



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**INSTITUTO DE FLORESTAS**

**CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES UTILIZADAS  
PARA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.**

**PEDRO MEDRADO KRAINOVIC**

**ORIENTADOR: ALEXANDER SILVA DE RESENDE**

Seropédica –RJ

Dezembro, 2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**INSTITUTO DE FLORESTAS**

**CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES UTILIZADAS  
PARA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.**

**PEDRO MEDRADO KRAINOVIC**

**ORIENTADOR: ALEXANDER SILVA DE RESENDE**

**Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.**

Seropédica, RJ

Dezembro, 2008



**TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES UTILIZADAS  
PARA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.**

**Monografia aprovada em: 15/12/2008**

BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Alexander Silva de Resende  
Pesquisador Embrapa Agrobiologia  
Orientador

---

Dr. Guilherme Montandon Chaer  
Pesquisador Embrapa Agrobiologia

---

Dr. Marcos Gervasio Pereira  
Professor Departamento de Solos - IA

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo;

Aos meus pais, Martinho e Ariadna pelo incentivo e amor em todos os momentos;

Ao meu irmão, Ivo, por todos os momentos de companheirismo e amizade e aos meus irmãos ruralinos Felipe, Cristhofer, Raoni e Thiago, pelo respeito e alegria do convívio;

A Fernanda pelo companheirismo e amizade ao longo de toda a graduação;

À toda a minha família e amigos, por todo carinho e amor;

Ao meu orientador, Dr Alexander Silva de Resende, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho, além de todo apoio e amizade no decorrer das atividades;

À Adriana, Fernando, Telmo e todos os pesquisadores e bolsistas do Laboratório de Leguminosas e da Embrapa Agrobiologia, pelo apoio na realização das atividades e, principalmente pela amizade;

À UFRRJ pela graduação em Engenharia Florestal;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico, CNPq, pela bolsa concedida;

À Embrapa Agrobiologia, pelo apoio no decorrer das atividades;

À Fundação de Apoio a Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro, FAPERJ e ao CNPq pelo financiamento do trabalho.

## RESUMO

### TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES UTILIZADAS PARA ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.

Várias das espécies que compõem a família botânica Leguminosae são capazes de associar-se simbioticamente com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, e são utilizadas como adubação verde em Sistemas Agroflorestais (SAF's). Portanto, estas espécies constituem uma rica fonte de matéria orgânica e podem concomitantemente influenciar as propriedades físicas e biológicas dos solos, além do ciclo biogeoquímico dos nutrientes. Entretanto existe pouco conhecimento a respeito da dinâmica dos nutrientes liberados pelas diferentes espécies utilizadas nos Sistemas Agroflorestais no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica de decomposição de quatro espécies vegetais, três espécies de Leguminosas arbóreas (*Acaia mangium*, *Senna siamea* e *Schyzolobium parahyba*) e uma Gramínea (*Panicum maximum*) por meio da técnica de *litter bags*. Também foi feita a caracterização química inicial do material, obtendo os teores de nitrogênio, carbono, lignina, celulose e polifenóis presentes nas folhas. Diferentes taxas de decomposição foram observadas em função das diferentes espécies, do conteúdo de nutrientes e da composição inicial de lignina, celulose e polifenóis das folhas. Foram obtidas correlações envolvendo o teor de nitrogênio presente nas folhas das espécies avaliadas e os teores de lignina, polifenóis, (lignina + polifenóis) e carbono. Foram observados dois grupos com semelhante velocidade de decomposição e composição química, podendo ter distintos usos. Os resultados apontam para a importância de haver sincronismo entre a poda das espécies utilizadas como adubação verde e as demandas da cultura de interesse, tendo em vista o pico de liberação de nutrientes pelos adubos verdes e o pico de absorção de nutrientes.

## ABSTRACT

### DECOMPOSITION RATE OF FOUR PLANT SPECIES USED AS GREEN MANURE IN AGROFORESTRY SYSTEMS.

Different legume trees, some of which fix efficiently nitrogen through their associated bacteria, are used as green manure in agroforestry systems. Thus, they constitute a source of organic matter and may concomitantly influence the physico-chemical properties of soils and biogeochemical cycle of nutrients. However, little is known about the dynamics of nutrient release from plant species in agroforestry systems in Brazil. The aim of this work was to examine the decomposition dynamics of different plant species. Three legume trees (*Acaia mangium*, *Senna siamea* and *Schyzolobium parahyba*) and one grass (*Panicum maximum*) were studied by the litter bag technique. The characterization of nitrogen, carbon, lignin, cellulose and polyphenols from leaves was performed as well. Different decomposition rates were observed depending on the plant species, and nutrient, lignin, cellulose and polyphenol contents of leaves. Correlations were obtained between nitrogen content in leaves and some parameters such as lignin, polyphenols, (lignin+polyphenol), and C. Our results therefore point out the importance of synchronization of pruning and nutrient demand of cultivated plants in respect of peaks of nutrient release from green manure.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURA.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo Geral.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1 ciclagem de nutrientes na sustentabilidade de sistemas agroflorestais.....	3
3.2 Adubação verde.....	4
3.3 Plantas adubadeiras – As Leguminosas como fonte de nutrientes em sistemas de produção.....	6
3.4 Importância do conhecimento da dinâmica de decomposição e da caracterização química de espécies vegetais.....	7
4. MATERIAL E METODOS.....	8
4.1 Caracterização da área de estudo.....	8
4.2 Caracterização inicial dos teores de nitrogênio, polifenol e relação C:N no tecido foliar de quatro espécies vegetais.....	8
4.3 Coleta das amostras no campo.....	9
4.4 Avaliação da taxa de decomposição.....	9
4.5 Estudo de correlação entre características químicas e taxa de decomposição do material.....	12
5. RESULTADOS e DISCUSSÃO .....	13
5.1 Caracterização inicial dos teores de umidade, nitrogênio, celulose, lignina, polifenol e relação folhas C:N nas de espécies avaliadas.....	13
5.2 Velocidade de decomposição de massa seca e liberação de nitrogênio e a relação entre a composição química inicial e a dinâmica de decomposição.....	15
6. CONCLUSÕES.....	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - <i>Litter bag</i> alocado na entre linha do corredor agroflorestal .....	10
<b>Figura 2</b> - Divisão do corredor em seguimentos .....	11



## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Percentual de massa remanescente.....	16
<b>Gráfico 2</b> - Percentual de nitrogênio remanescente.....	17

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Identificação das espécies avaliadas e período fenológico.....	9
<b>Tabela 2</b> - Caracterização química inicial do material vegetal analisado.....	13
<b>Tabela 3</b> – Pluviosidade no período de avaliação.....	15
<b>Tabela 4</b> – Médias de massa seca remanescente percentual para cada tempo de coleta.....	16
<b>Tabela 5</b> – Médias do teor de nitrogênio remanescente para cada tempo de coleta.....	17
<b>Tabela 6</b> – Correlação da precipitação com a massa e o nitrogênio remanescente .....	18
<b>Tabela 7</b> – Relações entre os compostos carbonados e o nitrogênio avaliadas.....	19
<b>Tabela 8</b> – Parâmetros das espécies avaliadas.....	20
<b>Tabela 9</b> - Coeficientes de correlação.....	23

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente expansão agrícola e o uso de práticas inadequadas de manejo, juntamente com a ocupação humana desordenada, tem contribuído para o surgimento cada vez maior de áreas degradadas, com conseqüências drásticas para o meio ambiente. O sistema tradicional de cultivo acarretou ao longo do tempo, a redução da qualidade das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Este processo inicia-se com a remoção da vegetação natural e acentua-se com os cultivos subseqüentes, promovendo a exposição direta do solo aos fatores climáticos, resultando em erosão, perda de nutrientes por transporte químico, redução dos teores de matéria orgânica e destruição da estrutura original (SOUZA & MELO, 2000; PERIN et al., 2000), o que propicia a degradação.

Áreas degradadas perdem sua capacidade produtiva, acarretando também em sérios problemas sociais, como o êxodo do homem no campo e a elevação da densidade demográfica das cidades. Este êxodo ocorre principalmente devido à inviabilidade de pequenos produtores recuperarem as condições de fertilidade de suas propriedades, à concorrência com grandes produtores e aos baixos preços dos produtos agrícolas aliado aos altos preços dos insumos e fertilizantes minerais. De acordo com o último censo agropecuário do Brasil, divulgado em (1995/96), existem no país 4,9 milhões de estabelecimentos rurais. Dos quais 75% estão inseridos no modelo de agricultura familiar. Deste total, 49% possuem área inferior a 10 hectares. No estado do Rio de Janeiro, houve uma forte redução no número destes estabelecimentos. Em 1985, haviam 91.280 estabelecimentos, enquanto em 1996 foram identificados apenas 53.680 (IBGE - CENSO AGROPECUÁRIO DO RIO DE JANEIRO, 1995/96). Estes dados indicam que a agricultura familiar vem perdendo força no Estado. Essa afirmativa pode ser extrapolada para todo o País.

Neste cenário, a busca de mecanismos alternativos que viabilizem a permanência do homem no campo torna-se essencial. Estudos e discussões têm ganhado força no cenário brasileiro na tentativa de amenizar os efeitos sociais e ambientais negativos e desenvolver técnicas agrícolas conservacionistas e sustentáveis, fundamentais para otimização da produção em pequenas propriedades, viabilizando a permanência do homem no campo.

A adubação verde surge como uma alternativa de produção que minimiza os efeitos de ações que promovem a degradação do solo. Ela favorece a cobertura do solo e aumenta a disponibilidade de nutrientes e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (CALEGARI et al., 1993).

No entanto, quando se pensa em adubação verde, o fornecimento de nutrientes no sistema produtivo ocorre via decomposição de fitomassa. Nesse processo, os elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal estão associados aos tecidos orgânicos e a sua liberação não ocorre de forma imediata.

Portanto, a obtenção de informações que permitam estimar o tempo no qual os nutrientes contidos nos adubos verdes estarão disponíveis para as culturas de interesse comercial, aliado às informações já existentes de demanda nutricional de culturas comerciais, poderá otimizar a aplicação de adubos verdes e a escolha de espécies mais indicadas para cada caso.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 – Geral.**

Gerar informações sobre a taxa de decomposição de diferentes espécies e suas respectivas características químicas, de forma a auxiliar no manejo da adubação verde.

### **2.2 - Específicos.**

Gerar informações sobre o teor de nitrogênio, celulose, lignina e polifenol nas folhas de diferentes espécies e determinar a taxa de decomposição e o tempo de meia vida;

Avaliar a relação existente entre a composição química inicial e a velocidade de decomposição, visando auxiliar tomadas de decisão no uso da adubação verde.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 - Ciclagem de nutrientes na sustentabilidade de sistemas agroflorestais.

Na natureza, os ecossistemas tendem a um equilíbrio dinâmico, no qual as entradas e saídas são equivalentes, buscando-se o menor gasto energético possível (RICKFLES, 2003).

Na zona tropical do globo terrestre estão localizadas áreas caracterizadas pela baixa fertilidade natural dos solos, decorrentes das elevadas médias de temperatura e umidade, o que favorecem o intemperismo e a lixiviação, propiciando a formação de solos mais intemperizados e menos férteis.

Entretanto, esses ecossistemas são amplamente conhecidos por sua exuberante flora e fauna. Neles vivem mais espécies de plantas e animais do que em todo o restante dos biomas do mundo juntos (RAVEN et al., 2001).

Segundo ODUM, (2001) o padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos, em especial nos trópicos úmidos, é diferente, do padrão da zona temperada setentrional. Nas regiões frias uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis permanece o tempo todo no solo ou no sedimento; nos trópicos uma percentagem muito maior está na biomassa. Esta recicla dentro da estrutura orgânica do sistema, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbioses mutualísticas entre microorganismos e plantas.

Assim, a sustentabilidade dos ecossistemas tropicais deve-se a um processo de contínua ciclagem de elementos químicos entre os organismos e o ambiente (RICKLEFS, 2001). As plantas incorporam C através do processo de fotossíntese, formando a biomassa vegetal. Durante o seu crescimento parte dessa biomassa produzida retorna ao solo, formando a camada de serrapilheira (COSTA et al., 2004). A ação do processo de decomposição sobre a serrapilheira proporciona a ciclagem de nutrientes.

No entanto a liberação de nutrientes através deste processo se dá de maneira gradual, e irá depender da qualidade do material, idade, composição química, biota edáfica, entre outros. E assim, os solos tropicais de baixa fertilidade são capazes de atender a produtividade das florestas tropicais úmidas.

Dentro desse contexto, e tendo em vista os conhecimentos em ecologia, estão sendo cada vez mais desenvolvidas técnicas agrícolas menos impactantes como o plantio direto e a adubação verde em sistemas consorciados de produção agrícola e florestal. O princípio da agrofloresta é o manejo da sucessão, da ciclagem de nutrientes e o consórcio de espécies como estratégia para manutenção da fertilidade do solo.

O uso de espécies arbóreas pioneiras para a adubação verde, principalmente as leguminosas, altera as condições do solo (físicas, químicas e biológicas). Ocorre uma melhoria da fertilidade, onde o nitrogênio é fornecido para outras espécies cultivadas, reduzindo o gasto com adubação nitrogenada (BLEVINS et al., 1990; HOLDERBAUM et al., 1990 OYER & TOUCHTON, 1990).

Nesse sentido a obtenção de informações que possibilitem a estimativa do tempo de liberação dos nutrientes contidos nos adubos verdes para o sistema produtivo via ciclagem de nutrientes, aliado às informações já existentes a respeito da demanda nutricional das culturas de interesse comercial, pode aperfeiçoar a aplicação desse fertilizante tornando possível o

estabelecimento de um sincronismo entre a demanda e a oferta de nutrientes em função da escolha das espécies envolvidas e das características químicas de cada material (lignina, polifenóis, relação C/N, celulose, N, etc) (CADISCH & GILLER, 1997).

### 3.2 - Adubação verde

A adubação verde é uma prática milenar que teve sua contribuição na história de muitos povos. Os chineses, gregos e romanos, antes da era cristã, já a utilizavam com sucesso a adubação verde na agricultura. Há referências sobre ela nos escritos de Catão, Columella, Plínio, Varrão e Paládio (GRANATO, 1925).

O conceito clássico de adubação verde pode ser assim enunciado: “consiste na prática de se incorporar ao solo massa vegetal não decomposta, de plantas cultivadas no local ou importadas, com a finalidade de preservar e/ou restaurar a produtividade das terras agricultáveis” (CHAVES, 1986). Por muito tempo a adubação verde restringiu-se ao uso somente de leguminosas, visando-se o aumento da produtividade pela adição de nitrogênio, ciclagem de nutrientes mais eficiente e da melhoria física e biológica do solo.

No final da década de 50, com o advento da modernização da agricultura, quando as políticas públicas estimulavam o uso intensivo da mecanização, da adubação mineral e dos agrotóxicos, a adubação verde foi submetida a um grande desestímulo a ponto dos agricultores abandonarem esta técnica antes utilizada em seus sistemas de produção (CALEGARI et al, 1993). A expansão do setor se deu de maneira a proporcionar uma rápida degradação dos solos agricultados, principalmente com a erosão, sem haver a utilização de qualquer prática conservacionista.

Na década de 70 afloraram sérios problemas de erosão, degradação da capacidade produtiva dos solos e conseqüente empobrecimento dos agricultores pelo aumento dos custos e decréscimo da produtividade. Esta situação fez com que voltassem as práticas biológico-vegetativas, anteriormente tradicionais nas propriedades agrícolas.

Em 1981, o CNPq promoveu na UFRRJ, um encontro nacional sobre a prática da adubação verde, com o objetivo de estimular e intercambiar experiências de pesquisadores, extensionistas e produtores (CALEGARI et al, 1993)

Para solucionar os inúmeros problemas da produção agropecuária, como a conservação do solo, a baixa produtividade dos cultivos e a degradação, vê-se a necessidade de buscar alternativas sustentáveis de produção, que podem ser entendidas como estratégias que contribuam para a manutenção da produção através do tempo, sem que ocorra a degradação da base natural da qual a produção depende (NAIR, 1991).

Estudos demonstram resultados promissores na utilização de outras plantas, de várias famílias botânicas como adubos verdes, além das leguminosas. Algumas vantagens desses materiais relacionam-se à sua elevada eficiência no rompimento das camadas compactadas, sistema radicular finamente dividido e possivelmente mais eficiente na absorção de nutrientes em ambientes pobres, caso das gramíneas (CINTRA & MIELNICZUK, 1983), elevada eficiência na reciclagem de fósforo (CLARKSON, 1985), maior estabilidade da cobertura morta, condição esta desejável em algumas situações. Além disto, as árvores são fundamentais na recuperação das funções ecológicas de ecossistemas degradados ou perturbados, uma vez que, possibilitam o restabelecimento de boa parte das relações entre plantas e animais (NÓBREGA, 2006).

Estudos também apontam que através do uso da adubação verde, ocorrem efeitos positivos de recuperação dos solos, em termos de sua agregação e estruturação, bem como a elevação dos teores de matéria orgânica e da CTC efetiva do solo.

A eficácia da adubação verde está condicionada à escolha adequada do adubo verde a ser plantado, levando-se em conta fatores climáticos, o solo, o sistema agrícola adotado e a finalidade desta adubação (GILLER, 2001). Caracteriza-se o comportamento das espécies em potencial, quanto à capacidade de produzir biomassa vegetal, a qualidade desse material, a velocidade em que os nutrientes contidos nele estarão liberados no sistema e a capacidade de rebrota após o corte. A espécie que apresentar um bom crescimento vegetativo, com material rico em nutrientes, sistema radicular profundo e capacidade de associar-se a fungos e/ou bactérias será considerada eficiente para este fim, mesmo sabendo-se da variabilidade da velocidade de decomposição dos resíduos.

O clima constitui um condicionante básico da dinâmica dos processos químicos e biológicos que ocorrem na natureza. Segundo CALEGARI et al, (1993), a velocidade de decomposição da matéria orgânica, pode aumentar em até 4 vezes das regiões temperadas para os trópicos, apenas em função das características climáticas, mais especificamente pelas diferenças térmicas, hídricas e de fotoperíodo. Além das características edafoclimáticas, outros diversos fatores estão relacionados à decomposição dos resíduos vegetais adicionados ao solo, tais como composição química dos resíduos e as estratégias de manejo do solo e da planta.

Diversos indicadores têm sido estudados para explicar a influência da composição química dos resíduos vegetais na sua decomposição e liberação de nutrientes no solo. Entre os indicadores existentes na planta pode-se citar: Teor de N, relação C/N, teor de lignina e relação lignina/N, teor de polifenóis, relação polifenóis/N e a relação (lignina + polifenóis)/N.

Para que um adubo verde seja empregado com eficiência como fonte de fertilização, é de fundamental importância que haja sincronismo entre os nutrientes liberados pelos resíduos da planta e a demanda da cultura de interesse comercial. Se houver alta taxa de mineralização dos nutrientes contidos nas espécies utilizadas como adubo verde fora do período de maior demanda nutricional da cultura de interesse econômico, pode haver perdas por lixiviação e a cultura não será beneficiada (CREWS & PEOPLES, 2005).

De maneira geral, resíduos com baixa relação C/N e reduzidos teores de lignina e polifenóis apresentam rápida mineralização e fornecem grande quantidade de N para as culturas, ao passo que resíduos com alta relação C/N e elevados teores de lignina e polifenóis decompõem-se mais lentamente, podendo causar a imobilização de N para os cultivos posteriores, o que reforça a necessidade do conhecimento das características químicas do resíduo vegetal.

Outro fator que merece destaque são os efeitos negativos que podem existir no uso de adubos verde. Segundo SANCHES, (1976), as espécies precedentes podem exercer efeitos benéficos ou maléficos sobre o rendimento das culturas que a seguem. Assim, o efeito alelopático de substâncias fitotóxicas existentes nos resíduos, e/ou produzidos durante a decomposição dos mesmos é um fator a ser considerado no uso dessa prática.

### **3.3 - Plantas adubadeiras – leguminosas como fonte de nutrientes em sistemas de produção.**

A família botânica Leguminosae é uma das mais importantes nos trópicos, apresentando representantes herbáceos, arbustivos e arbóreos distribuídos em mais de 650 gêneros (FRANCO et al., 2003). Do ponto de vista ecológico, destaca-se pela sua ampla ocorrência e adaptação nos diversos biomas brasileiros.

Ao mesmo tempo em que o nitrogênio (N) é um elemento abundante, compreendendo 78% da composição atmosférica, é escasso para os seres vivos. Isto ocorre por ser um elemento altamente inerte. Corresponde a um elemento essencial para os seres vivos, limitando a produção de muitos ecossistemas.

Se os níveis de N no solo puderem ser mantidos ou melhorados, os sistemas agrícolas poderão tornar-se estáveis, possibilitando uma agricultura continuamente produtiva (SEIFFERT, 1982).

Nesse âmbito, as leguminosas tropicais são amplamente utilizadas como adubos verdes. As espécies dessa família destacam-se das demais principalmente, porque em sua maioria, nodulam e fixam nitrogênio atmosférico (FARIA & CAMPELLO, 1999) e muitas se associam a fungos micorrízicos. A simbiose planta + bactérias diazotróficas + fungos micorrízicos adquire a capacidade de incorporar C e N ao solo, sendo mais eficientes na absorção de nutrientes e tornando-se mais tolerantes aos estresses ambientais (FRANCO & FARIA, 1997).

A fixação biológica é um processo onde ocorre a redução do N<sub>2</sub> por ação da enzima nitrogenase, presente em alguns organismos de vida livre, ou nos que se associam a alguns grupos de plantas. A associação rizóbio/leguminosas é a que apresenta maior expressão nos processos microbiológicos, embora sejam observados outros organismos ou associações. A quantidade de nitrogênio fixado pelas leguminosas durante o período vegetativo é em função das espécies e das condições edafoclimáticas (CALEGARI et al., 1992).

Devido a fixação biológica do nitrogênio por parte das leguminosas, elevados teores desse nutriente são encontrados em seus tecidos, acarretando uma baixa relação C:N, favorecendo a formação de matéria orgânica. No que tange a imobilização de carbono no solo, para cada 10 unidades de carbono seqüestrado existe a necessidade de imobilizar uma unidade de nitrogênio (SISTI et al., 2004).

A fixação biológica de N via leguminosas é, portanto, um assunto de grande importância atual, principalmente em se tratando do uso de adubos verdes. Com base no conhecimento de adaptação de leguminosas através de seleção de plantas, no ajuste dos nutrientes do solo, no suprimento de inoculantes adequados e no manejo adequado do agroecossistema para compatibilizar o manejo utilizado com as necessidades das culturas de interesse comercial, será possível atingir um novo nível de produção nestas áreas.

Quanto ao fornecimento de nitrogênio, durante a decomposição dos resíduos vegetais, parte do nitrogênio liberado é rapidamente assimilado (imobilizado) pela biota do solo. O acúmulo de nitrogênio inorgânico no solo só vai ocorrer se a quantidade de nitrogênio liberada pelos resíduos vegetais exceder a demanda dos microrganismos. Nesta situação a rápida mineralização da matéria orgânica libera altos níveis de N assimilável nos primeiros anos, ocorrendo redução gradativa nos anos seguintes, caso a ciclagem seja interrompida.

Como as leguminosas tendem a apresentar elevada concentração de nitrogênio e baixa relação C:N, pressupõem-se uma maior mineralização de nitrogênio por parte dessas espécies (CREWS & PEOPLES, 2005).



Em se tratando de leguminosas arbóreas, além das características supracitadas, seu sistema radicular pivotante permite uma reciclagem dos nutrientes das camadas profundas do solo que são incorporados a biomassa vegetal e trazidos à superfície através da decomposição dos seus resíduos (SILVA, 2006). Muitas dessas espécies podem ainda ter outros usos como, moirões vivos, frutíferas, produção de grãos, produção de mel, óleos, entre outros, contribuindo como uma fonte de renda adicional à propriedade.

### **3.4 - Importância do conhecimento da dinâmica de decomposição e da caracterização química de espécies vegetais.**

Apesar de sistemas agroflorestais e o uso da adubação verde estarem sendo difundidos e implementados em várias regiões brasileiras, o que se percebe é que existem poucas informações a respeito de quais espécies arbóreas podem ser utilizadas para implementação desses sistemas.

A adubação verde deve ser planejada criteriosamente, com as espécies ajustadas e dispostas adequadamente aos diferentes sistemas de produção das distintas regiões do país.

Experiências obtidas com o uso desta prática ao longo do tempo, demonstram que a mesma só deve ser implementada, quando os técnicos tomadores de decisão tiverem pleno domínio de todos os aspectos referentes ao sistema, bem como em que parte do sistema se insere a espécie utilizada como adubo verde e qual a finalidade a que se destina. A observância deste procedimento é fundamental para o êxito da prática da adubação verde (CALEGARI, 1995).

Dentro deste contexto, o sincronismo entre as demandas das culturas de interesse, em particular nos seus picos de absorção, e a liberação de nutrientes via decomposição é de suma importância, tornando o adubo verde mais eficaz, e evitando a super dosagem.

Para tal se faz necessário o conhecimento da dinâmica de decomposição, que está atrelada não somente aos fatores edafoclimáticas, mas também às características químicas do resíduo vegetal.

Além do nitrogênio, constituintes dos tecidos vegetais, como a ligninas, polifenóis e celulose, vão afetar a dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais, determinando a qualidade do carbono (MELILLO et al., 1982; PALM & SANCHEZ, 1991; AERTS, 1997; AGREN et al., 2001). Tais constituintes também conferem maior rigidez a parede celular, e por serem, em sua maioria, moléculas de difícil degradação, elevadas concentrações retardam ou até mesmo impedem a chegada de microorganismos ao núcleo celular, em busca principalmente de N, constituinte chave dos aminoácidos e proteínas.

Em síntese, a importância maior de se conhecer as características químicas do resíduo vegetal é relacioná-las com a dinâmica de decomposição, e cada vez mais viabilizar a adoção das práticas conservacionistas do uso do solo, através da implementação de ambientes produtivos sustentáveis e lucrativos em longo prazo, respeitando assim o meio ambiente e viabilizando também a permanência do pequeno produtor no campo.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS.**

### **4.1- Caracterização da área de estudo.**

O presente estudo, foi realizado em um sistema de produção agroflorestal tipo SAFRA (sistema agroflorestal regenerativo análogo), no Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA). Este sistema foi implantado em abril de 2005 com o intuito de interligar os dois maiores fragmentos florestais existentes no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, conhecido também como Fazendinha Agroecológica, no município de Seropédica, RJ. A área situa-se entre as coordenadas geográficas 22° 46' S e 43° 41' O e a 33 m de altitude, e apresenta dimensão de 6.000 m<sup>2</sup>. Em sua implantação foram utilizadas espécies de ciclo longo de interesse comercial (madeira e lenha), espécies frutíferas, e espécies de interesse comercial de ciclo curto. Também foram utilizadas espécies de “plantas adubadeiras”, com destaque para as leguminosas arbóreas, que além de servirem como cobertura são capazes de fixar nitrogênio atmosférico. A região apresenta clima tipo Aw segundo a classificação de Köppen, com verão úmido e inverno seco. A temperatura média anual é de 24,6°C e precipitação anual de 1.200 mm, sendo os meses de julho e agosto os mais secos.

### **4.2- Caracterização química inicial dos teores de nitrogênio, polifenol e relação C:N no tecido foliar de quatro espécies vegetais.**

Visando o entendimento da dinâmica de decomposição, foi realizada uma avaliação dos teores de nitrogênio, polifenol, lignina, celulose e relação C:N nas folhas das quatro espécies para o tempo inicial de experimentação, denominado tempo zero.

O cuidado de se retirar apenas as folhas intermediárias dos ramos, evitando as jovens e as que se encontravam em estágio de maturidade avançada, evita que translocação de nutrientes nos tecidos vegetais das diferentes partes das plantas, torne as amostras mais heterogêneas.

Para a caracterização química inicial do material vegetal, as amostras foram secas em estufa a 65°C até peso constante, moídas e encaminhadas para as análises laboratoriais. A concentração de nitrogênio foi determinada pelo método semimicro Kjeldhal (BREMNER & MULVANEY, 1982). O teor de polifenol total foi analisado por colorimetria, utilizando-se o reagente de Folin-Denis descrito por ANDERSON & INGRAM (1993). A determinação da lignina realizou-se a partir da fibra em detergente ácido utilizando-se permanganato de potássio seguindo a metodologia de VAN SOEST (1963) descrita por SILVA (1990), a partir da qual também se obteve a concentração de celulose.

Calculou-se ainda, as relações C:N, lignina:nitrogênio, polifenol:nitrogênio, celulose:nitrogênio e (lignina + polifenol):nitrogênio.

### 4.3 - Decomposição da massa seca e taxa de liberação de nitrogênio de quatro espécies e a relação entre a composição química inicial e a dinâmica de decomposição.

#### 4.3.1- Coleta das amostras no campo.

O estudo teve início em junho de 2007, com a coleta das amostras de folhas das quatro espécies previamente selecionadas. Foram coletadas amostras de folhas de 3 diferentes leguminosas arbóreas (*Acacia mangium*, *Senna siamea* e *Schizolobium parahyba*) e de uma gramínea, *Panicum maximum*. A coleta foi realizada no campus da UFRRJ e no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no município de Seropédica, RJ. A identificação das espécies e o estágio fenológico em que se encontravam no momento da coleta estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1-** Identificação das espécies avaliadas e estágio fenológico no momento da coleta das amostras.

Nome Científico	Nome Vulgar	Estágio Fenológico
<i>Acacia mangium</i>	Mangium	Vegetativo
<i>Senna siamea</i>	Sena	Vegetativo
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu	Vegetativo
<i>Panicum maximum</i>	Capim colônia	Vegetativo

O material foi coletado com auxílio de um podão e uma tesoura de poda. Para a coleta de *Panicum maximum* utilizou-se somente a tesoura de poda. Durante a coleta houve o cuidado de se retirar apenas as folhas intermediárias dos ramos, evitando assim, as mais jovens e as que se encontravam em estágio de maturidade avançada, padronizando a coleta. Depois de coletadas, as amostras foram cuidadosamente colocadas dentro de um saco plástico e imediatamente encaminhadas para a pesagem em laboratório, para obtenção do peso fresco das quatro espécies em questão.

#### 4.3.2- Avaliação da taxa de decomposição

O estudo sobre a dinâmica de decomposição foi instalado no corredor agroflorestal da Embrapa Agrobiologia. O período de avaliação foi entre junho de 2007 a março de 2008, ocorrendo durante as estações seca e chuvosa. A precipitação do período de avaliação foi quantificada com pluviógrafos instalados na Fazendinha Agroecológica.

Para avaliar a dinâmica de decomposição dos resíduos, foram colocadas 50 g de folha fresca de cada espécie avaliada em *litter bags*, bolsas confeccionadas com tela plástica, com abertura de malha de 5 mm (Figura 1), que permitem a colonização por microrganismos e alguns invertebrados. Para determinação do peso seco inicial, (tempo zero), foram pesadas cinco amostras de 50 g de material fresco, que foi seco em estufa a 65°C por 72 horas. Os *litter bags* foram distribuídos aleatoriamente nas entre linhas do corredor agroflorestal, e em contato direto com a superfície do solo.



**Figura 1-** *Litter bag* alocado na entre linha do corredor agroflorestal em Seropédica, RJ.

Para monitoramento da decomposição, os *litter bags* foram coletados aos 10, 17, 31, 65, 107, 137, 168, e 229 dias após a implantação do experimento. A determinação das datas de coletas se deu em função das condições climáticas e do andamento de coletas anteriores. Cada espécie foi representada por 24 *litter bags*, sendo três repetições e oito tempos de coleta, compreendendo 96 *litter bags* ao todo. Para visualização das repetições no espaço físico do corredor, o mesmo foi dividido em três segmentos, dentro de uma parcela do corredor que apresentava homogeneidade quanto às características de solo e relevo (figura 2). O local escolhido para alocação dos *litter bags* caracteriza-se por apresentar um Planossolo, diferentemente da área não utilizada (parte superior da imagem – figura 2), que apresenta um Argissolo.



**Figura 2-** Divisão do corredor em seguimentos.

O valor de umidade média de cada espécie foi extrapolado para todos os *litter bags*, para o tempo zero, visando-se obter um peso seco inicial representativo, uma vez que o acompanhamento da decomposição terá como base este primeiro valor.

A cada coleta, as amostras foram manualmente triadas para evitar contaminação por solo. Para avaliar a perda de massa, foi feita a secagem do material em estufa a 65°C por 72 horas e pesadas para determinação do peso seco. A comparação entre o peso seco inicial e o peso obtido a cada data de coleta foi usado para descrever a perda de massa via decomposição, ao longo do período de avaliação. Para a determinação de nitrogênio as amostras foram secas, moídas e encaminhadas para determinação da concentração de nitrogênio pelo método semimicro Kjeldhal (BREMNER & MULVANEY, 1982).

A taxa de decomposição dos resíduos e de liberação de nitrogênio foi descrita pelo modelo exponencial simples utilizado por REZENDE et al. (1999):

$$k = \ln(X/X_0)/t$$

$X$  = quantidade de matéria seca ou nitrogênio remanescente após um período de tempo  $t$

$X_0$  = quantidade de matéria seca ou nitrogênio inicial

$k$  = constante de decomposição

$t$  = tempo em dias

O tempo de meia vida é um parâmetro importante na avaliação da dinâmica de decomposição de resíduos vegetais, expressando o período de tempo, necessário para que o material decaia, através da decomposição, a 50% de sua massa seca inicial. O tempo de meia vida foi calculado através da equação:

$$t_{1/2} = \ln(2)/k$$

#### ***4.3.3- Correlação entre características químicas e taxa de decomposição do material.***

Os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) foram obtidos através do programa de computação Sigmaplot V.6.0. Os coeficientes de correlação e os testes de médias foram obtidos através do programa de computação para análises estatísticas SAEG. Foram correlacionados os dados de precipitação do período de estudo com os percentuais de massa seca e de nitrogênio remanescente. Também foi verificada a correlação existente entre o tempo de meia vida e os diferentes parâmetros avaliados na caracterização química. Para a comparação de médias utilizou-se o teste de TUKEY. Somente foram avaliados estatisticamente pelo teste de TUKEY, os dados que apresentaram normalidade pelo teste de Lilliefors, e homogeneidade pelo teste de COCHRAN e BARTLETT. As comparações de médias foram feitas entre os parâmetros da caracterização química inicial e entre as relações dos compostos carbonados com o nitrogênio.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1- Caracterização inicial dos teores de umidade, nitrogênio, celulose, lignina, polifenol e relação C:N nas folhas de espécies avaliadas.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da análise química inicial realizadas nas folhas das 4 espécies avaliadas.

**Tabela 2-** Caracterização química inicial do material vegetal analisado.

Espécies	Umidade	Nitrogênio	Lignina			C:N
			Polifenol	Celulose	dag/Kg	
<i>Acacia mangium</i>	33,38	2,19a	25,52a	3,26a	22,47a	20
<i>Schizolobium parahyba</i>	44,94	1,83ab	24,04a	2,46b	19,84ab	25
<i>Senna siamea</i>	46,82	1,81ab	13,71b	2,23b	13,24b	24
<i>Panicum maximum</i>	23,38	1,69b	10,47b	0,81c	22,31c	26

Em cada coluna, os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de TUKEY ( $p=0,05$ ). Médias de 5 repetições. O carbono foi considerado igual a 45% para todas as espécies.

O teor de nitrogênio variou de 1,69 a 2,19 % (Tabela 2). Das espécies avaliadas não leguminosas ou leguminosas não nodulantes, *Senna siamea* e *Schizolobium parahyba* (não nodulantes) se destacaram por terem apresentado teores de nitrogênio intermediários, e próximos ao teor encontrado em *Acacia mangium* (nodulante). Todas as espécies não apresentaram diferença estatística para nitrogênio.

CATTANIO (2002), analisando a composição química de leguminosas arbóreas, encontrou valores variáveis de nitrogênio, polifenóis e da relação C:N em suas folhas, demonstrando que esses valores são variáveis em função da idade da planta, época de coleta, classe de solo, sítio de fertilidade, estágio fonológico, insolação, entre outros. Ao se comparar os resultados obtidos no presente estudo com outros encontrados na literatura, percebe-se uma variação nas concentrações dos componentes avaliados, indicando que a composição química da planta pode ser influenciada por diversos fatores (SILVA, 2006).

Esta variação ocorre de maneira nítida com o nitrogênio. Como é um elemento móvel na planta, com a senescência, há translocação desse nutriente para as folhas jovens, nas quais a sua concentração será maior (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Nesse trabalho, *Acacia mangium* se destacou pelo mais elevado teor de nitrogênio (2,19%). Muitos autores apontam que elevados teores de nitrogênio são fundamentais em adubos verdes (COSTA et al., 2004; AMABILE et al., 2000), o que colocaria essa espécie numa posição privilegiada. No entanto, vale ressaltar que apenas o teor de nitrogênio do material não caracteriza seu potencial como fertilizante. Para tanto, são necessárias

informações sobre sua dinâmica de decomposição, definindo o tempo e quantidade com que os nutrientes contidos nos tecidos vegetais serão disponibilizados para a cultura de interesse econômico, havendo a necessidade então de se avaliar também a influência das demais características químicas, das condições edafoclimáticas entre outras variáveis.

A espécie *Panicum maximum* se destacou por apresentar o menor teor de nitrogênio e a mais alta relação C:N, o que não é suficiente para que esta espécie tenha uma menor ou maior taxa de decomposição, como discutido acima.

Ainda com relação a *Panicum maximum*, houve a dificuldade de se identificar as folhas em estágio intermediário de maturidade, podendo ter havido uma não padronização deste critério para esta espécie, o que resultou na coleta de folhas mais velhas.

*Schyzolobium parahyba* e *Senna siamea*, ambas espécies não nodulantes, apresentaram valores semelhantes para os teores de umidade, nitrogênio, polifenóis e relação C:N, no entanto, *Schyzolobium parahyba* apresentou os maiores valores de lignina e celulose.

No caso de *Acacia mangium*, o fato de ser uma espécie nodulante pode ter resultado no maior teor de nitrogênio encontrado.

A pura caracterização química do material vegetal distingue-se do seu potencial como fertilizante para adubação verde. Um bom exemplo foram os estudos realizados por DIAS (2005). O objetivo desse autor foi introduzir árvores em pastagem com mudas ainda pequenas, sem estarem protegidas da presença do gado bovino. Os resultados indicaram que espécies com defesas físicas contra herbivoria, como presença de acúleos ou espinhos e defesas químicas, como elevados teores de polifenóis, que torna a planta menos palatável, foram as mais indicadas. Na outra vertente, espécies com alto teor de nitrogênio e baixo teor de polifenol, foram preferencialmente consumidas pelo gado, indicando seu potencial forrageiro.

Nos países tropicais, em particular em um país de grande biodiversidade como o Brasil, a falta de informações básicas a respeito da influência da caracterização química das espécies vegetais em processos simples, como o supracitado, ou mesmo a decomposição de resíduos relacionada com outras variáveis, como a preferência animal ou mesmo da biota do solo, acaba subestimando a gama de utilização dessas espécies por parte de produtores e técnicos tomadores de decisão.



## 5.2- Velocidade de decomposição de massa seca e liberação de nitrogênio de 4 espécies e a relação entre a composição química inicial e a dinâmica de decomposição.

A caracterização pluviométrica de cada mês dentro do período de avaliação está descrita na Tabela 3. O estudo abrangeu as épocas de estiagem e chuvosa, sendo os meses de dezembro e março de maior pluviosidade, estes correspondentes aos últimos tempos de coleta. A precipitação média durante o período de ensaio foi de 111,83 mm. Diversos fatores estão relacionados com a decomposição dos tecidos vegetais, tais como as características climáticas, em particular a precipitação. De maneira geral, a decomposição dos adubos verdes tende a ser mais lenta durante os períodos de estiagem. Isso pode ser atribuído às menores precipitações pluviométricas e temperaturas, criando condições capazes de restringir a atividade dos organismos decompositores.

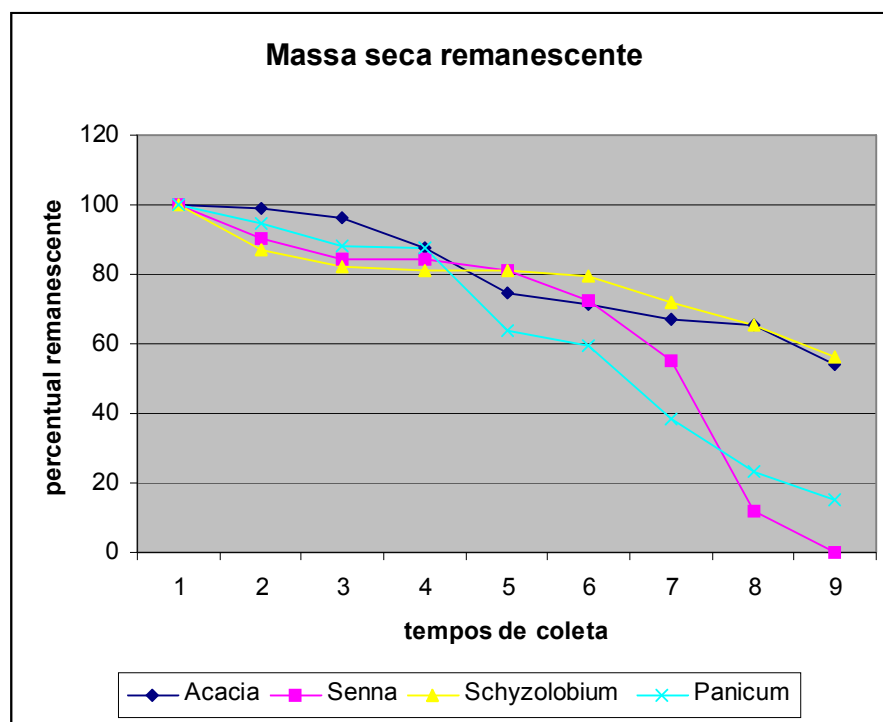
**Tabela 3** – Pluviosidade no período de avaliação. DAI = Dias após implantação do estudo.

DAI	Precipitação (mm)
10	3,5
17	5
31	0
65	0,3
107	3,86
137	3,96
168	11,59
229	7,46

A decomposição do material adicionado ao solo é um processo essencialmente biológico, sujeito portanto, à interferência de inúmeros fatores. Cada fator como temperatura, potencial osmótico, tensão superficial, viscosidade, radiação, pH do solo, a quantidade e a qualidade dos nutrientes orgânicos disponíveis, bem como a atividade da água (químicos), apresenta, dependendo da espécie, um nível ótimo, que exercerá um a influencia marcante no montante populacional dos organismos ou microorganismos decompositores (LYNCH, 1986).

**Tabela 4** – Médias de massa seca remanescente percentual para cada tempo de coleta.  
DAI = dias após a implantação.

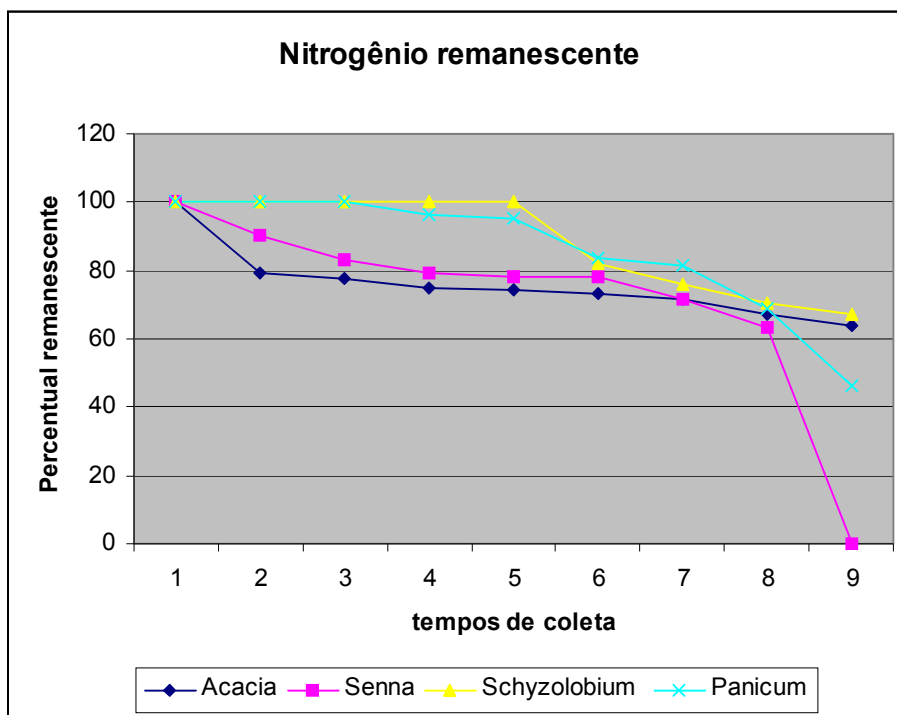
DAI	Espécie	<i>A.mangium</i>	<i>S.siamea</i>	<i>S.parahyba</i>	<i>P.maximum</i>
		<b>Massa seca (%)</b>			
0		100	100	100	100
10		99,09	90,17	87,22	94,76
17		96,21	84,58	81,93	87,99
31		87,56	84,1	81,04	87,39
65		74,78	81,29	81,04	63,97
107		71,56	72,49	79,39	59,26
137		67,15	55,02	71,83	38,25
168		65,57	11,91	65,53	23,15
229		53,81	0	56,47	15,26



**Gráfico 1** - do percentual de massa seca remanescente.

**Tabela 5** – Médias do conteúdo de nitrogênio remanescente para cada tempo de coleta. DAI = dias após a implantação.

DAI	Espécie	<i>A.mangium</i>	<i>S.siamea</i>	<i>S.parahyba</i>	<i>P.maximum</i>
	Nitrogênio (%)				
0		100	100	100	100
10		79,18	90,03	100	100
17		77,47	83,18	100	100
31		74,77	79,00	100	96,45
65		74,06	78,29	100	95,26
107		73,03	77,93	81,96	83,43
137		71,67	71,53	75,95	81,65
168		66,89	63,39	70,49	68,63
229		63,86	0	67,21	46,15



**Gráfico 1** - Percentual de nitrogênio remanescente.

As Tabelas 4 e 5 apresentam o percentual de massa seca e de nitrogênio remanescentes a cada tempo de coleta. A espécie *Senna siamea* e *Panicum maximum* se destacaram por apresentarem os menores percentuais remanescentes tanto para massa seca quanto nitrogênio, 0 e 15,26% e 0 e 46,15 % respectivamente.

Já as espécies *Acacia mangium* e *Schyzolobium parahyba* foram as que se destacaram por apresentarem os maiores percentuais de massa seca e de nitrogênio remanescentes. Neste aspecto, *Schyzolobium parahyba* apresentou os maiores valores (56,47% de massa seca remanescente e 67,21% de nitrogênio remanescente). *Acácia mangium* apresentou 53,81% para massa seca e 63,86% para nitrogênio.

Com exceção de *Senna siamea*, que apresentou 100% de decomposição, todas as espécies apresentaram percentual remanescente de nitrogênio maior que o percentual remanescente de massa seca. Estes resultados podem ser explicados pela resistência encontrada pelos microorganismos ao decompor o resíduo vegetal, em especial a parede celular, a qual protege o conteúdo celular, onde há nitrogênio. Com a diminuição de massa e sem o completo extravasamento da parede celular pode ocorrer uma concentração de nitrogênio no resíduo.

Percebe-se um decaimento maior de massa seca e de nitrogênio, com o início da época chuvosa. Para *Senna siamea* esta influencia foi a mais substancial, a espécie perdeu 55,06% e 71,53% de sua massa seca inicial e do teor de nitrogênio inicial respectivamente, nos últimos dois tempos de coleta, período caracterizado pela maior precipitação (Tabela 3).

É possível que para as espécies *Acacia mangium* e *Schyzolobium parahyba*, o tempo de experimentação não tenha sido suficiente para que as mesmas apresentassem seus picos de máximo decaimento de massa seca e de nitrogênio, tendo em vista suas características químicas e o tempo necessário para que a biota do solo acelerasse a decomposição dos resíduos em resposta ao fornecimento de água no sistema pelo início da época chuvosa

Buscando-se o melhor entendimento da relação existente entre as tabelas 3, 4 e 5, foi gerada a tabela 6, com o intuito de correlacionar o percentual de massa seca remanescente e de nitrogênio remanescente com a precipitação do período de estudo.

**Tabela 6** - Coeficientes de correlação (r) relacionando a precipitação do período de estudo a massa seca remanescente a cada tempo de coleta (MSR) e teor de nitrogênio remanescente (NR) nas espécies avaliadas.

Parâmetros	Coeficientes de correlação (r)			
	PPT			
	<i>A.mangium</i>	<i>S.siamea</i>	<i>S.parahyba</i>	<i>P.maximum</i>
MSR	-	-0.8003	-0.6857	-0.6728
NR	-0.6392	-	-0.7459	-0.6695

Coeficientes de correlação de Pearson pelo teste T ( p < 0,05).

Utilizou-se para aceitação dos coeficientes de variação, a significância de 5%, ou seja  $p < 0,05$ . Toda vez que os valores de significância apresentaram-se maiores do que este limite, optou-se por não apresentar os respectivos coeficientes de correlação.

Na tabela 6, percebe-se que todos os coeficientes de correlação entre a precipitação e o percentual remanescente de massa seca forma negativos. Obteve-se significância para as espécies *Senna siamea*, *Schyzolobium parahyba* e *Panicum maximum*. *Acacia mangium* não apresentou significância abaixo de 5%, o que pode ser devido a resistência do seu tecido foliar, tendo em vista os filódeos coriáceos e os teores de lignina, polifenóis e celulose. *Panicum maximum* apresentou o menor valor de correlação, seguido de *Schyzolobium parahyba* e *Senna siamea*, que apresentou o valor mais alto.

Quanto a correlação entre a precipitação e o nitrogênio remanescente, todas as espécies apresentaram a significância do teste, exceto *Senna siamea*. A espécie que apresentou coeficiente de correlação mais alto foi *Schyzolobium parahyba*, seguida de *Panicum maximum* e *Acacia mangium*.

Porém sabe-se que a aceleração do processo de decomposição envolve muitos fatores, e que mesmo com o aumento da atividade dos microorganismos com o início da época chuvosa, o tecido vegetal oferece resistência.

Buscando-se o melhor entendimento da influência da caracterização química das espécies no processo de decomposição, foram feitos cálculos a fim de encontrar relações entre compostos químicos presentes em maior concentração ao nível da parede celular e elementos existentes em maior concentração dentro da célula. As relações entre os compostos carbônicos e o nitrogênio estão descritas na Tabela 7.

**Tabela 7-** Relações das características químicas iniciais das espécies avaliadas.

<b>Espécies</b>	<b>C:N</b>	<b>Celulose:N</b>	<b>Polifenol:N</b>	<b>Lignina:N</b>	<b>(Lig+Pol):N</b>
<i>Acacia mangium</i>	20	10,34	1,49a	11,65ab	13,14a
<i>Schyzolobium parahyba</i>	25	10,84	1,34a	13,14a	14,48a
<i>Senna siamea</i>	24	7,65	1,23a	7,57ab	8,80ab
<i>Panicum maximum</i>	26	13,20	0,48b	6,19b	6,67b

Em cada coluna, os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de TUKEY ( $p=0,05$ ). Médias de 5 repetições. O carbono foi considerado igual a 45% para todas as espécies.

*Panicum maximum* se destacou por apresentar os menores valores das relações Polifenol:N, Lignina:N e (lignina + Polifenol):N o que se explica pelos seus reduzidos teores de lignina e polifenóis, os menores encontrados neste estudo (Tabela 2). Pode-se dizer que o teor de nitrogênio encontrado para esta espécie, embora tenha sido o menor entre todas avaliadas, foi elevado, tendo em vista a proximidade deste com os teores encontrados em *Schyzolobium parahyba* e *Senna siamea*. *Panicum maximum* também se destacou por apresentar os maiores valores das relações Celulose:N e C:N, o que é explicado pelo elevado teor de celulose encontrado, o segundo maior, ficando muito próximo do valor encontrado para *Acacia mangium*, o que pode ser explicado pelos mecanismos fisiológicos intrínsecos das gramíneas, além da relatividade existentes entre os teores de celulose e lignina.

*Schyzolobium parahyba* se destacou por apresentar os maiores valores da relação Lignina:N e da relação (Lignina + polifenóis):N, ficando com o segundo maior valor para as relações C:N, polifenóis:N e Celulose:N. Este fato é decorrente dos elevados teores de lignina, polifenóis, celulose e nitrogênio encontrados, todos apresentando o segundo maior valor dentre as espécies avaliadas.

*Acacia mangium* e *Senna siamea* apresentaram os valores intermediários para as relações entre os compostos carbônicos e o nitrogênio. Diferenças substanciais foram observadas nas relações Lignina:N e (Lignina + polifenóis):N, as quais foram superiores em *Acacia Mangium*. Esta espécie também se destacou por apresentar o maior valor para a relação Polifenol:N. Estes fatos podem ser explicados pelos altos teores de lignina e de polifenóis presentes nesta espécie, apesar do alto teor de nitrogênio. Além disso, *Acacia mangium* apresenta suas folhas modificadas em filódios coriáceos o que explica os altos teores de lignina e de polifenóis encontrados. O alto teor de nitrogênio conferiu a esta espécie a menor relação C:N encontrada neste estudo.

*Sena siamea* se destacou por apresentar a menor relação Celulose:N dentre as espécies avaliadas. Esta espécie se destacou também por apresentar os menores valores de todas as relações tratadas neste estudo, exceto a relação C:N, dentre as Leguminosas.

As observações supracitadas que relacionam a perda de matéria e as características químicas das espécies, apontam a possibilidade de se criar grupos de espécies com semelhante dinâmica de decomposição de massa e/ou nitrogênio.

Em se tratando de adubação verde, a consolidação desses grupos é interessante desde que esta esteja de acordo com a velocidade de fornecimento de nutrientes das espécies envolvidas. Na tentativa de gerar informações que complementem tal pressuposto, foi gerada a Tabela 8 contendo os parâmetros de decomposição avaliados das quatro espécies selecionadas.

**Tabela 8-** Taxa de decomposição (k), Tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ) em dias e coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para decomposição de massa seca e liberação de nitrogênio nas folhas das espécies avaliadas.

Espécies	Parâmetros de Decomposição					
	Massa Seca			Nitrogênio		
	k	$t_{1/2}$ vida	$r^2$	k	$t_{1/2}$ vida	$r^2$
<i>Acácia mangium</i>	0,0024	289	0,97	0,0029	229	0,84
<i>Schyzolobium parahyba</i>	0,0017	408	0,79	0,0039	108	0,83
<i>Senna siamea</i>	0,0065	107	0,81	0,0121	58	0,96
<i>Panicum maximum</i>	0,0071	98	0,97	0,0116	60	0,97

As espécies apresentaram tempos de meia vida variando de 98 a 408 dias para decomposição de massa seca e de 60 a 229 dias para liberação de nitrogênio (Tabela 8). Pode-se observar na Tabela 8, dois grupos distintos, um caracterizado por uma rápida decomposição e rápida liberação de nitrogênio (quando comparado com as demais), *Senna siamea* e *Panicum maximum*, e outro grupo caracterizado por uma decomposição e liberação de nitrogênio mais lentos, *Acacia mangium* e *Schyzolobium parahyba*.

Apesar de o tipo de lignina formada em monocotiledôneas ser mais complexa do que o de dicotiledôneas (RAVEN et al., 2001), *Panicum maximum* e *Senna siamea* apresentaram uma velocidade de decomposição semelhante entre si e mais rápida do que as espécies acima

referidas, com tempos de meia vida para decomposição de massa seca de 98 e 107 dias, respectivamente e para liberação de nitrogênio de 60 e 58 dias, respectivamente (Tabela 8) e comporiam o grupo das espécies de decomposição rápida e menores teores de nitrogênio, que foi de 1,69% para *Panicum maximum* e 1,81% para *Sena siamea* (Tabela 2).

As espécies *Acacia mangium* e *Schyzolobium parahyba* comporiam o grupo das espécies de decomposição mais lenta e maiores teores de nitrogênio. Estas espécies apresentaram tempos de meia vida altos, tanto para decaimento de massa quanto para liberação de nitrogênio, com 289 e 408 dias para o decaimento de massa, e 229 e 108 dias para liberação de nitrogênio respectivamente. Essas foram as espécies com os maiores teores de nitrogênio, entretanto também apresentaram os maiores teores de lignina, polifenóis e celulose (Tabela 2), o que explica a decomposição mais lenta e torna necessária a atenção dos técnicos tomadores de decisão quanto ao sincronismo entre o fornecimento de nutrientes e a demanda da cultura de interesse no uso dessas espécies para fins de fertilização.

*Schyzolobium parahyba* foi a espécie que apresentou a menor velocidade de decomposição, com um tempo de meia vida de 408 dias para decomposição de massa seca. Entretanto, para liberação de nitrogênio apresentou tempo de meia vida intermediário, 108 dias. Como o processo de decomposição ocorre muito lentamente, talvez seu uso seja mais indicado como cobertura do solo do que como adubo verde. *Acacia mangium* apresentou o segundo maior tempo de meia vida para decomposição de massa seca, 289 dias e o maior tempo de meia vida para liberação de nitrogênio, 229 dias. Os fatos acima descritos podem estar associados aos seus elevados teores de celulose, polifenóis e lignina (Tabela 2).

Além disso, *Schyzolobium parahyba* apresenta folhas compostas, que apresenta folíolos e raque (talos). CALEGARI et al (1992), em estudos com folhas e talos de leguminosas concluiu que de maneira geral, as folhas das leguminosas avaliadas naquele estudo, apresentaram uma taxa de mineralização cerca de duas a três vezes maior que os talos. Estes valores do  $t_{1/2}$  vida encontrados para as folhas já eram esperados, uma vez que esta parte da planta apresenta menor relação C:N e menores teores de lignina que os talos. Porém a importância da magnitude desta diferença não vem sendo descrita na literatura. O conhecimento sobre a taxa em que se decompõem as diferentes partes das plantas é de fundamental importância para o manejo da adubação verde em cultivos agrícolas (RESENDE et al., 2000).

A influência da concentração de lignina na taxa de decomposição é amplamente discutida na literatura (MELILLO et al., 1982; PALM & SANCHEZ, 1991; AERTS, 1997; HOBBIÉ, 2000). Segundo MAFONGOYA (1998) esse composto interage com a parede celular fornecendo proteção mecânica à celulose contra a degradação, acarretando num efeito retardante da decomposição. Fazendo-se uma análise da tabela observa-se dois grupos que diferiram estatisticamente quanto ao teor de lignina.

No presente estudo, a influência da classe de solo também merece destaque. O Planossolo caracteriza-se por apresentar, em sua maioria, horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura arenosa, favorecendo a aeração do solo e consequentemente as condições ideais de existência de boa parte da biota do solo e das reações oxidativas.

O modelo matemático adotado de decaimento exponencial prevê duas etapas distintas do processo de decomposição, sendo o primeiro momento caracterizado por um rápido decaimento do material em decomposição e o segundo por um decaimento mais lento.

Segundo PALM & SANCHEZ (1991), essa variação na velocidade de decomposição está associada aos compostos que são degradados em cada etapa. Na fase inicial, ou fase lábil, são liberados compostos mais solúveis. Em contrapartida, na fase mais lenta, ou recalcitrante, são as ligações mais complexas que estão em questão.

Entretanto, para que a perda dos materiais solúveis na fase inicial possa ocorrer, se faz necessário a presença de água como agente carreador, o que não foi observado no presente estudo, que iniciou-se durante o período de estiagem.

*Schyzolobium parahyba* apresentou a perda de material de forma desuniforme durante o período de estudo. Quanto ao comportamento da dinâmica de decomposição dessa espécie, há duas hipóteses que poderiam explicar tal ocorrido. A primeira é que o tempo entre as coletas não foi suficiente para caracterizar as duas etapas do decaimento, tendo em vista a caracterização climática do período de estudo. A segunda é que essa espécie não possua uma fase lábil representativa e a sua dinâmica de decomposição englobe apenas a segunda etapa do processo previsto pelo modelo.

Das espécies avaliadas, de acordo com o modelo adotado, todas tiveram uma decomposição de massa seca mais lenta do que a liberação de nitrogênio, o que não ocorre em todos os estudos. Nos estudos de SILVA (2006) duas espécies de leguminosas avaliadas apresentaram decomposição de massa seca mais rápida do que a liberação de nitrogênio, o que poderia estar relacionado com a presença de complexos que formam compostos com a proteína, como é o caso dos taninos condensáveis.

Cabe ressaltar que os resultados aqui apresentados sobre a velocidade de decomposição e liberação de nitrogênio não descrevem precisamente tais processos, uma vez que com a metodologia adotada, de “litter bags”, apenas é contabilizada a perda de material e do nutriente, que pode vir a estar imobilizado na biota do solo ou perdido por outros processos, não estando disponível para a cultura de interesse econômico. CREWS & PEOPLES (2005) citam os três métodos mais utilizados para se estimar a velocidade de liberação de nitrogênio dos resíduos vegetais, sendo eles: (1) mensuração (por subtração) do nitrogênio perdido do material em avaliação; (2) Diferença de N, onde o nitrogênio disponível no solo ou absorvido pela planta de interesse após adição de adubos verdes é comparado a um controle que não recebe essa adubação; (3) marcação de nitrogênio, que avalia o  $^{15}\text{N}$  presente no solo e na cultura beneficiada com o adubo verde.

O primeiro método foi o adotado no presente estudo e permite um acompanhamento do processo de modificação do material aplicado como fertilizante, mas não garante que a cultura de interesse foi efetivamente beneficiada, tendo em vista que a liberação de nitrogênio no sistema está distante de significar disponibilidade de nitrogênio para a cultura de interesse. Para tanto, os autores supracitados sugerem que o terceiro método é o melhor, pois detalha o comportamento do nitrogênio no contínuo solo-planta. A expectativa é que em estudos futuros seja possível marcar com  $^{15}\text{N}$ , folhas provenientes de árvores e plantar uma cultura econômica de forma concomitante, para se estimar a real relação entre o tempo de meia vida e o fornecimento de nitrogênio pelas plantas.

Fazendo-se uma análise comparativa entre as Tabelas 2 e 8, o que se observa é que as espécies com maiores teores de polifenóis e lignina, 2,46% e 3,26% e 24,04% e 25,52% respectivamente, além dos maiores valores das relações lignina:N e (lignina + polifenóis):N (Tabela 6) foram as que obtiveram maiores tempos de meia vida, tanto para a massa seca quanto para o nitrogênio. Já as espécies que apresentaram os menores valores de tempo de meia vida, foram as que obtiveram menores relações polifenóis:N, lignina:N e (lignina + polifenol):N, representando uma correlação positiva entre esses parâmetros.

Buscando atribuir valores às correlações existentes entre a composição química inicial e a velocidade de decomposição de massa seca e liberação de nitrogênio, gerou-se a Tabela 9.



**Tabela 9-** Coeficientes de correlação (r) relacionando a composição química inicial com o tempo de meia vida ( $t_{1/2}$  vida) para decomposição de massa seca (MS) e liberação de nitrogênio (N) nas leguminosas avaliadas.

Parâmetros	Coeficientes de correlação			
	MS	PROB	N	PROB
<b>Nitrogênio</b>	-	-	0,85	0,070
<b>Umidade</b>	-	-	-	-
<b>Celulose</b>	-	-	-	-
<b>Polifenol</b>	-	-	0,81	0,094
<b>Lignina</b>	0,91	0,047	0,96	0,018
<b>Cel:N</b>	-	-	-	-
<b>C:N</b>	-	-	-	-
<b>Poli:N</b>	-	-	-	-
<b>Lig:N</b>	0,98	0,010	0,88	0,061
<b>(Lig+Poli):N</b>	0,96	0,019	0,87	0,060

PROB = Probabilidade exata de significância do coeficiente de correlação de Pearson, pelo teste T.

Utilizou-se para aceitação dos coeficientes de variação, a significância de 10%, ou seja  $p < 0,1$ . Toda vez que os valores de significância apresentaram-se maiores do que este limite, optou-se por não apresentar os respectivos coeficientes de correlação.

Na Tabela 9, pode-se notar a forte correlação existente entre as relações lignina:N e (Lignina + Polifenol):N e o tempo de meia vida. Esses dados estão de acordo com outros autores (TORRES et al., 2005; MAFONGOYA et al., 1998) que indicam que estas relações são as que mais refletem a taxa de decomposição “in situ” dos resíduos vegetais. O que observa-se é que a relação lignina:N apresentou uma melhor correlação com o tempo de meia vida da variável massa seca, e uma correlação inferior para o tempo de meia vida da variável nitrogênio. O mesmo aconteceu para a relação (Lignina + Polifenol):N. Ainda para o tempo de meia vida da variável massa seca, nota-se que a relação lignina:N apresenta correlação um pouco superior à relação (Lignina + Polifenol):N. O mesmo acontece para tempo de meia vida da variável nitrogênio em relação às relações lignina:N e (Lignina + Polifenol):N. As variáveis tempo de meia vida de massa seca e tempo de meia vida de nitrogênio, apresentaram valores de correlação substanciais com o teor de Lignina (0,91 para massa seca e 0,96 para o nitrogênio).

Muitos autores têm concentrado seus estudos na busca de índices capazes de estimar a taxa de decomposição (PALM & SANCHEZ, 1991; MELILLO, et al., 1982; HOBBIIE, 2000). O fator climático é o mais influente nessa predição (AERTS, 1997), estando a composição química do material em segundo lugar. No entanto, as condições climáticas são de ordem natural e o homem não tem como controlá-las, mas a escolha da espécie a ser utilizada como adubo verde pode ser embasada na necessidade de fornecimento rápido ou lento de material orgânico e nutrientes, além da adaptabilidade da espécie às condições locais.

Quando se pensa na proposta inicial do trabalho, de descrever a dinâmica de decomposição de espécies potenciais para o uso como adubação verde em sistemas agroflorestais, torna-se essencial a classificação das espécies por índices representativos da

dinâmica de decomposição, que possa servir de auxílio aos técnicos tomadores de decisão. Entretanto tais índices não podem ser avaliados separadamente, sendo de responsabilidade do técnico cruzar informações, principalmente as informações a respeito das condições edafoclimáticas de submissão das espécies.

O presente trabalho objetivou enriquecer os estudos a respeito desses parâmetros. Entretanto, não se pode afirmar que quaisquer dos componentes químicos avaliados isoladamente sejam mais ou menos indicados para estimar a taxa de decomposição. Para tanto, se faz necessária a soma e agregação dos conhecimentos gerados por estudos similares, em condições diferentes de classes de solo, fertilidade, estações do ano, parte do material vegetal, etc, possibilitando o cruzamento de informações. O que se nota é que as informações presentes em maior número na literatura concentram-se em valores ou índices (teor de nitrogênio, produção de biomassa, relação C:N) que são extremamente variáveis de acordo com as características intrínsecas da espécie e do local.

Os coeficientes de correlação desses dados foram bem elevados para alguns parâmetros mais complexos, como (lignina + polifenol):N e lignina:N. Para o nitrogênio não foi tão alto, e para a relação C:N, os resultados deste trabalho se quer foram aceitos para uma probabilidade menor que 10% de erro. Ainda assim, caso venham a se confirmar em estudos futuros, poderão ser utilizados para realização de um agrupamento de espécies, dando suporte a recomendação das espécies mais indicadas para adubação verde nas diferentes situações de campo e potencial fertilizante desejados.

## 6. CONCLUSÕES

Embora atualmente já exista um grande número informações a respeito da dinâmica de decomposição das mais variadas espécies utilizadas como adubo verde na agricultura, o que se percebe é que para estudos representativos, se faz necessário um número maior de resultados, além da agregação dos mesmos, tornando possível a obtenção de valores médios representativos e de dados complementares.

A Embrapa Agrobiologia já vem trabalhando no desenvolvimento de um banco de dados que agregue informações que possibilitem a otimização do uso de espécies vegetais para fins de fornecimento de nutrientes a culturas agrícolas, resgatando na literatura informações disponíveis. Este banco de dados encontra-se disponível no endereço [www.cnpab.embrapa.br/adubacao\\_verde](http://www.cnpab.embrapa.br/adubacao_verde). Através deste endereço, é possível fazer buscas, podendo o usuário, a partir das características edáficas, climáticas, de localidade e das características químicas desejadas (teor de N, P, K, micronutrientes, relação C:N, percentual de lignina, celulose, polifenóis entre outras), otimizar sua pesquisa, obtendo como resultado apenas as espécies que melhor atendem os seus interesses.

As espécies avaliadas apresentam uma amplitude nas suas velocidades de decomposição, apresentando também potencial como adubos verdes. Para tal, deve-se sincronizar os tratamentos culturais com as demandas da cultura de interesse. Foram observados dois grupos com semelhante velocidade de decomposição e composição química, sendo compostos por: (1) *Acacia mangium* e *Schizolobium parahyba* (taxas acima de 200 dias) e (2) *Sena siamea* e *Panicum maximum* (taxas menores de 200 dias). Com a concretização desses grupos pode-se recomendar potenciais de utilização de acordo com suas características. O grupo (1) pode funcionar mais eficientemente como cobertura de solo, diminuindo a erosividade e aumentando o sombreamento, estando envolvidos também na manutenção ou mesmo enriquecimento das relações ecológicas entre árvores, animais e microorganismos. O segundo grupo pode ser recomendado para o aumento do teor de matéria orgânica e fertilização do solo via poda e decomposição, além de também servir como cobertura do solo.

As relações lignina:nitrogênio e (lignina + polifenol):nitrogênio encontradas neste estudo foram a que obtiveram os maiores coeficientes de correlação, sendo a relação lignina:nitrogênio, maior tanto para decaimento de massa seca quanto para a liberação de nitrogênio ao longo do período de estudo, o que indica uma forte influência dos teores desta substância no processo de decomposição.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R. **Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship.** Copenhagen, Oikos, v. 79, p. 439-449, 1997.

ANDERSON, J.D.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: A hand book of methods.** 2 ed. Wallingford, UK: CAB International, 1993, 171 p.

BLEVINS, R.L.; HERBEK, J.H.; FRYE, W.W. **Legume cover crops as a nitrogen source for no-till corn and grain sorghum.** Agronomy Journal, v.82, p.769-772, 1990.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. **Nitrogen total.** In: PAGE, A.L. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982, Part 2 p. 595-624.

CALEGARI, A.; MONDARDDO, A.; BULISSANI, E.A.; WILDNER, L.do P.; COSTA, M.B.B.da; ALCÂNTARA, P.B.; MYASAKA, S.; AMADO, J.T. **Aspectos gerais da adubação verde.** In: COSTA, M.B.B.da. Adubação verde no sul do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.

CALEGARI, A.; MONDARDDO, A.; BULISSANI, E.A.; WILDNER, L.do P.; COSTA, M.B.B.da; ALCÂNTARA, P.B.; MYASAKA, S.; AMADO, J.T. **Adubação verde no sul do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 3 - 6p.

CALEGARI, A. Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (IAPAR. Circular, 80).

CATTANIO, J.H. **Soil N mineralization dynamics as affected by pure and mixed application of leafy material from leguminous trees used in planted fallow in Brazil.**

CHAVES, J. C. D. **Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro,** Londrina: IAPAR, 1986. 24p. (IAPAR, Circular, 48).

CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, p.323-7,1983.

CLARKSON, D.T. **Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade.** In: Simpósio sobre reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos, 1984, Ilhéus. Anais Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985.

COSTA, G.S.; FRANCO, A.A.; DAMANESCENO R.N.; FARIA, S.M. **Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada revegetada com leguminosas arbóreas.** Viçosa, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p. 919-927, 2004.

COSTA, G.S. **Ciclagem de nutrientes em uma área degradada revegetada com leguminosas arbóreas e em um fragmento florestal em crescimento secundário**

(capoeira). Niterói, RJ, 1998, 87p. Tese (Mestrado em Geociencias). Universidade Federal Fluminense.

CREWS, T.E.; PEOPLES, M.B. **Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review.** Nutrient cycling in Agroecosystems, v. 72, p. 101-120, 2005.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M.S. **Indicadores da qualidade do solo.** In: AQUINO, A.M de & ASSIS, R.L. Processo biológicos no sistema solo-planta: ferramenta para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Formação Tecnológica, 2005, p. 17-28.

DIAS, P.F; SOUTO, SM. Mudanças de leguminosas arbóreas introduzidas sem proteção em pastagem na presença do gado. **AGRONOMIA**, Seropédica. V. n.1/2, 2005.

FARIA, S.M. de; CAMPELLO, E.F.C. **Algumas leguminosas fixadoras de nitrogênio recomendadas para áreas degradadas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 4p. (Embrapa-CNPAB. Recomendação Técnica, 7).

FRANCO, A.A., RESENDE, A.S. de, CAMPELLO, E.F.C. **Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais.** In: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, Mato Grosso do Sul, p. 1-24, 2003.

FRANCO, A.A.; FARIA, S.M.de. **The contribution of N<sub>2</sub> fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics.** Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v. 29, p.897-903, 1997.

GILLER, K.E. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems.** 2º ed. Zimbabwe: CABI Publishing, 2001, 423p.

GRANATO, L. **A adubação verde.** São Paulo: ed. Monteiro lobato, 1925.

IBGE – **Censo Agropecuário do estado do Rio de Janeiro 1995/96.** Rio de Janeiro, n. 18, p. 1-199. 1998

LYNCH, J.M. **biotecnologia do solo.** São Paulo: Manole, 1986.

MAFONGOYA, P.L.; GILLER, K.E.; PALM, C.A. **Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunnings and litter.** Agroforestry Systems, v. 38, p. 77-97, 1998.

MELILLO, J.M; ABER, J.D.; MURATORE, J.F. **Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics.** Ecology, v. 63, n. 3, p. 621-626, 1982.

NAIR, P. K. R. & DAGAR, J. C. An approach to developing methodologies for evaluating agroforestry systems in India. Agroforestry Systems, 16:55-81, 1991.

NÓBRGA, P.O. **Implantação, Manejo e Aporte de Nutrientes em Agrofloresta em um Sistema Orgânico de Produção.** Seropédica, RJ, 2006. Monografia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia.** 6º ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927 p.

PALM, C.A. & SANCHEZ, P.A. **Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents.** Soil Biol. Biochem., v. 23, p. 83-88, 1991.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal.** 6ºed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001, 906p.

RESENDE, A.S. de; **A fixação biológica do nitrogênio (FBN) como suporte da produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verdes.** Seropédica, RJ, 2000. 123p. Tese (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; COELHO, C.H.M.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; GUERRA.J.G.M.; URQUIAGA.S. **Incorporação de Leguminosas para fins de Adubação verde em Pré - Plantio de Cana – de - Açúcar.,** 2000.

REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, 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.** Nutrients Cycling in Agroecosystems, v. 54, p. 99-112, 1999.

RICKFLES, R.E. **A economia da natureza.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503p.

SEIFFERT, N.F. **low performance of *Leucaena* Peru type on central Brasil oxisols.** Hawaii. *Leucaena*. Research reports, v.3, 1982.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos).** 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990, 165p.

SILVA, G.T. **Implantação banco de dados de espécies vegetais para fins de adubação verde no Brasil.** Seropédica, RJ, 2006. Monografia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SISTI, C.P.J.; SANTOS, H,P dos; KOCHHANN, R.A.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 yers of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Reserch,** Amsterdam, v. 76, p.39-58, 2004,

SOUZA, W.J.O. & MELO, W.J. **Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho.** Viçosa, Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p.885-896, 2000.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3º ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

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

URQUIAGA, S. & ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese, 2000, 110p.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.;ZOTARELLI, L.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. **Manejo de sistemas agrícolas para seqüestro de carbono no solo**. In: AQUINO, A.M de & ASSIS, R.L.de. Processo biológicos no sistema solo-planta: ferramenta para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Formação Tecnológica, 2005, p. 323-342.