

## USO DA SERAPILHEIRA PARA MANUTENÇÃO E SUSTENTABILIDADE DO SOLO E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Laura Vivian Barbosa Silva<sup>1</sup>  
Tassiana Reis Rodrigues dos Santos<sup>2</sup>

**RESUMO:** Muita da produção primária acima do solo retorna ao solo como serapilheira e sua decomposição é a principal via de entrada de nutrientes nos ecossistemas. Mudanças naturais na quantidade da serapilheira sobre o solo podem influenciar o processo de decomposição e consequentemente a disponibilidade de nutrientes no solo. O objetivo deste estudo foi compreender o processo de decomposição da serapilheira nos ecossistemas terrestres e apontar seus efeitos sobre as características gerais do solo, para compreender como a serapilheira pode influenciar nas atividades de manejo, produção de alimentos e conservação dos ecossistemas. Para isto, foi realizada uma pesquisa em artigos e publicações bibliográficas sobre a importância do uso da serapilheira para a manutenção da sustentabilidade e a produção de alimentos em sistemas agroflorestais. O método utilizado foi o de Lakatos & Marconi (1996), em que consiste em investigar fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e diferenças. Os resultados mostraram que a utilização da serapilheira em sistemas agroflorestais é uma prática de manejo recente que busca a autossustentabilidade dos sistemas de produção, acabando com a dependência externa de insumos e de energia não renovável que os sistemas convencionais de agricultura precisam hoje. Apesar de pouco conhecido pela maioria dos agricultores, alguns estudos confirmaram a importância da serapilheira para entrada de nutrientes no solo. Um dos agricultores pioneiros a utilizar esta prática agrícola é Ernst Gotsch. Suas práticas de agricultura sustentável mostraram-se bastante eficientes para o aumento na produção de alimentos e têm sido aprimoradas e utilizadas por muitos outros agricultores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Serapilheira. Decomposição. Agrofloresta.

## USE OF LITTER FOR SOIL MAINTENANCE AND SUSTAINABILITY AND FOOD PRODUCTION IN AGROFORESTRY SYSTEMS

**ABSTRACT:** Litter decomposition is the main entry route for nutrients into ecosystems. Much of the aboveground primary production returns to the ground as leaf litter. Natural changes in the amount of litter on the soil can influence the decomposition process and consequently the nutrients availability in the soil. The objective of this study was to understand the litter decomposition process in terrestrial ecosystems and to point out its effects on the chemical, physical and biological characteristics of the soil, in order to understand as the litter can influence management, restoration, food production and ecosystem conservation. For this, a research was carried out in articles and bibliographic publications about the importance of using litter to maintain sustainability and food production in agroforestry systems. The method used was of the comparative type, which consists of investigating facts and explaining them according to their similarities and differences. The results showed that the use of litter in agroforestry systems is a recent management practice that seeks the self-sustainability of production systems, ending the external dependence on inputs and non-renewable energy that conventional agricultural systems need today. Although little known by most farmers, some studies have confirmed the importance of litter for the entry of nutrients into the soil. One of

<sup>1</sup>Doutora em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Uberlândia. Docente temporária da rede estadual de ensino. E-mail: laurabyo@gmail.com.

<sup>2</sup>Doutora em Botânica. Docente no Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Barra do Garças. E-mail: tassiana.santos@bag.ifmt.edu.br.

the pioneer farmers to use this agricultural practice is Ernst Gotsch. Its sustainable agriculture practices showed to be quite efficient for the increasing food production. His techniques have been improved and used by many other farmers.

**KEYWORDS:** Litter. Decomposition. Agroforestry.

## 1. INTRODUÇÃO

O fluxo de nutrientes e energia são processos essenciais para o funcionamento e manutenção de ecossistemas terrestres (CHAPIN III et al 2011). Em solos pobres em nutrientes, como é o caso de muitos ecossistemas tropicais, a produtividade e a sustentabilidade do sistema dependem da ciclagem interna de nutrientes (ABER & MELILLO, 1991). A decomposição da serapilheira é a principal via de entrada de nutrientes nesses ecossistemas. Muita da produção primária acima do solo retorna ao solo como serapilheira. A maior parte dela é constituída principalmente de material vegetal como folhas, ramos, caules, flores e frutos (MAMILOV & DILLY, 2007), sendo o material foliar o mais expressivo em quantidade de nutrientes (MEGURO et al 1979). Dessa forma, este processo é fundamental para a contínua ciclagem de nutrientes, pois influencia a fertilidade dos solos (LAVELLE et al 1993), que é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento de ecossistemas pobres em nutrientes (VITOUSEK & SANFORD, 1986).

Dentre os fatores listados como controladores do processo de decomposição, a camada da serapilheira sobre o solo tem mostrado ter papel chave nesse processo, pois ajuda a manter as condições favoráveis para a decomposição. Isto porque a quantidade da serapilheira pode alterar o microclima (VILLALOBOS et al 2011), abundância e composição de artrópodes (SAYER et al 2006) e a disponibilidade de nutrientes no solo (SAYER, 2006). Mudanças naturais na quantidade da serapilheira sobre o solo podem influenciar o processo de decomposição. Isto porque tanto o aumento da quantidade de serapilheira sobre o solo, após período de secas severas, e/ou a remoção completa da camada da serapilheira devido à ocorrência de incêndios florestais, resultaria em alterações em dois dos principais fatores determinantes da decomposição: o microclima e a comunidade de decompositores do solo (SAYER, 2006; SAYER et al 2006).

A utilização da serapilheira em sistemas agroflorestais é uma prática de manejo recente que busca a autossustentabilidade dos sistemas de produção, acabando com a dependência externa de insumos e de energia não renovável que os sistemas convencionais de agricultura

precisam hoje. Isto porque o acúmulo da serapilheira dinamiza a vida do solo e possibilita a ciclagem de nutrientes, que por meio da decomposição das folhas, galhos, flores e frutos que caem, os nutrientes são novamente disponibilizados para as plantas, fechando o ciclo. A médio e longo prazo, este tem sido considerado o melhor adubo para manutenção e restauração dos solos (MICCOLIS et al 2016).

Atualmente, um dos grandes desafios da agricultura é aumentar a produção de alimentos e energia mantendo a fertilidade do solo e a biodiversidade. A implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) tem sido uma prática recente utilizada para a produção de alimentos, em que além de gerar retorno econômico, melhora as condições físicas e químicas do solo por diminuir a erosão e aumentar a quantidade de matéria orgânica nele depositada (MENDONÇA et al 2001). Apesar de não restaurar por completo a estrutura e biodiversidade, esta prática possibilita a recuperação de serviços ecossistêmicos essenciais para garantir a sustentabilidade do sistema, dentre eles a reciclagem natural dos nutrientes via decomposição da serapilheira.

A importância da serapilheira para a entrada de nutrientes no solo ainda é pouco conhecida pelos agricultores. Porém já existem alguns estudos que confirmam que na prática agrícola, o uso da serapilheira proporciona maior desempenho ambiental e qualidade dos alimentos, quando comparados ao sistema de cultivo convencional (FREITAS et al 2013; JUNQUEIRA et al 2013; FROUFE et al 2019; ALVES & ALENCAR, 2020). Muitas vezes, estas informações são levadas até eles por instituições de ensino que fazem parcerias com esses agricultores a fim de lhes oportunizar embasamento teórico e prático sobre assunto. Neste contexto, surge o questionamento de como funciona o processo de decomposição da serapilheira e quais seriam os benefícios quanto ao seu uso em relação à qualidade do alimento e geração de renda para o agricultor e simultaneamente, para a sustentabilidade do meio ambiente?

Assim, os objetivos deste artigo foram compreender o processo de decomposição da serapilheira nos ecossistemas terrestres e apontar seus efeitos sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo, além de compreender a influência da serapilheira para o planejamento de atividades de manejo, restauração e conservação dos ecossistemas terrestres e conhecer a relação entre o uso da serapilheira e produção de alimentos. Com isso, espera-se que as teorias e abordagens descritas aqui contribuam para a sensibilização e desenvolvimento de práticas agrícolas que minimizem os impactos provocados pelo uso intensivo do solo através das atuais práticas convencionais.

Para isto, foi realizada uma pesquisa em artigos e publicações bibliográficas sobre a importância do uso da serapilheira para a manutenção da sustentabilidade e a produção de alimentos em sistemas agroflorestais. O método utilizado foi do tipo comparativo que consiste em investigar fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e diferenças (LAKATOS & MARCONI, 1996).

Este artigo apresenta a seguinte estrutura organizacional: introdução, composta de justificativa, objetivos, aspectos teóricos e metodológicos; seguida dos tópicos “Decomposição da serapilheira; o papel da serapilheira na ciclagem de nutrientes, sistemas agroflorestais e a relação entre o uso de serapilheira e a produção de alimentos; onde refletiu-se sobre o uso da serapilheira como método natural de disponibilização de nutrientes em sistemas de produção, considerações finais e, por fim, referências”.

## **2. DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA**

Mediada por fatores bióticos e abióticos, a decomposição da serapilheira é resultado da quebra da matéria orgânica morta em dióxido de carbono, água e componentes do solo (CHAPIN III et al 2011). Isto se dá pela interação de três processos: lixiviação, fragmentação e alteração química. O primeiro corresponde a um processo abiótico em que há remoção de compostos solúveis por ação da água (SWIFT et al 1979). O segundo se refere à ação da fauna do solo, a qual irá reduzir o tamanho das partículas do material a ser decomposto, aumentando a área de exposição para a colonização de microrganismos. E por último, a alteração química da matéria orgânica morta que é primariamente uma consequência da atividade de bactérias e fungos, embora algumas reações químicas também ocorram espontaneamente no solo sem mediação microbiana (CHAPIN III et al 2011). A atuação desses processos envolve grande número e variedade de fatores, como parâmetros do clima, qualidade da serapilheira e composição de microrganismos do solo que, em parte, determinam o processo de decomposição e que variam de acordo com as condições locais e regionais (SILVER & MIYA, 1997).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura e precipitação são os mais importantes no controle da decomposição, pois influenciam o processo de lixiviação, e ao mesmo tempo criam condições apropriadas para o estabelecimento e atuação dos microrganismos (decompositores) (BERG et al 1993; VITOUSEK et al 1994). Por causa da dependência desses fatores climáticos, a taxa de decomposição varia dramaticamente entre regiões climáticas (BERG et al 1993), desde lenta em florestas temperadas onde há baixas temperaturas e precipitação (AERTS, 1997), e rápida em florestas tropicais, onde a alta temperatura e precipitação aceleram a

lixiviação e aumentam a atividade dos decompositores (LAVELLE et al 1993). Além disso, em regiões tropicais, em que esses fatores favorecem a decomposição, é possível que dentro desta região climática haja uma mudança na ordem dos fatores controladores no processo de decomposição (BERG et al 1993). Assim, o clima deixaria de ser o principal determinante do processo de decomposição, fazendo da qualidade da serapilheira o principal controlador da taxa de decomposição (AERTS, 1997).

O efeito da qualidade da serapilheira é evidente na taxa de decomposição, principalmente a quantidade de substâncias lixiviáveis e solúveis em água (HOBBIE & VITOUSEK, 2000). Sob as mesmas condições climáticas, a velocidade de decomposição pode variar de acordo com a porcentagem de lignina, polifenóis, carbono, nitrogênio, fósforo, enxofre e outros componentes (SWIFT et al 1979). Em particular, a concentração de nitrogênio (N) e fósforo (P), por exemplo, pode afetar a decomposição da serapilheira (KEMP et al 1994; LIU et al 2007), especialmente em ecossistemas com deficiência deles (MORETTO et al 2001; LIU et. al. 2006). Esses nutrientes são o maior recurso para o crescimento microbial, tornando mais rápido o processo de decomposição onde a concentração foliar desses nutrientes é maior (TAYLOR et al 1989). Além da qualidade nutricional, a qualidade do carbono que se refere ao tipo de ligações de carbono e a energia liberada por elas, também é bastante importante na taxa de decomposição (ABER & MELLILO, 1991). A lignina tem forte influência sobre a decomposição da serapilheira. Ela apresenta uma das menores taxas de decaimento e, para que sua decomposição seja iniciada, é preciso a liberação da energia durante a degradação de compostos de alta qualidade como os açúcares (ABER & MELLILO, 1991).

Apesar da forte influência dos fatores climáticos e a qualidade da serapilheira, a decomposição é resultado primário da atividade de microrganismos (decompositores). Os microrganismos do solo são os principais agentes da ciclagem de nutrientes, pois são capazes de digerir quase todo o substrato encontrado no solo, utilizando a energia e os nutrientes para o seu próprio crescimento, incluindo compostos orgânicos complexos como a lignina e celulose (CHAPIN III et al 2011). Fungos e bactérias são os principais responsáveis pela decomposição da serapilheira, e estão diretamente relacionados com a qualidade nutricional do material a ser decomposto e fatores climáticos, como a temperatura e umidade, que são responsáveis por promover a atividade microbial (AERTS, 1997; CHAPIN III et al 2011; WHENDEE & MIYA, 2001; PARTON et al 2007). Swift et al (1979) já sugeria que a contribuição da fauna do solo era dependente da região climática, assim o efeito da fauna do solo na dinâmica de decomposição deveria ser maior nos trópicos que em ecossistemas temperados por causa da reduzida variabilidade climática.

### 3. O PAPEL DA SERAPILHEIRA NA CICLAGEM DE NUTRIENTES

Na maioria dos ecossistemas, 50 a 80% de nutrientes do solo são liberados pela decomposição da serapilheira, principalmente nitrogênio (N), cálcio (Ca) e fósforo (P). A importância desse reaproveitamento de nutriente que se dá pela decomposição da serapilheira é evidente em vegetações que se mantêm em ecossistemas com baixa fertilidade dos solos (KOZOVITS et al 2007). Por isso, a deposição e a permanência da serapilheira e seu conteúdo de nutrientes sobre o solo dos ecossistemas pode refletir em sua capacidade produtiva e no seu potencial de recuperação, em consequência das modificações que irão ocorrer nas características químicas e na cadeia alimentar resultante do material orgânico adicionado ao solo (SCHUMACHER et al 2004).

O acúmulo da serapilheira varia de acordo com o ecossistema (CUNHA et al 1993), e isto tem mostrado influenciar diretamente a dinâmica de nutrientes. Experimentos de manipulação da serapilheira em ecossistemas naturais têm sido realizados comumente para avaliar as consequências de mudanças abruptas na quantidade de serapilheira sobre o processo de decomposição (SAYER et al 2006; CHEN et al 2014). No Panamá, por exemplo, Sayer & Tanner (2010) investigaram o efeito da remoção da serapilheira em floresta tropical e concluíram que a retirada da serapilheira sobre o solo alterou a ciclagem de nutrientes. Isto porque estes ecossistemas são caracterizados pela grande quantidade de serapilheira produzida e, em consequência, apresentam altas taxas de decomposição (CUEVAS, 2001; NARDOTO et al 2006, CHAVE et al 2010).

Especificamente para o Cerrado, caracterizado por apresentar solos pobres em nutrientes, especialmente N e P, considerada a maior restrição para o crescimento da planta (HARIDASAN, 2001), a disponibilidade de nutrientes nos solos é dependente da produção de biomassa e da decomposição da matéria orgânica (KOZOVITS et al 2007). A deposição da serapilheira ocorre principalmente durante a estação seca (BUCCI et al 2008). Entretanto, devido ao mecanismo conservativo das plantas, a serapilheira produzida tem alta razão C:N e C:P apresentando baixa taxa de decomposição (NARDOTO et al 2006). Estudos experimentais que envolvem manipulações na quantidade de serapilheira sugerem que a adição e/ou remoção da serapilheira altera parâmetros microclimáticos, como a temperatura e umidade do solo (VILLALOBOS-VEGA et al 2011), assim como a composição e abundância da fauna do solo (SAYER et al 2006), os quais implicam mudanças na decomposição da serapilheira. Isto porque o microclima influencia no processo de lixiviação e simultaneamente cria condição favorável à

fauna do solo (ADL, 2003), que também participa do processo, reduzindo o tamanho do material a ser decomposto e aumentando a área de exposição para a colonização de microrganismos (CHAPIN III et al 2011).

Silva (2017) também mostrou que mudanças abruptas na quantidade de serapilheira podem afetar sua decomposição no ecossistema, não por influenciar a fauna do solo, mas outros fatores, em especial, o microclima. Efeito similar também foi mostrado para outros ecossistemas naturais (SAYER, 2006; SAYER et al 2006; CHEN et al 2014), que de modo geral, também destacam a importância da camada de serapilheira no solo sobre a decomposição e disponibilidade de nutrientes para as plantas. Principalmente porque a quantidade de serapilheira produzida é menor que à quantidade produzida em florestas tropicais que apresentam altas taxas de decomposição (CUEVAS, 2001; NARDOTO et al 2006; CHAVE et al 2010).

VillaLobos-Vega et al (2011), em estudo de manipulação de serapilheira realizado em ecossistema de Cerrado, evidenciaram que a remoção total da serapilheira resultou no aumento da temperatura máxima do solo e na redução do conteúdo de água. O mesmo estudo mostrou que a adição de serapilheira acelerou o processo de decomposição por diminuir a temperatura máxima do solo e aumentar o conteúdo de água favorecendo assim a fauna do solo. Efeito similar foi apontado para outros ecossistemas (SAYER, 2006; SAYER et al 2006; CHEN et al 2014), que, de modo geral, também destacaram a importância da camada de serapilheira no solo sobre a sua decomposição. Isto é consistente, por exemplo, com o fato de que o clima e a qualidade da serapilheira tenham sido listados como os maiores controladores da decomposição em escala global como já descrito por estudos anteriores (SWIFT et al 1979, SILVER & MIYA, 2001; GARCIA-PALACIOS et al 2013), e que a fauna do solo exerceria maior influência na decomposição em florestas tropicais úmidas (GARCIA-PALACIOS et al 2013).

Alguns estudos foram realizados a fim de quantificar o quanto é transferido de nutrientes ao solo via serapilheira. Schumacher et. al. (2003), avaliando os aspectos envolvidos na transferência de serapilheira e nutrientes ao solo em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) com três anos de idade, em Butiá-RS, observaram que o maior fornecimento de nutrientes ao solo ocorreu através da fração de folhas. As frações com maiores teores de N, P e Mg foram flores e frutos, somente perdendo para as folhas e fezes da lagarta-desfolhadora *Adeloneivaia subangulata* quanto à concentração de Ca e não diferindo em relação ao K. A magnitude de transferência de nutrientes ao solo, em kg/ha, foi igual a 106,2 de N > 62,8 de Ca > 41,8 de K > 9,4 de Mg > 3,4 de P.

Giácomo et. al. (2012), ao avaliarem os aportes de serapilheira e nutrientes em áreas de mata mesofítica e cerradão na Estação Ecológica de Pirapitinga, observaram que as áreas estudadas possuíam um padrão semelhante em relação ao aporte de nutrientes seguindo a ordem de  $N > K > P$ . De modo similar, Mariano et. al. (2007), também avaliando o aporte anual de nutrientes via produção de serapilheira de outra espécie, *Coccoloba rosea* Meisn., demonstraram que o fluxo de nutrientes na serapilheira também apresentou a seguinte ordem:  $N > Ca > K > Mg > S > P$ . Porém o retorno anual desses nutrientes foi pequeno, o que foi considerado uma informação relevante para os autores uma vez que o solo na área de estudo era pobre em nutrientes, e este pequeno retorno pode estar ligado às características do solo.

#### **4. SISTEMAS AGROFLORESTAIS: RECICLANDO NUTRIENTES**

O maior desafio da ciência é encontrar um método no qual o agricultor produza os alimentos sem que haja impacto negativo sobre o meio ambiente. As consequências listadas hoje pelo mau uso dos solos é a erosão acelerada, assoreamento, perda de nutrientes e consequentemente, da biodiversidade. Para tentar reverter esta situação e manter a produtividade do solo, os agricultores convencionais têm utilizado dois métodos principais. O primeiro é a aplicação de grande quantidade de insumos agrícolas para repor os nutrientes perdidos. O segundo é a adoção da prática de agricultura itinerante, em que após o primeiro plantio, a terra é abandonada por não ser mais fértil e o produtor busca outro local para reiniciar o processo. Porém, este último método inclui a prática de desmatamento de vegetação nativa, o que interfere diretamente nos serviços ecossistêmicos ameaçando a sustentabilidade e manutenção dos sistemas (SILVA et al 2015).

Atualmente, práticas de agricultura sustentável têm sido o objetivo de muitos agricultores a fim de que o sistema continue mantendo a sua produtividade após um intenso esforço e alterações. Limon & Fernandez (2009) destacam que essa condição esteja relacionada ao caráter multidimensional inerente ao conceito de desenvolvimento sustentável, em que, para isso, precisa estar baseada na tripla perspectiva: econômica, social e ambiental. Dentre os indicadores dos sistemas de produção, a deposição de serapilheira e o aporte de nutriente via serapilheira têm sido listados como fatores importantes para determinar os níveis de sustentabilidade. Isto porque a quantidade de serapilheira e o seu conteúdo de nutrientes aportados ao solo refletem a sua capacidade produtiva e o seu potencial de recuperação ambiental, tendo em vista as modificações que irão ocorrer nas características químicas, físicas e biológicas (SCHUMACHER et al 2004).

Neste contexto, os sistemas agroflorestais (SAFs) surgiram como uma forma de uso sustentável da terra, em que as espécies agrícolas e florestais são manejadas em associação, baseadas em processos naturais e no ecossistema de cada lugar. O objetivo principal dos SAFs é aperfeiçoar o uso da terra conciliando com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão sobre o uso da terra para a produção agrícola (ENGEL & PARROTA, 2003). Dentre as técnicas de manejo em um SAF, está o acúmulo de matéria orgânica sobre o solo, proveniente da própria deposição de serapilheira da variedade de plantas e principalmente da poda direcionada das árvores e outras espécies, como arbustos (SILVEIRA et al 2007). Com isso, todo o material que cobre o solo o mantém mais úmido, o protege contra erosão e lixiviação, disponibiliza abrigo para fauna do solo e para microrganismos (macro, meso e microfauna edáfica) promovendo a ciclagem de nutrientes (CHAPIN III et al 2011).

O uso da cobertura vegetal morta constitui uma técnica que tem mostrado viabilidade para maior produção e posterior sustentabilidade dos solos de regiões tropicais. Além do fornecimento contínuo de nutrientes, a camada de serapilheira protege o solo de erosões e contribui para o restabelecimento de propriedades físicas, químicas e biológicas (TILMAN et al 2002). Estudos realizados em ecossistemas tropicais, por exemplo, têm mostrado que a matéria orgânica depositada no solo via deposição da parte aérea senescente das comunidades vegetais são responsáveis pela maior quantidade de nutrientes que é disponibilizada nos solos (VIEIRA et al 2009; SILVA et al 2011; FREITAS et al 2016). Neste contexto, a formação e a decomposição da serapilheira sobre os solos representam uma forma de contribuição para a reativação da ciclagem de nutrientes entre a planta e o solo, restabelecendo suas condições naturais e tornando possível o desenvolvimento da vegetação.

No século passado, a importância da serapilheira já havia sido reconhecida em sistemas agroflorestais e povoamentos florestais nativos e implantados, em que foi observado que a remoção da serapilheira do solo provocou a diminuição da produtividade de florestas de coníferas (PRITCHETT, 1976). Recentemente, a serapilheira ainda tem mostrado contribuir na sustentabilidade do sistema por disponibilizar aos poucos, pela decomposição, o retorno dos nutrientes para as plantas. Isto foi demonstrado, por exemplo, em estudo de Lima et. al. (2010) ao avaliar o estoque de serapilheira acumulada e quantificar os teores de N, P, K, Ca e Mg em sistemas agroflorestais com seis e dez anos de adoção, agricultura de corte e queima de floresta natural. Neste estudo, os SAFs apresentaram os maiores teores de nutrientes nas frações da serapilheira, seguindo a sequência  $N > Ca > K > P > Mg$ , entretanto, o maior valor de estoque nutricional no SAF com dez anos de adoção refletiu a importância da serapilheira para a manutenção da sustentabilidade desse sistema, que pode ser considerado como o mais

promissor em relação aos demais sistemas estudados que foram representações de práticas convencionais ainda realizadas no meio rural.

De modo similar, Freitas et al (2016), avaliando os impactos do uso do solo pela agricultura familiar nos estoques de carbono do solo na qualidade e quantidade acumulada da serapilheira, observou que entre os sistemas antropizados, o SAF apresentou maior produção de serapilheira, acúmulo de nutrientes nos resíduos e maior estoque de carbono no solo no período seco.

Por fim, Froufe et al (2019), ao quantificar a serapilheira acumulada acima do solo e a sua contribuição para o retorno de nutrientes através do processo de decomposição em SAF sucessional e área de regeneração natural na Mata Atlântica, observou que apesar de sua baixa contribuição na quantidade total de serapilheira, a fração da folha é capaz de retornar pelo menos 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 5 kg ha<sup>-1</sup> de P e 10 kg ha<sup>-1</sup> de K para o solo de sistemas agroflorestais multiestratificados, reduzindo a dependência de insumos externos de NPK aos pequenos agricultores.

De modo geral, estes estudos demonstram que o aporte de matéria orgânica acumulada sobre o solo contribui para um aumento constante da fertilidade do solo, necessitando cada vez menos de adubos químicos.

## **5. RELAÇÃO ENTRE O USO DA SERAPILHEIRA E A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS**

Alguns agricultores têm mostrado conhecer os benefícios da camada de serapilheira sobre o solo e já têm aplicado na agricultura agroecológica. Um deles é Ernst Gotsch, agricultor e pesquisador suíço com mais de 40 anos de experiência e realizações no campo da agricultura sustentável, ele desenvolveu técnicas que reconciliam a produção agrícola com a regeneração da paisagem. Uma destas práticas é a do acúmulo de matéria orgânica sobre o solo, a partir do desenvolvimento de um modelo de agricultura sintrópica que propõe manter o solo sempre coberto por espécies vegetais em crescimento que vão contribuir desde a otimização da fotossíntese a entrada contínua de matéria orgânica. Este método se mostrou tão eficiente que uma das primeiras aplicações práticas resultou na recomposição da vegetação nativa de uma fazenda de 410 hectares de terras antes degradadas (GOTSCH, 2019). Desde então, por volta de 1995, Ernst e colaboradores têm espalhado a agricultura sintrópica, produzindo alimentos em florestas e ganhando dinheiro com esta prática. Dentre os alimentos produzidos por eles destaca-se o cacau, que é exportado por um valor quatro vezes superior ao produzido

convencionalmente e com qualidade superior (TAGUCHI, 2016). Segundo ele, estas são qualidades adquiridas devido ao equilíbrio ecológico do sistema contribuindo diretamente com a reciclagem de nutrientes, estratégia similar a que a natureza utiliza.

Outra prática de manejo bastante utilizada em SAFs, inclusive por Ernst Gotsch, é o depósito de material foliar proveniente da poda de plantas. Esta matéria orgânica é utilizada para formar a camada de serapilheira que é depositada sobre o solo onde serão decompostos e nele incorporados em função dos processos de mineralização e humificação promovendo a ciclagem de nutrientes (FASSBENDER, 1993). Isto foi observado em um estudo de pesquisa realizado em SAF, no Estado de Roraima, em que podas de ingá-de-metro (*Inga edulis* Mart.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) contribuíram para o acúmulo do material vegetal sobre o solo, resultando no aporte de nutrientes contidos nesta biomassa para a manutenção da fertilidade. O resultado deste manejo mostrou ainda que o cupuaçuazeiro foi a espécie que apresentou melhor produtividade em solos com maior fertilidade em comparação com as sete espécies implantadas (ARCO-VERDE et al 2009). Resultado similar foi observado no estudo de Silveira et. al. (2007), em que o manejo de poda da vegetação para a formação da camada de serapilheira sobre o solo apontou que os sistemas mais promissores na recomposição dessas funções ecológicas foram aqueles em que o aporte de nutrientes era via serapilheira, comparado a monocultura de banana e capoeira (SILVEIRA et al 2007). De modo similar, Junqueira et. al. (2013) mostrou a mudança na qualidade do solo sob diferentes aspectos, dentre eles a cobertura do solo comparando com os relatos de agricultores que trabalham com SAFs. Ao analisar os relatos dos agricultores sobre as práticas utilizadas nos SAFs, os autores verificaram que para eles houve uma melhoria significativa na qualidade do solo e que esta poderia ser uma alternativa para produção agrícola.

A utilização da serapilheira como lixo orgânico também foi verificada recentemente no estudo de Alves & Alencar (2020). Os autores, por meio das análises práticas e técnicas adotadas, observaram que o trabalho feito pelos produtores, ao cultivar no seu espaço rural o SAF, beneficiou a comunidade, dentre eles o desenvolvimento sustentável e a melhoria na qualidade do solo com as técnicas utilizadas no qual há produção de frutos orgânicos não só para o consumo, mas também para o comércio. Com isso, podemos destacar que este o sistema agroflorestal é de grande importância para as famílias que o cultivam, pois permite a eles atingir o desenvolvimento local sob a perspectiva da sustentabilidade.

Estas e outras práticas de manejo utilizadas no SAF contribuíram para proporcionar maior desenvolvimento local através da geração de emprego e renda na comunidade, variedade e melhorias técnicas na produção, levando a um aumento da capacidade produtiva da terra e ao

equilíbrio ecológico. Estas melhorias sociais significativas na qualidade de vida destes produtores possibilitaram o aumento da renda do agricultor por preservar a qualidade do solo e diversificar a produção de alimentos.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A camada da serapilheira mostrou beneficiar tanto as condições edáficas quanto o desenvolvimento das plantas. Isto porque a serapilheira tem um importante papel na manutenção da fertilidade do solo através da sua decomposição, no qual esse processo libera gradativamente nutrientes para o solo, melhorando as características químicas, físicas e biológicas, proporcionando maior capacidade de produtividade a longo prazo. O uso da serapilheira é um método natural de aproveitamento dos recursos provenientes de ambientes naturais que se revelou também muito eficaz e benéfico em sistemas de produção, como os sistemas agroflorestais. Cabe ressaltar que os benefícios demonstrados foram a partir dos casos citados de agricultores que utilizam a serapilheira como técnica de manejo para manutenção e conservação dos sistemas de produção e conseqüentemente do ambiente. As principais vantagens neste método é a manutenção da fertilidade do solo por meio da ciclagem de nutrientes via serapilheira e baixo e/ou zero custo na aquisição de insumos para o cultivo de alimentos.

Salienta-se a importância da propagação deste conhecimento aos agricultores familiares, principalmente por instituições de ensino, para que estas técnicas sejam também adotadas por eles a fim de diminuir o custo de produção de alimentos para o sustento familiar e além de sensibilizá-los para a conservação e manutenção do meio ambiente.

## **REFERÊNCIAS**

ADL, Sina M. **The ecology of soil decomposition**. CABI Publishing. Cambridge MA, USA. 2003.335p.

AERTS, Rien. **Climate, leaf litter chemistry and the decomposition in terrestrial ecosystems: A triangular relationship**. *Oikos* 79: 439-449. 1997.

ALVES, Denis Fernandes; ALENCAR, Matheus Oliveira de. **A exploração do sistema agroflorestal e potencialização do desenvolvimento local: um estudo de caso de Caririaçu/CE**. *Latin American Journal of Business Management*. 11 (1): 43-54. 2020.

ARCO-VERDE, Marcelo F; SILVA, Ivan C; MOURÃO-JÚNIOR, Moisés. **Aporte de nutrientes e produtividade de espécies arbóreas e de cultivos agrícolas em sistemas agroflorestais na Amazônia.** Floresta 39 (1): 11-22. 2009.

BERG, B; BERG, M. P; BOTTNER, P., BOX, E; BREYMEYER, A., CALVO DE ANTA, R; COUTEAUX, M; ESCUDERO, A; GALLARDO, A; KRATZ, W; MADEIRA, M; MALKONEN, E; McCLAUGHERTY, C; MEENTEMEYER, V; MUNOZ, F; PIUSSI, P; REMACLE, J; VIRZO DE SANTO, A. **Litter Mass Loss Rates in Pine Forests of Europe and Eastern United States: Some Relationships with Climate and Litter Quality Source.** Biogeochemistry 20(3): 127- 159. 1993.

BUCCI, Sandra J; SCHOLZ, Fabian G; GOLDSTEIN, Guillermo; HOFFMANN William A; MEINZER, Frederick C; FRANCO, Augusto C; GIAMBELLUCA, Thomas; MIRALLES-WILHELM, Fernando. **Controls on stand transpiration and soil water utilization along a tree density gradient in a Neotropical savanna.** Agricultural and Forest Meteorology 148(6-7): 839-849. 2008.

CHAPIN, F. Stuart III; MATSON, Pamela A; VITOUSEK, Peter M. **Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology.** Springer, New York. 2011. 529 p.

CHAVE, J; NAVARRETE, D; ALMEIDA, S; ALVAREZ, E; ARAGÃO, Leo C; BONAL, D; CHATELET, P; SILVA-ESPEJO, J; GORET, J; HILDEBRAND, P. **Regional and seasonal patterns of litterfall in tropical South America.** Biogeosciences 7:43-55. 2010.

CHEN, Hao; GURMESA, Geshere A; LIU, Lei; ZHANG, Tao; FU, Shenglei; LIU, Zhanfeng; DONG, Shaofeng; MA, Chuan; MO, Jiangming. **Effects of Litter Manipulation on Litter Decomposition in a Successional Gradients of Tropical Forests in Southern China.** Plos One 9(6): 1-9. 2014.

CUEVAS, Elvira. Soil versus biological controls on nutrient cycling in terra firme forests. In MCCLAIN, ME., VICTORIA, RL. and RICHEY, JE. **The biogeochemistry of the Amazon Basin.** New York: Oxford University Press. 2001. p. 53-67.

ENGEL, Vera L; PARROTTA, John A. **Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais.** In: KAGEYAMA, P Y; OLIVEIRA, R E; MORAES, L F D; ENGEL, V L; GANDARA, F B (orgs.), Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF. 2003. p. 3-26.

FASSBENDER, Hans W. **Modelos edafológicos de sistemas agroforestales.** Turrialba: CATIE, 491 (Serie de materiales de enseñanza no. 29). 1993.

FREITAS, Idelfonso C de; SANTOS, Felipe CV dos; CUSTÓDIO-FILHO, Ronaldo; CORRECHEL, Vladia. **Carbono no solo, acúmulo e qualidade da serapilheira em sistemas de produção familiar.** Floresta 46 (1): 31 – 38. DOI: 10.5380/ufv.v46i1.42065. 2013.

FROUFE, Luís Claudia M; SCHWIDERKE, Daniel K; CASTILHANO, Amanda C; CEZAR, Raul M; STEENBOCK, Walter; SEOANE, Eduardo; BOGNOLA, Itamar A; VEZZANI, Fabiane M. **Nutrient cycling from leaf litter in multistrata successional agroforestry**

**systems and natural regeneration at Brazilian Atlantic Rainforest Biome.** Agroforest Systems. DOI: 10.1007/s10457-019-00377-5. 2019.

GARCIA-PALACIOS, Pablo; MAESTRE, Fernando T; KATTGE, Jens; WALL, Diana H. **Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes.** Ecology Letters 16(18): 1045-1053. 2013.

GIÁCOMO, Romulo G; PEREIRA, Marcos G; MACHADO, Deivid L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerrado e mata mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG. **Ciência Florestal** 22 (4): 669-680. 2012.

GOTSCH, Ernst. **Agenda Gotsch.** Disponível em: <<https://agendagotsch.com/pt/>>. Acesso em: 14 out. 2020. 2019.

HARIDASAN, Mundayatan. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the cerrados of Central Brazil. McCLAIN ME, VICTORIA RL, RICHEY JE, editors. **Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world.** Oxford University Press, New York. P 68-83. 2001.

HOBBIE, Sarah E; VITOUSEK, Peter M. **Nutrient Limitation of Decomposition in Hawaiian Forests.** Ecology 81 (7): 1867-1877. 2000.

JUNQUEIRA, Alexandre C; SCHLINDWEIN, Marcelo N; CANUTO, João Carlos; NOBRE, Henderson G; SOUZA, Tatiane de Jesus Marques. **Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária.** Revista Brasileira de Agroecologia. 8(1): 102-115. 2013.

KOZOVITS, Alessandra R; BUSTAMENTE, Mercedes MC; GAROFALO, Catarina R, BUCCI, Sandra, FRANCO, Augusto César, GOLDSTEIN Guillermo, MEINZER, Frederick C. **Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical savanna.** Functional Ecology 21: 1034-1043. 2007.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Atlas. 1996.

LAVELLE, Patrick; BLANCHART, Eric; MARTIN, Agnes; MARTIN, Serge. **A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics.** Biotropica 25: 130 – 150. 1993.

LIMA, Sandra Santana de; LEITE, Luiz Fernando Carvalho; AQUINO, Adriana Maria de; OLIVEIRA, Francisco das Chagas; CASTRO, Antonio Alberto Jorge Farias. **Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí.** Revista Árvore 34 (1): 75-84. 2010.

MAMILOV, Anvar Sh; DILLY, Oliver. **Microbial characteristics during the initial stages of litter decomposition in forest and adjacent cropland soil.** Ecological engineering 3(1): 147–153. 2007.

MARIANO, Katia Rose Silva; MARIANO-JÚNIOR, Carlos Alberto Santiago; AMORIM, Solange Maria Costa de; SILVA, Kilma Kelly Almeida; SOUZA, Ricardo Junior Miranda de.

**Aporte de nutrientes ao solo via produção de serapilheira pela espécie *Colloba rosea* Meisn.** Revista Brasileira de Biociências 5: 384-386. 2007.

MEGURO, Marico; VINUEZA, Gilberto N; DELITTI, Welington Braz Carvalho. **Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária** - São Paulo. I - Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. Boletim de Botânica 7: 11-31. 1979.

NARDOTO, Gabriela B; BUSTAMANTE, Mercedes M. C; PINTO, Alexandre S; KLINK, Carlos A. **Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire.** Journal of Tropical Ecology 22: 191-201. 2006.

PARTON, William; SILVER, Whendee L; BURKE, Ingrid C; GRASSENS L; HARMON, Mark E; CURRIE, William S; KING, Jennifer Y; ADAIR, E Carol; BRANDT, Leslie A; HART, Stephen C; FASTH, Becky. **Global scale similarities in nitrogen release patterns during long-term decomposition.** Science 315: 361-364. 2007.

PRITCHETT, William L. **Properties and management of Forest soils.** New York: J. Wiley 500p. 1979.

SAYER, Emma J. **Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems.** Biological Reviews 81: 1 – 31. 2006.

SAYER, Emma J; TANNER, EDMUND V. J; LACEY, Alfred L. **Effects of litter manipulation on early-stage decomposition and meso-arthropod abundance in a tropical moist forest.** Forest Ecology and Management 229: 285 – 293. 2006.

SAYER, Emma J; TANNER, Edmund V J. **Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling.** Journal of Ecology 79: 10-22. 2010.

SCHUMACHER, Mauro V; BRUN, Eleandro J; RODRIGUES, Loiva M; SANTOS, Elias M. **Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul.** Revista Árvore, p. 791-798. 2003.

SCHUMACHER, Mauro V; BRUN, Eleandro J; HERNANDES, Jonas I; KONIG, Flávia G. **Produção de serapilheira em ma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Município de Pinhal Grande - RS.** Revista Árvore 28(1): 29-37. 2004.

SILVA, Daniela C; SILVA, Marx LN; CURI, Nilton; OLIVEIRA, Anna H; SOUZA, Fabiana S; MARTINS, Sérgio G; MACEDO, Renato LG. **Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa.** Revista de Estudos Ambientais 13: 77-86. 2011.

SILVA, Laura Vivian Barbosa. **Impacto das alterações ambientais sobre a decomposição da serapilheira em vegetação de Cerrado.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Uberlândia. 114p. 2017.

SILVEIRA, Nina D; PEREIRA, Marcos G; POLIDORO, José C; TAVARES, Silvio R L; MELLO, Rodrigo B. **Aporte de nutrientes e biomassa via serapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ)**. Ciência Florestal 17 (2): 129-136. 2007.

SWIFT, Michael J; HEAL OW, ANDERSON, Jonathan Michael. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. University of California Press, Berkley, CA. 1979. 372 p.

TILMAN, D; CASSMAN, K G; NAYLOR, M R; POLASKY, S. **Agricultural sustainability and intensive production practices**. Nature. v.418, p.671-677, 2002.

VIEIRA, Jackson Aparecido Gomes; TEIXEIRA, Michelle Barbosa; LOSS, Arcângelo; LIMA Eduardo; ZONTA, Everaldo. **Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes ao solo pela espécie *Eucalyptus urograndis***. Revista Brasileira de Agroecologia. v. 4, p. 40-43. 2009.

VILLALOBOS-VEGA, Randol; GOLDSTEIN, Guillermo; HARIDASAN, Mundayatan; FRANCO, Augusto C; MIRALLES-WILHELM, Fernando; SCHOLZ, Fabian G; BUCCI, Sandra J. **Leaf litter manipulations alter soil physicochemical properties and tree growth in a Neotropical Savana**. Plant Soil 346: 385-397. 2011.

VITOUSEK, Peter M; SANFORD, Robert L. **Nutrient cycling in moist tropical forest**. Annu. Rev. Ecol. Syst. 17:137-167. 1986.

VITOUSEK, Peter M; TURNER, Douglas R; PARTON, William J, SANFORD, Robert L. **Litter Decomposition on the Mauna Loa Environmental Matrix, Hawaii: Patterns, Mechanisms, and Models**. Ecology 75 (2): 418-429. 1994.

TAGUCHI, Viviane. **Agricultura sintrópica desperta o interesse de produtores de todo o país**. Revista Globo Rural. Ed 370. <<https://revistagloborural.globo.com/Revista/noticia/2016/07/floresta-de-alimentos.html>>. 2016.

SILVER, Whendee L; MIYA, Ryan K. **Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects**. Oecologia 129:407-419. 2001.