Carreira *et al.*, 2006) até 70 cm (Abreu, 2006). A mesma variação também é observada para os coletores cônicos que, ou são fixados no solo por meio de estacas, ou amarrados nas árvores com o auxílio de cordas.

Instalação de Coletores e Coleta do Material

Os coletores são instalados, normalmente, dentro de parcelas ou em transectos, sendo que o número de coletores utilizados para as avaliações varia em função do tamanho da área, da exigência do estudo (Finotti *et al.*, 2003) e também em função do delineamento experimental. Por exemplo, estudos realizados em áreas caracterizadas por uma heterogeneidade de habitats demandam maior

número de coletores que, possivelmente, não seriam necessários caso as áreas fossem homogêneas.

A disposição desses em campo também varia em função dos objetivos do trabalho. Avaliando os efeitos de borda sobre a produção de material decíduo em fragmentos florestais do município de Teresópolis, RJ, Gondim (2005) e Gomes *et al.* (2010), dispuseram os coletores de serrapilheira a intervalos de distância definidos em relação à borda (Figura 3). Diferindo desse modelo, Toledo & Pereira (2004) e Menezes *et al.* (2010), avaliando a produção de serrapilheira em áreas em diferentes estádios de sucessão no município de Pinheiral, RJ, dispuseram coletores cônicos dentro dos limites de uma parcela única por área de estudo.

Cuidados na instalação dos coletores em áreas declivosas referem-se à fixação de suas bases no solo. A abertura dos coletores deve ficar sempre na posição horizontal, ou seja, formando um ângu-

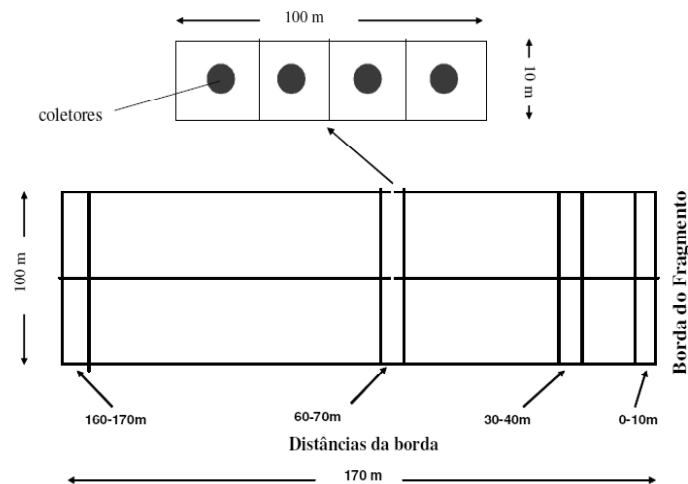


Figura 3. Disposição dos coletores a diferentes distâncias em relação à borda de fragmento florestal. (Fonte: Gondim (2006).

lo reto (90°) com as bases (Figura 4). Essa medida torna-se necessária, pois se os coletores forem instalados na mesma inclinação do terreno, acarreta-se na diminuição da sua área de amostragem, pois a abertura continua a mesma. Esse erro geralmente é ocasionado quando os coletores são levados prontos para campo, recomendando-se, portanto, que as bases sejam fixadas ao coletor no momento da instalação na área.

Outro possível problema, referente à deformação na abertura dos coletores cônicos, é ocasionado

quando estes são instalados utilizando-se cordas presas às árvores. Ao se aplicar uma tensão nas cordas, pode-se deformar a abertura do coletor. A oscilação dos troncos das árvores pelo vento e/ou sua queda, com o decorrer do tempo de amostragem, também podem provocar igual efeito (Figura 5).

Dessa forma, recomenda-se verificação periódica quanto ao estado dos coletores cônicos no período de amostragem. Em caso de constatação de deformidade, o coletor que apresentar a deformação deve ser, quando possível, moldado a sua forma original

ou, na impossibilidade, trocado. Uma maneira de minimizar este erro é instalar os coletores por meio de estacas fixas ao solo, como sugerido na Figura 4, em detrimento do uso de cordas presas às árvores.

A coleta do material formador da serrapilheira

contida nos coletores se baseia na simples transferência do conteúdo retido pelo coletor para sacolas plásticas. Recomenda-se a utilização de sacolas plásticas, pois o material coletado pode estar muito úmido, especialmente quando coletados em

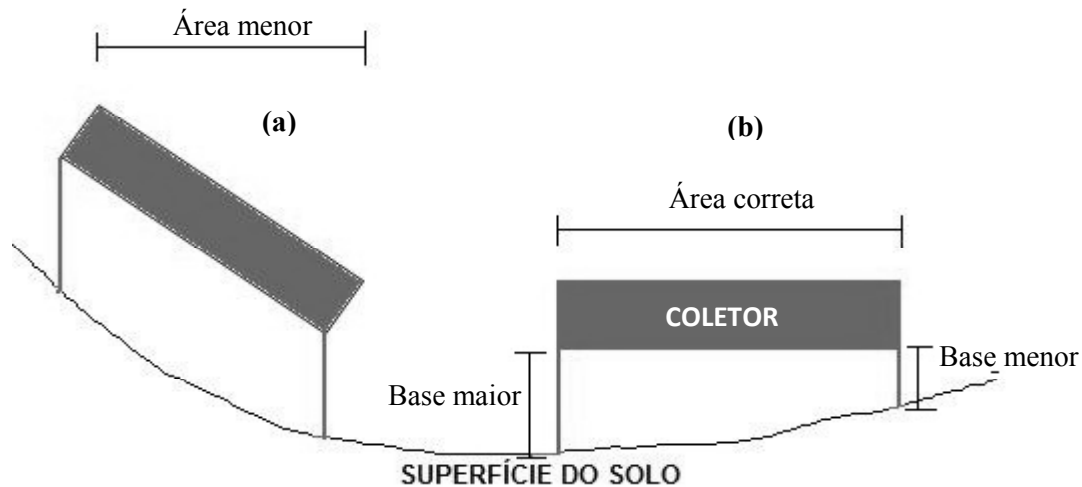


Figura 4. Esquema dos coletores, demonstrando a instalação equivocada (a) e a correta (b) evidenciando a diferença no tamanho dos pés, necessária em áreas declivosas (Imagem: Rafael Nogueira Scoriza)

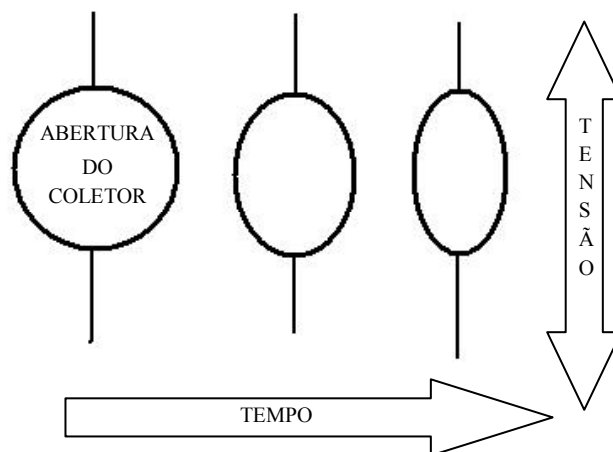


Figura 5. Esquema, em vista superior, demonstrando a deformação que os coletores cônicos podem ser submetidos no decorrer do tempo de amostragem. (Imagem: Rafael Nogueira Scoriza)

períodos de maior precipitação, o que compromete a coleta caso esta seja realizada com sacolas de papel. As sacolas contendo o material coletado devem ser identificadas e lacradas.

Caso algum coletor esteja danificado ou caído, recomenda-se que o material contido neste seja

descartado, pois não se pode afirmar, com exatidão, quando esse se desprende e/ou qual a influência do evento na quantidade de material retido.

Além disso, como é comum a presença de artrópodes (como aranhas), outros pequenos animais ou outros materiais dentro do coletor que possam

trazer riscos, alguns procedimentos podem ser adotados para maior segurança de quem irá realizar as coletas já que, tanto nos coletores cônicos e, sobretudo, nos quadrados, demandam contato direto com o material formador de serrapilheira. Sugere-se o uso de luvas adequadas além da homogeneização do material contido nos coletores, antes da coleta, para espantar eventuais organismos.

Com relação ao período das coletas da serrapilheira aportada, na grande maioria dos trabalhos, estas são realizadas mensalmente, mas também podem ser feitas quinzenalmente (Scoriza *et al.*, 2009; Bianchi, 2009). Uma vez coletado, a quantificação dos valores do material aportado, em função do período de coleta, será descrita no item 3.1. *Análise Física em Laboratório*.

Estoque de Serrapilheira

A serrapilheira estocada no piso florestal representa o material orgânico (vegetal ou animal) aportado ao solo e nesse depositado. Constitui-se um compartimento a partir do qual os nutrientes serão disponibilizados para as camadas superficiais do solo por meio de contínuos processos de degradação ao longo da decomposição do material. A seguir, serão descritos alguns coletores comumente

utilizados, bem como os procedimentos que devem ser adotados nas avaliações do estoque de serrapilheira.

Tipos de Coletores

Para avaliar o estoque de serrapilheira, um coletor comumente utilizado é o gabarito – um acessório desmontável e leve feito em madeira ou PVC (Figura 6a). Na literatura são encontrados gabaritos (coletores) com dimensões variáveis: ((0,25 x 0,25 m (Pires, *et al.*, 2006; Lima *et al.*, 2010); 0,5 x 0,5 m (Arato *et al.*, 2003) 1,0 x 1,0 m (Rodrigues *et al.*, 2010)). Entretanto, o importante é que se pré-estabeleça uma dimensão a partir da qual os valores do estoque serão quantificados (vide subitem 3.3.2 – *Quantificação da serrapilheira*).

Outro tipo de coletor que pode ser utilizado para as amostragens do estoque de serrapilheira consiste em uma sonda metálica (Figura 6b), que pode apresentar as mesmas dimensões anteriormente citadas.

Procedimentos de Coleta do Material

Como para o aporte, o número de repetições nas amostragens do estoque de serrapilheira depende

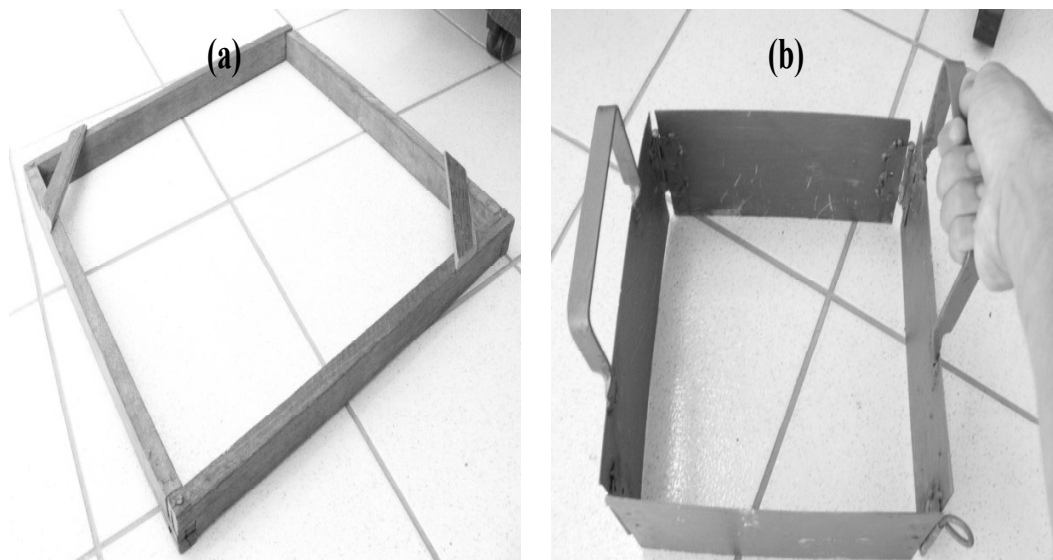


Figura 6. Coletores de serrapilheira estocada no solo – o gabarito (a), feito em madeira, e a sonda metálica (b) (Imagens: Rafael Nogueira Scoriza)

também da exigência e dos objetivos do estudo, do tamanho da área e ainda do demandado pelas análises estatísticas a serem utilizadas.

Para as coletas do material formador da serrapilheira utilizando-se o gabarito, este é lançado aleatoriamente na área de estudo. No caso da sonda metálica, a amostragem é igualmente aleatória, e esta deve ser colocada sobre o material à superfície solo e fazendo-se uma pressão na parte superior, aprofundando-o na camada de serrapilheira.

Com o auxílio de uma faca ou espátula, coleta-se o material contido na área interna do coletor (gabarito ou sonda) acondicionando-o em sacolas, posteriormente, lacradas e identificadas. Como nas amostragens de aporte, recomenda-se a utilização de sacolas plásticas, pois o material coletado pode estar muito úmido, sobretudo em épocas chuvosas, o que compromete a coleta caso as amostras sejam acondicionadas em sacolas de papel.

Como é comum a presença de artrópodes (como aranhas) ou outros pequenos animais no material estocado, além de espinhos ou outras estruturas que podem trazer riscos, a fim de proporcionar maior segurança para quem irá realizar as coletas, recomendam-se o uso de luvas adequadas, uma vez que a amostragem do estoque demanda contato direto com o material depositado na superfície do solo.

Com relação ao período das coletas da serrapilheira estocada, nos trabalhos realizados em locais nos quais as estações são definidas, as coletas normalmente são realizadas em função da estação, ou seja, quatro amostragens ao longo do ano. Diferindo, em áreas nas quais as estações não são definidas, mas existem períodos cujos regimes hídricos são bem marcados, comumente são realizadas duas amostragens, uma no período seco e outra no período chuvoso.

Recomenda-se que as coletas sejam realizadas ao final de cada estação ou período de amostragem, pois o material estocado na superfície do solo é reflexo dos processos de aporte e decomposição de meses ou períodos que antecederam ao da coleta. Uma vez coletado, a quantificação do material estocado, em função da área do coletor, será descrita no item 3.1. *Análise Física em Laboratório.*

Decomposição da Serrapilheira

Uma vez aportada e depositada na superfície do solo, a serrapilheira é submetida a um processo contínuo de degradação, via lavagem de compostos hidrossolúveis e ataque de organismos, reduzindo-se a frações minerais e húmicas (Andrade *et al.*, 1999). Este processo, essencialmente biológico, é a decomposição da serrapilheira e representa um dos mecanismos pelos quais os nutrientes da fitomassa retornam ao solo.

O processo de decomposição da serrapilheira pode ser regulado por fatores ecológicos, tanto bióticos quanto abióticos. Segundo Dickow (2010), os fatores mais importantes são as condições ambientais, a qualidade da serrapilheira e a comunidade decompositora.

Com relação dos fatores ambientais, os fatores climáticos (como temperatura, umidade, sazonalidade) associados aos atributos edáficos determinarão a qualidade da serrapilheira (Lavelle *et al.*, 1993). Este fator, que se relaciona aos teores de lignina, celulose, compostos fenólicos, elementos minerais, substâncias estimulantes e/ou alelopáticas (Dickow, 2010), é determinante no processo de decomposição, pois pode tornar o material pouco ou nada palatável para alguns organismos decompositores. Por fim, a atividade e composição da comunidade destes organismos, microorganismos e animais invertebrados, que representam a microflora e a fauna do solo, são atributos definitivos para o processo de decomposição da serrapilheira (Lavelle *et al.*, 1993).

O principal índice que tem sido utilizado para estimar este processo consiste no valor k que pode ser obtido por meio de avaliações diretas de medidas de perda de massa ou análise indireta, relacionada à quantidade de material formador de serrapilheira que cai do dossel e a quantidade de serrapilheira que está depositada sobre o solo. Ambos, os métodos são descritos na seqüência.

Litterbags

O método geralmente preconizado para a avaliação da decomposição da serrapilheira consiste no uso de sacolas de decomposição, mais conhecidas como “*litterbags*” (Figura 7), desenvolvido por Bock & Gilbert (1957). Este método consiste numa

forma de avaliação direta da taxa de decomposição da serrapilheira, pois se dá por medidas de perda de massa do material formador de serrapilheira ao longo de um intervalo de tempo.

Os litterbags são sacolas confeccionadas com polímero sintético, geralmente de malha 2 mm

(Cianciaruso *et al.*, 2006) ou 4 mm (Pereira *et al.*, 2008; Menezes *et al.*, 2010), que permite a livre circulação de água, nutrientes e da comunidade decompositora no sistema solo-serrapilheira. As dimensões normalmente encontradas em trabalhos publicados são 20 x 20 cm (Alves *et al.*, 2006) e 25



Figura 7. Sacola de decomposição ou litterbag utilizado para avaliação da taxa de decomposição, contendo uma quantidade de material vegetal (folhas) em seu interior. (Imagem: Deivid Lopes Machado)

x 25 cm (Fernandes *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2008; Menezes *et al.*, 2010). Para avaliar a decomposição utilizando os litterbags, uma quantidade de massa seca de material vegetal, que foi previamente seco ao ar, é acondicionada em cada sacola e esta é colocada em contato com o solo/serrapilheira presentes no local que se pretende avaliar.

Com relação ao material vegetal utilizado na preparação dos litterbags, comumente, usa-se a fração foliar. Para tanto, devem-se selecionar folhas que não apresentem sinais de decomposição ou, ao menos, sejam homogêneas quanto ao grau de fragmentação, já que este pode influenciar as constantes de decomposição e mesmo falsear os resultados. Além disso, deve-se ponderar a quantidade de material adicionado em cada sacola de decomposição, de acordo com seu volume, pois a compactação do material nas sacolas não retrata o que ocorre quando este é aportado ao solo (Pereira *et al.*, 2008).

Nesta linha, para determinação da quantidade de material a ser acondicionado, além do volume das sacolas de decomposição, deve-se levar em conta também o tempo que estas permanecerão em campo. O acondicionamento de quantidades muito reduzidas, para um longo período de avaliação, pode comprometer o estudo, pois, entre uma coleta e outra, o material vegetal contido nas sacolas pode

se decompor completamente, impossibilitando, assim, estimar a taxa em que o processo ocorreu. Para litterbags de 25 x 25 cm, 2 mm de malha e que permanecerão em campo por um período de 120 dias, recomenda-se a utilização de 10g de massa seca de material foliar.

Com relação ao número de litterbags a ser preparado, este depende dos objetivos e da exigência do estudo, do número de repetições utilizadas na área e do intervalo de tempo a ser avaliado. Isto é, além das repetições a serem depositadas em cada área (demandadas para análises estatísticas), devem existir réplicas de litterbags no tempo, ou seja, repetições para cada período da coleta. No caso de 120 dias, sendo o intervalo de tempo entre as coletas igual a 30 dias, serão realizadas quatro coletas, isto é, aos 30, 60, 90 e 120 dias, devendo-se, desta forma, preparar quatro réplicas temporais por repetição da amostragem.

Cianciaruso *et al.* (2006) avaliaram a decomposição da serrapilheira em seis coletas ao longo de um ano, com 20 repetições, totalizando 120 sacolas de decomposição por área de estudo. Diferindo, Paula *et al.* (2009) avaliaram as perdas de massa ao longo de 150 dias (em intervalos de 30 dias, isto é, aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias) com três repetições, totalizando 15 sacolas por tratamento. Já Menezes *et al.* (2010) quantificaram a decomposição

ao longo de 120 dias (com intervalos de 30 dias) e três repetições, totalizando 12 réplicas por área estudada.

Uma vez preparados, os litterbags devem ser acondicionados em sacolas plásticas individuais, amenizando assim perdas de massa na manipulação e no transporte, desde o laboratório à instalação. No campo, os litterbags devem ser dispostos sobre a serrapilheira estocada na superfície do solo. Após a instalação (tempo zero), os litterbags são coletados em intervalos de tempo, preferencialmente, regulares. Como sugerido, em um período de 120 dias, as coletas podem ser realizadas aos 30, 60, 90 e 120 dias.

Nas coletas, os litterbags devem ser recondicionados em sacolas plásticas individuais a fim de se evitar perda de massa ao longo do transporte até laboratório. Ainda em campo ou, preferencialmente, em laboratório, as superfícies dos litterbags devem ser limpas para retirada de

terra, raízes, resíduos animais e outras impurezas aderidas. Os materiais remanescentes devem ser transferidos para sacolas de papel de massa conhecida (devidamente identificadas) e acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até atingir massa constante. Posteriormente, deve-se pesá-los em balança semi-analítica (0,01 g) para obtenção da massa da matéria seca remanescente, a partir da qual a taxa de decomposição será estimada.

A quantificação da decomposição é feita por medidas de perda de massa a partir do material remanescente em cada período de coleta, a partir do tempo zero (instalação). Desta forma, independente do período amostrado, o importante é que tenham sido obtidos os valores de massa seca de material remanescente (descontando-se o peso do saco) após cada intervalo de tempo. A partir destes valores a constante de decomposição (k) é estimada, segundo a equação

A constante k pode ser quantificada utilizando-

$$X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$$

X^t é o peso do material remanescente após t dias e

X_0 é o peso do material seco colocado nos

Thomas & Asakawa (1993)

se alguns softwares estatísticos. Além disso, a partir do valor de k , pode-se estimar também o tempo de meia-via do material ($t_{1/2}$), isto é, o tempo necessário para que metade da massa seca contida no litterbag, a partir do tempo zero, se decomponha. A quantificação desse atributo pode ser feita com base em algumas equações, com as que seguem abaixo.

A quantificação da constante de decomposição por meio das sacolas de decomposição apresenta alguns inconvenientes que podem prejudicar a precisão dos resultados. Desta forma, deve-se tomar cuidado na confecção e preparo dos *litterbags*, a fim de se evitarem possíveis erros que podem comprometer as avaliações.

Um destes inconvenientes relaciona-se ao tamanho da malha utilizada para a confecção.

Tamanhos de malha reduzidos podem excluir importantes organismos do sistema decompositor. Em contrapartida, sacolas com malha que apresentem orifícios de grande tamanho podem promover grandes perdas de material (na instalação ou na coleta) além de permitirem a entrada de materiais que não haviam sido considerados na época da instalação (Andrade *et al.*, 1999), como folíolos ou pequenas estruturas reprodutivas.

Outro impasse técnico-metodológico relacionado ao uso das sacolas de decomposição reside na quantificação da constante de decomposição k que, neste tipo de avaliação, leva em consideração apenas a fração foliar em detrimento das demais frações que compõem a serrapilheira.

Entretanto, se por um lado a avaliação da decomposição por meio dos litterbags apresenta

$t_{0,5} = -\ln 0,5 \cdot k^{-1}$ <hr/> <p>$t_{0,5}$ é o tempo de meia vida do material</p> <p>k é a constante de decomposição.</p>	$t_R = 1 \cdot k_L^{-1}$ <hr/> <p>t_R é o tempo de meia vida do material</p> <p>k_L é a constante de decomposição.</p>
$t^{1/2} = \ln (2) \cdot k^{-1}$ <hr/> <p>$t_{1/2}$ é o tempo de meia vida do material</p> <p>k é a constante de decomposição.</p>	$t_{0,05} = 0,693 \cdot k^{-1}$ <hr/> <p>$t_{0,05}$ é o tempo de meia vida do material</p> <p>k é a constante de decomposição.</p>

inconvenientes, por outro lado este método apresenta uma grande vantagem. A partir das medidas de massa remanescente, programas como o SIGMAPLOT podem prover, além da constante k , gráficos com curvas de decomposição da serrapilheira no tempo (Figura 8).

Curvas deste tipo representam uma vantagem, pois, ao longo de um intervalo representativo de tempo, tanto a serrapilheira quanto o sistema decompositor são, muitas vezes, submetidos a flutuações nas condições ambientais, as quais refletem no processo de decomposição. Frente a estas variações, as curvas possibilitam uma percepção visual da decomposição em um dado intervalo de tempo, em detrimento da constante k que simplifica, ao representar a taxa global em que o processo

ocorreu. Na Figura 8, pode-se observar que a área de floresta secundária em estágio inicial (FSEI), apesar de apresentar valor k maior que a área de floresta em secundária em estágio médio (FSEM), até o 60º dia, apresentou a menor taxa de decomposição em relação às demais áreas, inferência esta que não poderia ser percebida a partir apenas da constante de decomposição.

Outra vantagem da estimativa da taxa de decomposição a partir dos litterbags reside no fato de o material remanescente, além de prover dados para confecção das “curvas de decomposição”, possibilitam a análise da liberação dos nutrientes ao longo do tempo (vide subitem 3.2.3 *Liberação de Nutrientes*).

Razão Aporte/Estoque

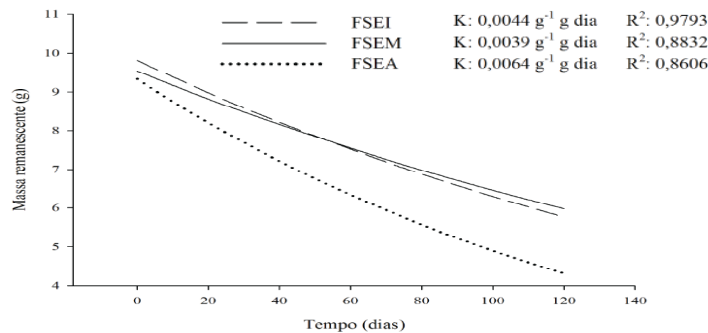


Figura 8. Curvas de decomposição e constantes k obtidas por MENEZES et al. (2010) em áreas de floresta Atlântica (Pinheiral, RJ) secundária em estágio inicial (FSEI), médio (FSEM) e avançado (FSEA).

O emprego da razão “aporte/estoque” para avaliação da decomposição da serrapilheira consiste em uma forma de avaliação indireta (PIRES et al., 2006) pelo qual o coeficiente de decomposição do material é estimada a partir da razão entre os valores de massa seca da serrapilheira aportada ao solo e os valores de massa seca da serrapilheira estocada na sua superfície, em dado intervalo de tempo.

Desta forma, este método demanda a avaliação tanto do aporte quanto do estoque da serrapilheira, sendo assim, recomendado para estudos nos quais estes atributos serão avaliados. A quantificação do coeficiente de decomposição com base neste método se dá segundo a equação desenvolvida por Olson (1963).

A partir do valor do coeficiente k, como no

método das sacolas de decomposição, pode-se igualmente obter o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) do material formador de serrapilheira utilizando-se as equações de Shanks & Olson (1961), Hopkins (1966), Rezende et al. (1999) e Bianchi (2009) anteriormente apresentadas (vide subitem 2.3.1. *Litterbags*).

Uma desvantagem do método consiste no esforço amostral para sua realização, que demanda a quantificação tanto do aporte quanto do estoque de serrapilheira. Além disso, diferindo do método dos litterbags, a razão aporte/estoque fornece dados para estimar apenas o valor k, em detrimento das curvas de decomposição e da análise da liberação de nutrientes (subitem 3.2.3 *Liberação de Nutrientes*).

Apesar destas limitações, uma vantagem deste método, em relação aos litterbags, é que a constante

$$k_L = I \cdot X^{-1}$$

k_L é o coeficiente de decomposição do material;

I é o aporte de serrapilheira em um intervalo de tempo e

Olson (1963)

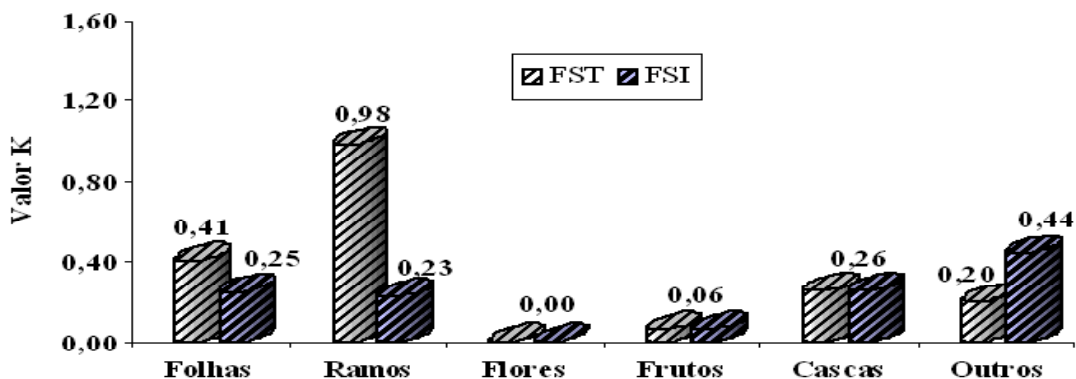


Figura 9. Valores da constante k obtidos por Toledo (2001) em áreas de floresta Atlântica secundária tardia (FST) e inicial (FSI) no município de Pinheiral, RJ.

k pode ser obtida mais rapidamente que pelo método dos *litterbags* (Figura 9).

Processamento e análise da serrapilheira

Análise Física em Laboratório

Como citado, a serrapilheira possui composição anatômica bastante diversa, representada por estruturas de origem vegetal (como folhas, flores e ramos) e animal (como esqueletos, carapaças e fezes) e outros resíduos orgânicos não identificáveis.

Em virtude desta composição diversificada, muitas pesquisas que avaliam o aporte ou estoque de serrapilheira têm desenvolvido métodos de análise da composição anatômica desse compartimento. Estas pesquisas visam, muitas vezes, quantificar e avaliar o aporte ou estoque de serrapilheira bem como a contribuição das diferentes estruturas para estes atributos. Os métodos para avaliações com estes objetivos são descritos na seqüência.

Processamento e Triagem

A serrapilheira coletada, seja do aporte ou estoque, é identificada e encaminhada a laboratório para processamento. Em algumas regiões de floresta úmida e/ou coleta feita em períodos chuvosos, comumente faz-se uma etapa de pré-secagem do material ao ar. Para isto, basta deixar os sacos abertos em um local de pouca ventilação, por alguns dias, até que o material esteja completamente seco.

Caso a secagem seja feita em estufa, deve-se, primeiramente, transferir as amostras das sacolas plásticas para sacolas de papel, de massa conhecida e identificadas a lápis (marcações a canetas podem ser perdidas em função da umidade do material).

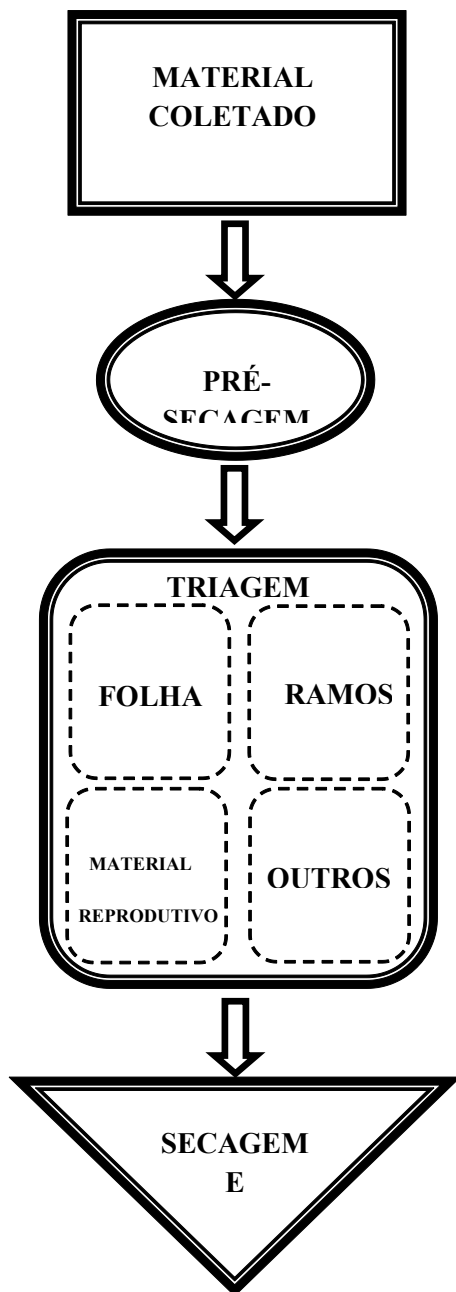
Posteriormente, as sacolas contendo a serrapilheira devem ser acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar. Existe muita variação na literatura em relação ao tempo e a temperatura a serem utilizadas, com métodos variando o tempo de 24 a 72 h e a temperatura de 50 a 75 °C. Entretanto, em todos eles o objetivo é atingir a massa seca constante do material. O mais recomendado é que, ao longo da secagem, sejam realizadas pesagens subsequentes até que se verifique constância nas massas secas das amostras.

Em avaliações de aporte de serrapilheira, na seqüência, o material deve ser pesado para obtenção da massa da matéria seca em gramas (g), sendo, posteriormente, triado em frações, isto é, separado de acordo a sua composição anatômica (folhas, ramos, entre outros.). A pesagem do material é feita em balança semi-analítica. Como o material seco retém rapidamente umidade do ar, recomenda-se que o tempo entre retirar o material da estufa e a pesagem seja o mais breve possível.

No caso de amostragens de estoque, depois de seca, a serrapilheira deve ser primeiramente triada, sendo o estoque total obtido, posteriormente, a partir da soma das massas secas (ou estoques) das frações. Tal procedimento deve ser adotado, pois, no momento da coleta, inevitavelmente amostrase terra de solo superficial junto à serrapilheira coletada, o que pode superestimar os valores do estoque total.

Para a triagem da serrapilheira, o material de cada sacola é, individualmente, colocado em uma bancada ou bandeja, e, com o auxílio de pinças e pinceis, é feita a separação nas frações pré-estabelecidas. Geralmente, o material é triado nas frações “folhas” (limbos, pecíolos e outras estruturas foliares), “ramos” (abrangendo cascas e estruturas lenhosas de quaisquer diâmetros), “material reprodutivo” (flores, frutos e sementes) e “outros”, também chamada de “detritos”, “refugo” ou “miscelânea”, representada pelos detritos animais e vegetais e/ou outros materiais orgânicos em estádios avançados de decomposição e, por isso, não identificáveis. Em alguns trabalhos, esta triagem pode variar. Avaliando a contribuição de diferentes frações para a produção de serrapilheira em áreas de Floresta Atlântica com diferentes estádios de sucessão, Toledo *et al.* (2002) e Toledo & Pereira (2004), estratificaram o material aportado nas frações “folhas”, “flores”, “galhos”, “frutos”, “cascas” e “outros”. Diferindo, Pezzatto & Wisniewski (2006), tendo o mesmo objetivo em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, separaram o material nas frações “folhas”, “galhos ≤ 2 cm de diâmetro” e “outros”, abrangendo flores, frutos, cascas e material não identificável.

Diferindo destes autores, Vidal *et al.* (2007), avaliando o aporte de serrapilheira em fragmento de Floresta Atlântica secundária, triaram o material lenhoso de acordo ao diâmetro nas frações “caules \leq



0,5 cm”; “caules $\geq 0,5$ cm”, sendo as demais frações “folhas+flores”, “frutos+sementes” e “detritos”.

Desta forma, recomenda-se que, na etapa inicial de elaboração do projeto, o pesquisador estabeleça, a partir da revisão científica, como será feita a estratificação da serrapilheira, padronizando-se assim os métodos e possibilitando comparações mais conclusivas na discussão dos resultados obtidos com os observados por outros autores, na etapa final de redação.

Após triado em frações, recomenda-se que o material seja novamente seco em estufa antes da pesagem, conforme método já descrito, para a quantificação dos valores totais, seja de aporte ou estoque.

Quantificação da Serrapilheira

Para a quantificação da serrapilheira, no caso de avaliações do material aportado, os valores de massa seca obtidos em gramas (g) devem ser convertidos para Megagrama (Mg). Posteriormente, a produção de serrapilheira, tanto total quanto de cada fração, pode ser estimada segundo a equação seguinte, modificada de Lopes *et al.* (2002).

No caso das avaliações da serrapilheira acumulada na superfície do solo, como preconizado, a quantificação do estoque total é feita a partir da soma dos valores das frações estabelecidas, ou seja, apenas após as etapas de secagem e triagem do material. Neste caso, a quantificação deve ser feita a partir da soma das frações individuais, pois, no momento da amostragem, inevitável e indesejadamente, coleta-se terra das camadas superficiais do solo junto ao material amostrado, fato que pode superestimar os valores do estoque total, caso este seja quantificado antes da etapa de triagem do material.

Como para o aporte, uma vez quantificados, os valores dos estoques das frações, em gramas (g) pela área do gabarito utilizado nas coletas (g/área do gabarito), devem ser convertidos em Megagrama por hectare (Mg.ha⁻¹). A partir da soma dos estoques das frações, pode ser obtido o estoque total e a contribuição de cada fração para este atributo.

Análises Químicas em Laboratório

$$PAS = (\sum PS \times 10.000) / Ac$$

PAS é a produção média anual de serrapilheira ou fração ($Mg \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

PS é a produção média mensal de serrapilheira ou

Além das avaliações físicas da serrapilheira aportada ao solo ou estocada em sua superfície, muitos trabalhos têm realizado avaliações químicas, quantificando os teores e conteúdos dos nutrientes contidos no material. Algumas pesquisas vêm demonstrando também a liberação dos nutrientes ao longo do tempo. Entretanto, para a realização destas avaliações é necessário o processamento do material descrito conforme apresentado a seguir.

Processamento e Digestão

Para a avaliação dos teores e conteúdos de nutrientes que compõem o material orgânico, faz-se necessário, inicialmente, a definição de quais determinações serão realizadas, isto é, quais nutrientes serão quantificados, e quais frações serão avaliadas.

Estimando a produção de serrapilheira e o aporte de nutrientes em áreas de Floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES, Calvi et al. (2009), quantificaram os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) aportados em cada fração da serrapilheira (folhas, caule, material reprodutivo e outros). Já, Paula et al. (2009), avaliando estes atributos em fragmentos florestais na Ilha da Marambaia, RJ, estimaram o conteúdo dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do aporte total de serrapilheira, não quantificando separadamente em cada fração. Diferindo destes autores, Gomes et al. (2010), estudando fragmentos de Floresta Atlântica em Teresópolis, RJ, quantificaram os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) somente na fração foliar.

Desta forma, o pesquisador deverá definir, mediante a revisão científica preliminar, se irá estimar o conteúdo de nutrientes de cada fração ou de todo o material indistintamente. Caso a opção seja quantificar o conteúdo total, devem-se reunir todas as frações no momento da moagem. Entretanto, em ambos os casos, é necessário triturar o material que será submetido às análises para a quantificação dos teores de nutrientes.

Definida a avaliação, para trituração do material utiliza-se moinho de facas ou moinho do tipo Willey. Deve-se triturar todo o material que compuser cada amostra, visando uma melhor representatividade. Após a trituração, a amostra deve ser homogeneizada, reservando-se entre 10 e 15 g para determinação dos teores dos macro e micronutrientes. O restante do material pode ser guardado para avaliações de outros constituintes químicos da serrapilheira, como lignina, celulose e polifenóis (vide subitem 3.2.3. Outros constituintes químicos da serrapilheira).

Após trituração, o material reservado é submetido à digestão, que tem como objetivo a desestruturação e degradação do tecido vegetal para liberação dos nutrientes nele contido. Os métodos freqüentemente utilizados para a digestão são propostos por Malavolta et al. (1989), Tedesco *et al.* (1995) e Embrapa (2009).

Quantificação dos Teores e Conteúdos de Nutrientes

A quantificação dos teores de nutrientes pode ser empregada tanto para avaliações de aporte quanto estoque de serrapilheira. Pode ser empregada também para a análise dos nutrientes da fitomassa

viva aportada ao solo, e da liberação dos nutrientes a partir do material remanescente, em avaliações da taxa de decomposição utilizando-se o método dos litterbags (subitem 2.3.1 *Litterbags*).

A partir da digestão das frações que compõem a serrapilheira (subitem 3.2.1 Processamento da Serrapilheira) a análise dos teores de nutrientes é feita de acordo com métodos estabelecidos, como os propostos por Malavolta *et al.* (1989), Tedesco *et al.* (1995) e Embrapa (2009), sendo os teores comumente expressos em g do elemento por kg de serrapilheira (g kg^{-1}).

A partir da determinação dos teores dos elementos, pode-se determinar o conteúdo dos nutrientes, isto é, a quantidade de cada nutriente contido na serrapilheira aportada ou estocada (total ou das frações), segundo a equação Para a quantificação do aporte ou estoque total ou das

frações de serrapilheira, anuais ou mensais, vide subitem 3.3.2 Quantificação da Serrapilheira.

Outros constituintes Químicos da Serrapilheira

Além dos elementos minerais, como descrito no item anterior, a qualidade da serrapilheira se relaciona também aos teores de lignina, celulose, tanino e polifenóis que representam, assim, um dos fatores determinantes do processo de decomposição.

Desta forma, a quantificação dos teores destes compostos é de grande relevância, sobretudo, em pesquisas que visem elucidar os elementos e processos envolvidos na decomposição da camada de serrapilheira em um sistema. A determinação destes constituintes químicos do tecido vegetal pode ser realizada com base nos métodos analíticos

$$C_e = t_e \cdot Ts/1000$$

C_e é o conteúdo do elemento e (kg);

t_e é o teor do elemento e na serrapilheira (g kg^{-1}) e

Ts corresponde à quantidade total ou fração de

utilizados por Abreu (2006).

Outras avaliações da Serrapilheira

Liberação de Nutrientes

A análise da liberação de nutrientes, em associação com a análise da taxa de decomposição por meio dos litterbags (subitem 2.3.1), representa um dos métodos que têm sido bastante empregados nas pesquisas que visam elucidar os processos de ciclagem dos sistemas naturais.

Com o emprego dos litterbags, o material contido nas sacolas de decomposição é submetido aos diversos fatores ecológicos, que encerram na fragmentação do material e lavagem de compostos hidrossolúveis ao longo de um intervalo de tempo.

A partir do material remanescente em cada período de coleta dos litterbags, quantifica-se a liberação dos nutrientes no tempo.

Eficiência na utilização de Nutrientes

Outra análise que pode ser realizada nas avaliações da serrapilheira consiste na eficiência no uso dos nutrientes (Vitousek, 1982), a partir do qual se pode avaliar a capacidade que um determinado sistema tem de produzir biomassa em relação à quantidade de nutrientes disponível para essa produção (Toledo, 2001).

A eficiência no uso dos nutrientes (NUE) representa um índice determinado a partir do aporte de material decíduo da vegetação e o montante de nutrientes depositado no sistema, podendo

ser calculado para todos os elementos que foram quantificados, segundo a equação adaptada de Vitousek (1982).

Para a quantificação da produção média de serrapilheira, mensal ou anual, vide subitem 3.3.2

Quantificação da Serrapilheira. Para a quantificação do conteúdo de nutrientes, vide subitem 3.2.3. *Quantificação dos Teores e Conteúdos de Nutrientes.*

$$\text{NUE} = \text{PAS} \cdot C_e^{-1}$$

NUE é a eficiência no uso de nutrientes;

PAS é a produção média mensal ou anual de serrapilheira (kg ha^{-1})

Referências Bibliográficas

ABREU, J. R.S.P. **Dinâmica da serrapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro.** 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ALVES, A.R.; SOUTO, J.B.; SOUTO, P.C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de caatinga na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.194-203, 2006.

ANDRADE, A.G.; CABALLERO, S.S.U.; FARIA, A.M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.**, Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 22p. (Documentos, n. 13)

ARATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H.S. Produção e decomposição da serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa - MG. **Revista Árvores**, v.27, n.5, p.715-721,2003.

ARAÚJO, R.S.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; MACHADO, M.R.; PEREIRA, M.G.; FRAZÃO, F.J. Aporte de serrapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poços das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e**

Ambiente, v.12, n.2, p.15-21, 2006.

BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; DENTON, S.R.; SPURR, S.H. **Forest Ecology.** Oxford: John Wiley & Sons, 1997.

BIANCHI, M.O. **Avaliação da funcionalidade do solo em sistemas florestais enriquecidos com leguminosas.** 2009. 56 f. (Dissertação de Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

BOCOCK, K.L.; GILBERT, O.J.W. The disappearance of litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, v.9, n.2, p.179-185, 1957.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serrapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.277-285, 2001.

CALVI, G.P.; PEREIRA, M.G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jequitibá, ES. **Ciência Florestal**, v.9, n.2, p.131-138, 2009.

CARREIRA, R. C. C.; RONDON, J. N.; Z Aidan,

- L. B. P. Produção de serrapilheira em uma área de cerrado de Mogi Guaçu, SP. **Instituto de Botânica**, São Paulo, 2006.
- CHAGAS, A. P. C.; REZENDE, J. L. P. Ciclagem de nutriente em floresta semidecidual na fazenda experimental da PUC-Minas: produção de serrapilheira. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.4, p.703-712, 2004.
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serrapilheira e decomposição de material foliar em um cerrado na Estação Ecológica de Jataí, município de Luíz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.20, n.1, p.49-59, 2006.
- CLARK, A.D.; BROWN, S.; KICLIGHTER, D.W.; CHAMBERS, J.Q.; THOMLINSON, J. R.; NI, J; HOLLAND, E. A. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. **Ecological Applications**, v.11, n.2, p.371-384, 2001.
- COSTA, C.C.A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú - RN. **Revista Árvore**, n.34, v.2, p.259-265, 2010.
- DICKOW, K.M.C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na floresta atlântica, Antonina, PR**. 2010. 215 f. (Tese de Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. revisada e ampliada - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- FERNANDES, M.M.; PEREIRA, M.G.; MAGALHÃES, L.M.S.; CRUZ, A.R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição da serrapilheira em área de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpinieafolia* Benth). E andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mario Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v.16, n.2, p.163-175, 2006.
- FERNANDES, F.C.S.; SCARAMUZZA, W.L.M.P. Produção e decomposição da liteira em fragmento florestal em Campo Verde (MT). **Revista Ciências Agrárias**, n.47, p.73-186, 2007.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; FERREIRA, G.M.; BUDANT, L.S.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição da serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v.13, n.1, p.11-18, 2003.
- FINOTTI, R.; FREITAS, S.M.; CERQUEIRA, R.; VIEIRA, M.V.A Method to Determine the Minimum Number of Litter Traps in Litterfall Studies. **Biotropica**, v.35, n.3, p.419-421, 2003.
- GOMES, J. M.; PEREIRA, M.G.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; PEREIRA, H.A.; GONDIM, F.R.; SILVA, E.M.R. Aporte de serrapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.383-391, 2010.
- GONDIM, F.R. **Aporte de serrapilheira e chuva de sementes como bioindicadores de recuperação ambiental em fragmentos de Floresta Atlântica**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Conservação da Natureza) - Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- HOPKINS, B. Vegetation of the Olkemeji Forest Reserve, Nigéria. IV: The litter and soil with special reference to their seasonal changes. **Journal of Ecology**, v.54, p.687-703, 1966.
- LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAN, F.; BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v.25, p.130-150, 1993.
- LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; AQUINO, A.M.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F. Serrapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.75-84, 2010.

- LOPES, M.I.M.; DOMINGOS, M.; VUONO, Y.S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYLVESTRE, L. S. e ROSA, M. M. T. (Org.); **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica, RJ: EDUR, p.72-103, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, SP. Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.
- MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. Aporte e decomposição de serrapilheira e produção de biomassa radicular em floresta com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 439-452, 2010.
- MOREIRA, P.R.; SILVA, O.A. Produção de serrapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.49-59, 2004.
- OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v.44, p.322-331, 1963.
- PAULA, R.R.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T. Aporte de nutrientes e decomposição da serrapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, v.19, n.2, p.139-148, 2009.
- PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T.; SCHULTZ, N. Aporte e deposição da serrapilheira na floresta atlântica, Ilha da Marabaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, v.18, n.4, p.443-454, 2008.
- PEZZATO, A.W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serrapilheira em diferentes seres sucessionais da floresta estacional semidecidual no oeste do Paraná. **Floresta**, v.36, n.1, 2006.
- PIRES, L.A.; BRITTEZ, R.M.; MARTEL, G.; PAGANO, S.N. Produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v.20, n.1, p.173-184, 2006.
- REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; TARRE, R.; MACEDO, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutr. Cycling Agroecosys.**, v.54, p.99-112, 1999.
- RODRIGUES, R.R. Restauração de florestas tropicais indicadores de avaliação e monitoramento vegetal. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia. Anais... São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, v.5. p.179-183, 1998.
- RODRIGUES, B.R.; MARTINS, S.V.; LEITE, H.G. Avaliação do potencial da transposição da serrapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.65-73, 2010.
- SCORIZA, R.N.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; NEVEZ, J.B.C.; STRABELI, T. Aporte de Biomassa como Indicador de Qualidade de Fragmentos Florestais Inseridos em Agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.14, n.2, p. 673-676, 2009.
- SHANKS, R.; OLSON, J.S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachia. **Forest Science**, v.134, p.194-195, 1961.
- TADAKI, Y. Leaf Biomass. **JIBP synthesis**, Tokio, v.16, p.39-57, 1977.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.174p
- THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, n.10, p.1351-1361, 1993.
- TOLEDO, L.O.; PEREIRA, M.G. Dinâmica da deposição de serrapilheira em florestas secundárias no

município de Pinheiral, RJ. **Floresta e Ambiente**, v.11, n.1, p.39-46, 2004.

TOLEDO, M.O.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C.E.G. Produção de serrapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v.12, n.2, p.9-16, 2002.

TOLEDO, L.O. Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes e na fauna edáfica em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral-RJ. Seropédica, RJ, 2001. 50p.

VIDAL, M.M.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T.; METZGER, J.P. Produção de serrapilheira em floresta atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v.30, n.3, p.521-532, 2007.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona riparida. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

VITOUSEK, P.M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, n.119, v.1, p. 553-572, 1982.