



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ROBERTO ANTÔNIO DA COSTA JERÔNIMO JÚNIOR

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE DUAS LEGUMINOSAS ARBÓREAS:
TRANSLOCAÇÃO DE NUTRIENTES E ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA**

Orientador: Prof^o Dr. Marcos Vinícius Winckler Caldeira

Coorientador: Dr. Ranieri Ribeiro Paula

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

FEVEREIRO – 2020

ROBERTO ANTÔNIO DA COSTA JERÔNIMO JÚNIOR

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE DUAS LEGUMINOSAS ARBÓREAS:
TRANSLOCAÇÃO DE NUTRIENTES E ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração em Silvicultura.

Orientador: Prof^o Dr. Marcos Vinícius Winckler Caldeira

Coorientador: Dr. Ranieri Ribeiro Paula

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

FEVEREIRO – 2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

J56t Jerônimo Júnior, Roberto Antônio da Costa, 1989-
Traços funcionais de duas leguminosas arbóreas: translocação de nutrientes e associação micorrízica. / Roberto Antônio da Costa Jerônimo Júnior. - 2020.
77 f. : il.

Orientador: Marcos Vinícius Winckler Caldeira.
Coorientador: Ranieri Ribeiro Paula.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Eficiência no uso de nutrientes. 3. Micorrizas em plantios florestais. 4. Aporte de nutrientes. 5. Índices de susceptibilidade de decomposição das folhas. I. Caldeira, Marcos Vinícius Winckler. II. Paula, Ranieri Ribeiro. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 630

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE DUAS LEGUMINOSAS ARBÓREAS:
TRANSLOCAÇÃO DE NUTRIENTES E ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA**

ROBERTO ANTÔNIO DA COSTA JERÔNIMO JÚNIOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração em Silvicultura.

Aprovada em 17 de fevereiro de 2020.



Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça (Examinador externo)
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Paulo André Trazzi (Examinador externo)
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Ranieri Ribeiro Paula (Coorientador)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo

*À minha família e, em especial,
À minha mãe, Neysa Costa Ribeiro e
à minha avó, Ynê Costa Ribeiro.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela a oportunidade, persistência, coragem, saúde e paciência nessa importante etapa de minha vida.

À minha família que sempre estiveram presentes em todos os momentos, bons e ruins, durante minha trajetória até aqui. Em especial à minha mãe, Neysa Costa Ribeiro, que sempre me incentivou e foi meu porto seguro para tudo nessa minha vida (todos os campos esteve presente comigo), você é maravilhosa e grande parte dessa conquista é sua, Pãe (pai e mãe), te amo, minha guerreira.

Ao meu orientador, Marcos Vinícius Winckler Caldeira, e ao meu coorientador, Ranieri Ribeiro Paula, por todo suporte e apoio científico, além dos diversos conselhos quando a força para continuar parecia estar se esgotando.

Aos meus amigos (se citar todos eu não teria mais espaço no texto) companheiros de laboratório, pelos momentos maravilhosos e inesquecíveis nesses dois anos de evolução acadêmica. À Ju, que sempre esteve presente comigo em todos os momentos dessa caminhada, seja em análises ou mesmo no laboratório, nas disciplinas e nos momentos de lazer. A Naiara e Kelly merecem a citação por sempre ficarem ouvindo minhas lamúrias pelos corredores afora, além de sempre estarem dispostas a me ajudar. Obrigado galera!

Aos meus amigos fora da comunidade acadêmica que sempre me incentivaram, torceram e nunca me deixaram desistir. Vocês têm parte dessa conquista. Obrigado pela amizade de sempre!

Também não poderia deixar de agradecer ao Roldão e Edilson pelos 2 anos de convívio, dividindo a mesma casa e os mesmos anseios de dias bons e ruins. Obrigado meninos!

Ao 'Bim' por toda ajuda e apoio nos campos, coleta de dados e instalação do experimento. Sua ajuda foi de suma importância para o êxito da minha pesquisa. Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), em nome da pesquisadora Érica, que realizou as análises da infestação micorrízica nas raízes das espécies com as quais trabalhei, além de apoio para escrita sobre micorrizas.

Ao Luciano, técnico do Laboratório de Química da Madeira/DCFM/CCAE – UFES, por todo apoio e ajuda nas análises de extração de lignina, celulose e hemicelulose que só nós sabemos o quanto foi complicado.

Aos amigos feitos na cidade de Jerônimo Monteiro, em especial a Larissa e Filipe, por todo apoio e acolhimento durante esses dois anos.

Ao Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela realização das análises de macronutrientes do material vegetal de estudo.

À Universidade Federal do Espírito Santo e, especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 (Portaria nº 206/2018 – DOU), agradeço pela concessão da bolsa de Mestrado que foi de suma importância para realização do curso, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro recebido para a realização deste estudo, referente ao EDITAL FAPES Nº 012/2014, PROCESSO: 71416382 e EDITAL 19/2018 PROCESSO: 84425567 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) EDITAL MCTIC/CNPq nº 28/2018, PROCESSO: 429985/2018-5.

*“Tentar e falhar é, pelo menos,
aprender. Não chegar a tentar é
sofrer a inestimável perda do que
poderia ter sido.”*

Geraldo Eustáquio de Souza

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores médios e desvio padrão de macronutrientes em folhas verdes e senescentes de duas espécies de leguminosas arbóreas.	41
Tabela 2. Aporte de macronutrientes e erro padrão, via folhas senescentes, de duas espécies de leguminosas arbóreas crescendo em monocultivo.....	41
Tabela 3. Eficiência no uso de nutrientes (EUN) e erro padrão de duas espécies de leguminosas arbóreas.	42
Tabela 4. Valores médios de translocação de nutrientes ($n=9 \pm$ erro padrão) entre folhas de árvores de duas espécies de leguminosas.	42
Tabela 5. Porcentagem de lignina, celulose, hemicelulose e erro padrão presente nas folhas senescentes de duas espécies de leguminosas arbóreas.....	43
Tabela 6. Valores médios e erro padrão referentes ao Quociente Holocelulose/Lignocelulose (QHL) e ao Índice Ligno-celulósico (ILC) de duas espécies de leguminosas arbóreas.	43
Tabela 7. Índices de qualidade da serapilheira foliar e erro padrão de duas espécies de leguminosas arbóreas.	43
Tabela 8. Porcentagem média e erro padrão da infestação micorrízica nas raízes finas de duas espécies de leguminosas arbóreas.....	44
Tabela 9. Resultado das análises para os teores de macronutrientes presente em folhas verdes e folhas senescentes de Angico e Paricá, realizadas no Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.....	76
Tabela 10. Análise química do solo para os blocos estudados.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalação dos coletores de folhas senescentes, na estação seca. ...	33
Figura 2. Coleta de raízes finas nas árvores selecionadas de <i>A. peregrina</i> (angico) e <i>S. parahyba</i> (paricá).....	36
Figura 3. Tubos 'falcon' com as amostras de raízes finas de <i>A. peregrina</i> (angico) e <i>S. parahyba</i> (paricá).....	36
Figura 4. (a) presença de hifas em raízes finas do <i>A. peregrina</i> (angico); (b) arbúsculo do fungo em raíz fina do <i>A. peregrina</i> (angico); e (c) presença de vesículas e hifas nas raízes finas do <i>A. peregrina</i> (angico).	44
Figura 5. (a) presença de vesículas em raízes finas de <i>S. parahyba</i> (paricá); (b) presença de vesículas e hifas em raízes finas de <i>S. parahyba</i> (paricá); e, (c) presença de hifas de micorrizas arbusculares em raízes finas de <i>S. parahyba</i> (paricá).	45

Sumário

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1 – INTRODUÇÃO	17
2 – OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos Específicos	21
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1 <i>Schizolobium parahyba</i> (Paricá).....	22
3.2 <i>Anadenanthera peregrina</i> (Angico).....	23
3.3 Ciclagem e eficiência no uso de nutrientes	25
3.4 Papel das micorrizas nos plantios florestais.....	28
4 – METODOLOGIA	31
4.1 Área de estudo.....	31
4.2 Histórico do preparo do solo e plantio das mudas	31
4.3 Delineamento experimental.....	32
4.4 Coletas de folhas verdes e senescentes	32
4.5 Determinação dos macronutrientes	33
4.6 Determinação da celulose, hemicelulose, lignina e carbono.....	34
4.7 Coleta de raízes finas e determinação da infestação micorrízica.....	36
4.8 Nutrientes na biomassa de folhas e uso dos nutrientes.....	38
4.9 Índices de suscetibilidade a decomposição das folhas das espécies.....	39
4.10 Análise estatística dos dados	39
5 – RESULTADOS	41
5.1 Teor de nutrientes nas folhas verdes e senescentes.....	41
5.2 Aporte nutrientes via folhas senescentes	41
5.3 Eficiência no uso de nutrientes (EUN) e translocação de nutrientes	42
5.4 Índices de suscetibilidade a decomposição da serapilheira foliar	42
5.5 Índices de degradabilidade	43
5.6 Colonização micorrízica nas raízes finas.....	44
6- DISCUSSÃO.....	46
6.1 Teor de nutrientes nas folhas verdes e senescentes.....	46
6.2 Eficiência no uso de nutrientes (eun) e translocação de nutrientes	47

6.3 Aporte de nutrientes	50
6.4 Índices de susceptibilidade a decomposição das folhas	51
6.5 Colonização micorrízica nas raízes finas.....	54
7 – CONCLUSÕES	56
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICE	76

RESUMO

JERÔNIMO JÚNIOR, Roberto Antônio da Costa. **Traços funcionais de duas leguminosas arbóreas: translocação de nutrientes e associação micorrízica.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Marcos Vinícius Winckler Caldeira. Coorientador: Ranieri Ribeiro Paula.

Os impactos ambientais causados pelas árvores em projetos de reflorestamento podem ser influenciados pelas exigências nutricionais das espécies e pela qualidade da serapilheira que aporta no solo. Espécies que apresentam um crescimento mais acelerado tendem a acumular mais nutrientes por unidade de biomassa do que espécies de crescimento mais lento. Os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar o uso dos nutrientes por meio da avaliação do status nutricional, de translocação e eficiência de uso de N, P, K, Ca, Mg e S usando as folhas, 2) avaliar a qualidade da serapilheira usando indicadores de degradabilidade tais como a relação C/N, QHL, ILC e 3) e estimar a taxa de infestação micorrízica nas raízes finas, de árvores adultas de *Schizolobium parahyba* (paricá) e *Anadenanthera peregrina* (angico) em monocultivo. As espécies se distinguem pela capacidade de associação simbiótica com bactérias fixadoras de N₂, pela densidade da madeira e pelas taxas de crescimento. Ambas espécies são senescentes e apresentavam 96 meses de idade durante as avaliações. Para o estudo foram selecionadas 9 árvores por espécie no espaçamento 3x3m distribuídas em 3 parcelas. Nessas árvores foram coletadas folhas senescentes e folhas verdes, e raízes finas para avaliação das micorrizas. Paricá apresentou maiores taxas de translocação de nutrientes quando comparada com o angico, com destaque para o fósforo (63%). O Paricá foi mais eficiente no uso de N do que o Angico. A serapilheira foliar do angico apresenta uma maior facilidade de degradação do que a serapilheira foliar do paricá. Foram detectados a presença de fungos micorrizicos arbusculares nas raízes finas do paricá e angico com taxa de infestação de 66% e 73%, respectivamente. O presente estudo indica que as espécies apresentam diferenças no uso dos nutrientes e na qualidade da serapilheira com o angico aportando 105% a mais de N para o solo quando comparada com o paricá, além de uma maior facilidade

da degradação de suas folhas. Essas características podem levar a diferentes impactos sobre a química e fertilidade do solo.

Palavras-chave: *Anadenanthera peregrina*; *Schizolobium parahyba*; serapilheira; micorrizas; translocação de nutrientes.

ABSTRACT

JERÔNIMO JÚNIOR, Roberto Antônio da Costa. Functional features of two tree legumes: translocation of nutrients and mycorrhizal association. 2020. Dissertation (Master in Forest Sciences) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Adviser: Marcos Vinícius Winckler Caldeira. Co-adviser: Ranieri Ribeiro Paula.

The environmental impacts caused by trees in reforestation projects can be influenced by the nutritional requirements of the species and the quality of the litter that contributes to the soil. Species that show faster growth tend to accumulate more nutrients per unit of biomass than species that grow more slowly. The objectives of this work were: 1) to evaluate the use of nutrients through the assessment of the nutritional status, translocation and efficiency of use of N, P, K, Ca, Mg and S using the leaves; 2) to evaluate the quality of the litter using indicators of degradability such as C / N, QHL, ILC; 3) and estimate the rate of mycorrhizal infestation in thin roots of adult *Schizolobium parahyba* (paricá) and *Anadenanthera peregrina* (angico) in monoculture. Their symbiotic association with N₂-fixing bacteria distinguishes the species, by the density of the wood and by their growth rates. Both species are senescent and were 96 months old during the evaluations. For the study, 9 trees per species were selected in the 3x3m spacing, distributed in 3 plots. In these trees, senescent leaves and green leaves were collected, and thin roots were used to evaluate mycorrhiza. Paricá showed higher rates of translocation of nutrients when compared to angico, with emphasis on phosphorus (63%). Paricá was more efficient in using N than Angico. Angico's leaf litter is more easily degraded than paricá leaf litter. The presence of arbuscular mycorrhizal fungi was detected in the fine roots of paricá and angico with an infestation rate of 66% and 73%, respectively. The present study indicates that the species present differences in the use of nutrients and in the quality of the litter, with angico providing 105% more of N to the soil when compared to paricá, in addition to a greater ease of degradation of its leaves. These characteristics can lead to different impacts on soil chemistry and fertility.

Key words: *Anadenanthera peregrina* (angico); *Schizolobium parahyba* (paricá); leaf litter; mycorrhizae; translocation of nutrients.

1 – INTRODUÇÃO

De acordo com dados do Departamento de Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012), o Brasil possui 140 milhões de hectares de áreas degradadas, ou seja, terras abandonadas que são mal utilizadas ou estão em processo de erosão. Segundo o último levantamento das áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo, realizado pelo Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO, 2012), o estado possui cerca de 383 mil hectares, correspondendo a 9% da área estadual e, destes, aproximadamente 238 mil hectares são de pastagens degradadas.

Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2019), o Brasil possui cerca de 7,84 milhões de hectares de árvores plantadas que além de *Pinus* spp. e *Eucalipto* spp., destacam-se outras espécies como *Acacia mangium*, *Araucaria angustifolia*, *Schizolobium amazonicum* e *Tectona grandis*. Ainda segundo IBA (2019), aproximadamente 1,7 bilhão de toneladas de CO₂ são sequestradas da atmosfera pelas plantações florestais, o que contribui para diminuir os efeitos do aquecimento global, por ser uma fonte renovável de energia, além de ser uma alternativa para recuperação de áreas degradadas.

De acordo com a FAO (2010), o reflorestamento promove a recuperação de serviços ecossistêmicos como o aumento do sequestro de carbono, a manutenção dos recursos hídricos e a recuperação do solo de áreas antes utilizadas com a finalidade de produção agrícola e pastagens. Sabe-se que a biomassa vegetal é uma excelente alternativa como fonte de energia renovável, econômica, técnica e ecologicamente viável (LOPES et al., 2016). Lipinski et al. (2017), reafirma o potencial das florestas na fixação de carbono em sua biomassa, através do sequestro do carbono da atmosfera, contribuindo para diminuir a concentração dos gases de estufa.

A introdução de leguminosas arbóreas, principalmente as fixadoras de nitrogênio (N), incrementa a qualidade do solo, ajudando a mitigar os impactos ambientais da pecuária (DIAS et al., 2006), pois contribuem no processo de restauração e sucessão florestal, sendo uma fonte primária de N, promovendo o restabelecimento vegetal e melhoria da dinâmica ecológicas de áreas alteradas (SIDDIQUE et al., 2008; COLETTA, 2010). A fixação biológica do N é mais

comum em espécies de leguminosas das subfamílias *Mimosoideae* e *Faboideae* (SPRENT, 2001) aonde, respectivamente, apenas 13% e 4% não nodulam (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006) e a subfamília *Caesalpinioideae* corresponde ao grupo com espécies de leguminosas que apresentam a maior porcentagem de exemplares não-nodulíferas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

As leguminosas (família Fabaceae) são encontradas nos diversos ecossistemas brasileiros, apresentando uma grande importância ecológica e econômica. Muitas espécies dessa família apresentam potencial para produção de madeira, lenha, celulose, carvão, extração de fitoquímicos e gomas, além de também poder ser utilizada para alimentação humana e animal (GONÇALVES et al., 2000).

As taxas de crescimento, a eficiência no uso da água e nutrientes a fim de produzir biomassa vai variar de espécie para espécie, podendo estar associado a um espectro de economia de madeira (CHAVE et al., 2009). Diversos traços funcionais podem ser associados aos ganhos em biomassa e a sobrevivência das árvores e dentre eles destaca-se a densidade da madeira e a caducifolia (CHAVE et al. 2009; OLIVEIRA et al. 2014), que é a perda das folhas no período seco. A capacidade das plantas em sobreviver sem folhas durante o período seco é uma característica evolutiva adotada por diversas espécies que evoluíram em regiões sazonalmente secas, e tal evolução permite que as árvores diminuam os danos causados por embolia e cavitação (OLIVEIRA et al., 2014) além de reduzir a perda de água pelos estômatos. Maiores capacidades de remobilizar compostos de carbono e nutrientes (estocagem) antes da senescência foliar é uma importante estratégia usada por árvores caducifólias (MARTINS, 2007) permitindo as plantas uma maior independência de nutrientes externos (CHERBUY et al., 2001) sendo que a remobilização desses nutrientes inclui tanto a recirculação das reservas quanto a reciclagem dos tecidos senescentes (CHAPIN et al., 1990).

As árvores que têm crescimento mais acelerado geralmente irão apresentar um tempo de vida menor de suas raízes, maiores teores de N e menor densidade de sua madeira (MCCORMACK et al., 2012); irão apresentar alta capacidade de translocar água e adquirir e usar nutrientes e luz para fixação do carbono e seus tecidos são menos resistentes a decomposição (raízes, caules e folhas) além de serem menos tolerantes a recursos limitados (água,

nutrientes e luz) (REICH, 2014). Já as plantas de crescimento lento desenvolveram mecanismos de proteção contra a perda de carbono, como baixas taxas de respiração e renovação das folhas além de apresentarem maior capacidade de suportar o baixo potencial hídrico sem a perda de turgor (resistência ao estresse por seca) (REICH, 2014). Plantas de crescimento lento apresentam carbonos em conjuntos estruturais mais recalcitrantes e persistentes, ou seja, resistentes (DE DEYN et al., 2008).

Schizolobium parahyba (paricá), é uma leguminosa, caducifólia (CARVALHO, 2005), que é plantado na região norte do Brasil em plantios homogêneos e sistemas agroflorestais (DE SOUZA, 2003). O paricá, apesar de ser uma leguminosa, não é fixadora de nitrogênio (FLORA DO BRASIL, 2019). Plantas que apresentam a capacidade de realizar associações micorrízicas elevam suas taxas de absorção de nitrogênio, especialmente em espécies de leguminosas não fixadoras de N (GONÇALVES et al, 2000), que é o caso do paricá.

Anadenanthera peregrina (angico) é, segundo Carvalho (2003), uma espécie fixadora de nitrogênio, tolerante a climas com baixo regime pluviométrico e quentes, caducifólia e que pode ser utilizada em pastagens para o sombreamento. De acordo com Souza et al. (2018), estas características conferem ao angico um grande potencial de uso em plantios puros para fins comerciais ou em consórcio com outras espécies para recuperação de áreas degradadas, além de exercer importante papel ecossistêmico com o sequestro de carbono da atmosfera. A presença de bactérias simbióticas (rizóbios), localizadas em células especiais (nódulos radiculares) nas raízes finas do angico, contribui para fixação do N atmosférico, suprindo a deficiência desse elemento essencial para o crescimento vegetal (GROSS; CORDEIRO; CAETANO, 2002).

Essas duas espécies foram estabelecidas em plantio experimental no IFES de Alegre. Suas características fisiológicas (como perder totalmente as folhas na estação seca, o rápido crescimento do paricá e a alta densidade da madeira e resistência do angico), associado aos poucos estudos relacionados a ambas e a crescente demanda por energia renovável e por plantas com boas características para recuperação de áreas degradadas, torna-se necessário

novos estudos relacionados a essas espécies, seja para complementação de estudos anteriores que auxiliarão na tomada de decisão.

2 – OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo investigar o teor dos nutrientes, a qualidade da serapilheira aportada foliar e a proporção de infestação micorrízica em árvores adultas de *Schizolobium parahyba* (paricá) e *Anadenanthera peregrina* (angico) crescendo em monocultivos aos 96 meses de idade, no IFES de Alegre.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os teores de macronutrientes em folhas verdes e senescentes, a translocação de nutrientes e a eficiência de uso dos nutrientes nas espécies paricá e angico;
- Avaliar a qualidade da serapilheira aportada foliar das espécies paricá e angico por meio de índices calculados usando os teores de lignina, celulose e hemicelulose, nitrogênio e carbono;
- Investigar a proporção de associação micorrízica nas raízes finas de paricá e angico.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Schizolobium parahyba* (Paricá)

É uma espécie nativa do Brasil, ocorrendo nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Mato Grosso, abrangendo o domínio fitogeográfico da Amazônia, podendo atingir de 20 a 30 metros de altura com fuste reto apresentando sapopemas (REFLORA, 2019). Porém, também foi relatada sua ocorrência no Peru, Colômbia, Venezuela e Bolívia (FILHO et al., 2007). Apresenta boas características silviculturais como desrama natural, facilidade na obtenção de sementes, fuste reto, dentre outras (MELO, 1973). O paricá é pertencente ao gênero *Schizolobium*, que é representado por uma única espécie (*Schizolobium parahyba*), porém com duas variedades - *amazonicum* (Hub.). Ducke e *parahyba* (Vell.). Blake - que são muito semelhantes e que foram consideradas por muito tempo como uma única espécie (DE SOUZA et al., 2003).

É uma leguminosa, pertencente à família Fabaceae (Leguminosae Caesalpinioide), caducifólia não sendo muito exigente quanto à qualidade edáfica do solo, podendo ser plantada a sol pleno por ser heliófita, não tolera sombra, seu crescimento é reduzido em solos argilosos, hidromórficos, compactados ou com teores elevados de Alumínio, além de não tolerarem baixas temperaturas (DE SOUZA et al., 2003; CARVALHO, 2005). O paricá, apesar de ser uma leguminosa, não é fixadora de nitrogênio (SIVIERO et al., 2008; FLORA DO BRASIL, 2019) apesar da maioria dos gêneros da família Leguminosae nodularem e fixarem N (SPRENT, 2001).

Silva et al. (2016), comenta que essa espécie está se destacando em plantios comerciais pois, além de apresentar rápido crescimento, sua madeira apresenta boas características para a indústria de laminados e compensados. Apresenta taxa de crescimento anual em torno de 30 a 35 m³ por hectare, mesmo sem adoção de programas de melhoramento (VIDAURRE et al, 2012). As áreas cultivadas aumentam a cada ano, pois o paricá apresenta boa produção de sementes em quantidade e qualidade, crescimento rápido, baixa densidade da madeira e baixa incidência de pragas e doenças além de um elevado potencial de sequestro de C (~209 megagrama ha⁻¹ após 15 anos) (SIVIERO et al., 2008).

Já para produção de carvão o parica não é indicado, pois de acordo com Vidaurre et al. (2002), sua madeira apresenta baixa densidade aparente e, quanto maior a densidade, maior a densidade de energia contida por unidade de volume. Porém é bastante propensa aos danos causados por fortes ventos, principalmente durante os estágios iniciais do estabelecimento em campo.

O paricá é amplamente utilizado em sistemas de produção florestal assim como em sistemas agrosilvipastoris, pois apresenta características positivas como o rápido crescimento em áreas alteradas, reflorestamento, qualidade da sua madeira para diversos usos, promover conforto térmico para o gado em pastagens e alguns cultivos que necessitam sombreamento, além de servir como tutor vivo para diversas culturas agrícolas (FILHO et al., 2007; OHASHI et al., 2010). Segundo dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2013), essa espécie é amplamente cultivada em todo Brasil para fins comerciais tendo atingido em 2013 cerca de 87.500 hectares, além de ser a espécie nativa da Amazônia mais plantada em todo o país.

Siviero et al. (2008) desenvolveram um estudo aonde avaliaram o efeito da inoculação de três fungos micorrizícos associados a três cepas de bactérias fixadoras de N no crescimento e a sobrevivência de plantas de paricá (que é naturalmente não nodulante). Os resultados sugeriram que algumas combinações foram eficazes em estimular o crescimento das plantas. Porém estudos sobre a translocação de nutrientes no paricá ainda são insipientes.

3.2 *Anadenanthera peregrina* (Angico)

O angico-curtidor *Anadenanthera peregrina* (angico), também conhecido como angico-do-cerrado e angico-vermelho é uma leguminosa arbórea, pioneira, com copa ampla e pertencente à família Fabaceae. É uma espécie nativa e não é endêmica do Brasil, ocorrendo nos estados do Amazonas, Pará, Roraima, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do sul e Minas Gerais, abrangendo os domínios fitogeográficos da Amazônia e cerrado (REFLORA, 2019). O angico pode atingir de 14 a 22 metros de altura, com copas abertas e frondosas, troncos curtos e cilíndricos, com casca rugosa e presença de espinhos; sua madeira apresenta alta densidade, é dura, apresenta grande resistência mecânica e é

muito durável; é uma planta decídua, heliófita, de frequência elevada e com padrão de dispersão irregular e descontínuo (LORENZI, 2002).

O angico é, segundo Carvalho (2003), uma espécie fixadora de N, tolerante a climas com baixo regime pluviométrico e quentes, caducifolia e que pode ser utilizada em pastagens para o sombreamento. Ainda, segundo o mesmo autor, essa espécie apresenta expressiva regeneração natural, taxas de crescimento moderado a rápido, adaptabilidade a distintos tipos de ambientes com diferentes tipos de solos (rasos, profundos ou compactados) sejam eles secos, úmidos ou mal drenados. O angico pode atingir produtividades de até 17 m³ ha⁻¹ aos 4 anos de idade em plantios com espaçamento 3x2 m, sem nenhum tipo de melhoramento (SOUZA, 2018).

A espécie apresenta grande capacidade de se adaptar a diferentes ambientes e rápido crescimento quando comparada a outras espécies nativas, além da sua madeira ser resistente e durável, muitas vezes ela é utilizada na construção civil e naval, produção de móveis, carvão, lenha e, sua casca pode conter taninos, composto químico utilizado no curtimento de couro e também na produção de adesivos para fabricação de painéis (LORENZI, 2000; CARNEIRO et al., 2009). Porém, quando comparado com o paricá, seu crescimento é bem mais lento. Estudos recentes demonstram o potencial do angico para produção de carvão vegetal por apresentar elevada densidade básica da madeira (~0,66g cm⁻³) e altos teores de lignina, sendo essas as principais variáveis que irão determinar a qualidade do carvão (SOUZA, 2018). Suas sementes são leves, achatadas, escuras, podendo ser dispersas pelo vento a pequenas distâncias caracterizando a síndrome de dispersão do tipo barocórica, estabelecendo-se próximo a árvore matriz (COSTA; CONTINI; MELO, 2003) e o padrão de distribuição do tipo agregado (GALVÃO et al., 2014). Apresentam frutos secos, que não apresentam atrativos para os animais sob a forma de legumes achatados que se abrem expondo suas sementes que caem imediatamente (PINHO et al., 2009).

Por apresentar comportamento pioneiro, o angico possui importância ecológica, pois serve de poleiro natural para o pouso de aves que irão contribuir com a chuva de sementes no local e como fonte de diásporos, sendo uma alternativa de uso em programas de recuperação de áreas degradadas (DURIGAN et al., 1997; COSTA; CONTINI; MELO, 2003; ARAÚJO et al., 2006).

Historicamente o gênero *Anadenanthera* é utilizado há milênios por diversos povos e culturas sul-americanas devido seus princípios psicoativos. Várias preparações derivam dela, podendo ser inalada pelo nariz, fumada em cachimbo ou charutos ou preparada em bebidas fermentadas. Esse gênero desempenhou papel crucial no desenvolvimento cultural das sociedades indígenas na América do Sul (TORRES; REPKE, 2014).

3.3 Ciclagem e eficiência no uso de nutrientes

A ciclagem de nutrientes corresponde a um processo de suma importância pois é responsável pelo equilíbrio ecológico das florestas tropicais e das plantações florestais de espécies nativas, uma vez que os solos das regiões florestais são muito intemperizados e pobres quimicamente (baixa fertilidade) além de estarem fortemente degradados pela ação antrópica, tornando necessário um manejo adequado para sua recuperação (GONÇALVES et al., 2000). A serapilheira foliar é a principal fonte de retorno de nutrientes ao solo, juntamente com os exudados radiculares e raízes mortas. Em termos de quantidade e conteúdo de nutrientes orgânicos e inorgânicos, a fração foliar é a mais representativa (ESPIG et al., 2009; MARAFIGA et al., 2012; GODINHO et al., 2013), desempenhando papel importante na dinâmica dos ecossistemas florestais pois, ao ser decomposta, torna-se fonte de nutrientes para as plantas, além de proteger o solo da erosão (SHEER, 2008; PAULA et al., 2009; GIÁCOMO et al., 2012).

As entradas de nutrientes nos sistemas florestais podem ocorrer via precipitação atmosférica, intemperismos químico, físico ou biológico de rochas, lixiviação das copas e dos troncos das árvores, fixação biológica de N e decomposição da matéria orgânica (CIANCIARUSO et al., 2006). Outra forma de entrada de elementos no sistema é a morte e consequente decomposição das raízes, representando importante fonte de C e nutrientes para o solo (KOTOWSKA et al., 2016). De acordo com Schaefer et al. (2002), os nutrientes podem ser perdidos do solo por meio de diversos mecanismos, dentre eles via volatilização, drenagem profunda, escoamento superficial do solo e nitrificação.

Koehler (1989) diz que a serapilheira (ora designada sarapueira, sairapieira, manta, folhodo, folhada ou liteira) consiste no acúmulo de material

(não decomposto ou em início de decomposição) resultante da queda periódica de folhas, flores, galhos, frutos, casca e até de árvores inteiras, que vai se acumulando sobre o solo da floresta. Freitas (2015) define, resumidamente, serapilheira como todo material de origem orgânica que vai se depositando e acumulando sobre o solo. Outros autores ainda definem a serapilheira como uma camada superficial do solo florestal formada por material decíduo como folhas, galhos, órgãos reprodutivos, além de restos de animais e material fecal, em que seu aporte exerce importante função ecológica no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas (COSTA et al., 2010; BACHEGA, 2012).

A velocidade de decomposição da serapilheira e consequente liberação de nutrientes são dependentes de condições físicas e químicas do ambiente, além da qualidade orgânica e nutricional do material aportado (MACHADO, 2011). Os nutrientes são um fator importante que vão controlar as taxas de decomposição da serapilheira, pois os nutrientes essenciais presentes na matriz do solo ou na camada de matéria orgânica irão influenciar na comunidade e na atividade dos organismos decompositores do solo (GE et al., 2013). Outros fatores, como os teores de componentes estruturais como celulose, hemicelulose e lignina também exercem grande influência nos índices de degradabilidade. Os processos envolvidos na decomposição da serapilheira em um ecossistema podem ser considerados como um contínuo, sendo caracterizada em duas fases: uma inicial aonde a perda de massa é constante e uma fase de perda lenta dominada pela degradação de 'lignocelulose' (MELILLO, et al, 1989). Elevados teores de lignina ou compostos aromáticos conferem ao material orgânico maior resistência a penetração de organismos decompositores ao passo que altos teores de celulose ou carboidratos solúveis favorecem atuação de organismos detritívoros (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

De acordo com Espindola et al. (2006) e Bachega (2012), além do clima, a composição química (relação C/N, teores de lignina e polifenóis, relação lignina/N, etc) dos resíduos vegetais também atua como regulador das suas taxas de decomposição. Diferentes índices de suscetibilidade a decomposição da serapilheira foliar e radicular podem ser usados para distinguir espécies (MELILLO et al., 1989; CORTEZ et al., 1996). Por exemplo, valores mais altos de componentes de difícil decomposição, como a lignina, apresentam correlação negativa com as taxas de decomposição (HATTENSCHWILER; JORGENSENT,

2010; BARANTAL et al., 2011). Porém, espécies que apresentam material vegetal com maior teor de N, geralmente, irão apresentar rápida decomposição (BACHEGA, 2012). Todavia, diversos são os fatores que regulam a velocidade de decomposição do material orgânico.

A produção e decomposição da serapilheira vão ser influenciadas pelas condições ambientais presentes em cada ecossistema (FERNANDES et al., 2006). Os teores de nutrientes presentes no solo se correlacionam positivamente com a qualidade da serapilheira, pois solos mais férteis apresentam uma serapilheira mais rica em nutrientes quando comparada com a serapilheira de florestas que apresentam solo com baixa fertilidade (GE et al., 2013). Caldeira et al. (2007), estudaram a produção de serapilheira e o conteúdo de nutrientes e C orgânico em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, demonstraram que a serapilheira acumulada sobre o solo da floresta é a principal rota de transferência de N, K e Ca, além de micronutrientes (Fe, Mn e Zn), para o solo.

A serapilheira e a madeira morta desempenham papéis importantes nos ecossistemas florestais, pois servem de abrigo a vários microrganismos, previnem à erosão e as flutuações de temperatura e da umidade do solo, sendo sua decomposição um processo fundamental para os ciclos biogeoquímicos aonde diversos microrganismos são os principais agentes de decomposição, com destaque para os fungos, que produzem enzimas específicas que ajudam na degradação desse material e suas hifas conferem uma capacidade de acessar novos substratos (SONG et al., 2010; BANI et al., 2018).

A eficiência no uso dos nutrientes (EUN) é um termo utilizado para avaliar os sistemas de produção agrícola e florestal, pois indica o potencial de perdas de nutrientes para o meio ambiente e pode ser afetado pelo tipo de manejo de fertilizantes e pelas relações solo-planta-água (FIXEN et al., 2015). A EUN geralmente é mais elevada em comunidades estabelecidas em solos de baixa fertilidade aonde as plantas apresentam folhas com tempo de vida maior e mecanismos para diminuir as perdas de nutrientes (AERTS; CHAPIN, 1999). Kotowska et al. (2016) observou uma EUN menor para todos os nutrientes investigados quando o sistema foi mais intensivamente manejado e fertilizado. Silva et al. (2006) sugerem que as plantas, em estágio sucessional em áreas degradadas, irão apresentar diferentes estratégias quanto ao acúmulo e a utilização de nutrientes e, nem sempre o maior acúmulo de determinado

elemento irá culminar numa melhor eficiência no seu uso. Porém, plantas de rápido crescimento, geralmente, apresentam maior habilidade de adquirir e usar nutrientes sendo menos tolerantes quando os recursos são limitados (REICH, 2014). A taxa de retorno de nutrientes através da queda das folhas está relacionada à EUN das plantas, ou seja, a quantidade de massa produzida por conteúdo de nutrientes na serapilheira (VITOUSEK, 1982).

A translocação (ciclagem interna) de nutrientes ou ciclo biológico pode ser dividido em ciclo bioquímico, que está relacionado à movimentação interna de nutrientes entre os tecidos da própria árvore e ciclo biogeoquímico que corresponde a ciclagem de nutrientes entre o solo e a biomassa por meio da absorção de nutrientes, queda de resíduos da parte aérea e decomposição do material (PARRON et al., 2015).

3.4 Papel das micorrizas nos plantios florestais

As micorrizas são associações simbióticas e nas plantas elas ocorrem entre as raízes de árvores lenhosas e fungos, aonde os fungos formam uma bainha ao redor das raízes podendo penetrar no tecido das mesmas, promovendo íntima associação entre o fungo e a raiz, do qual vai culminar em um efeito benéfico para ambos (GONÇALVES et al., 2000). Harrison (1997) diz que micorrizas são associações mutualísticas formadas entre raízes de plantas e fungos, existem na maioria das espécies de plantas terrestres, suas estruturas e funções dependem dos simbiossiontes envolvidos e o tipo mais comum de associação micorrízica é a micorriza arbuscular (MA). Segundo Parniske (2008), a MA melhora o suprimento de água e nutrientes (principalmente o P e N) para a planta hospedeira que, em troca, transfere para o fungo até 20% do C fixado e o desenvolvimento da MA se dá por uma troca de moléculas de sinalização entre os simbiossiontes. As micorrizas são capazes de aumentar a solubilização de P do solo por meio do micélio extra-radicular que vai translocar o elemento para a planta e o vegetal irá fornecer carboidratos para as micorrizas (ALLEN e ALLEN, 1981; HARLEY e SMITH, 1983).

Os fungos micorrízicos desempenham papel crucial nos ecossistemas terrestres, participando da regulação do ciclo de nutrientes e C, além de influenciar na estrutura do solo (HEIJDEN et al., 2014). Eles também podem reduzir a perda de C do solo ao imobilizarem o mesmo em seu micélio, além de

proporcionarem a raiz um prolongamento de vida útil e também melhoram o sequestro de carbono através dos agregados do solo (Langley et al., 2006; Rillig & Mummey, 2006).

As ectomicorrizas causam alterações acentuadas nas raízes, colonizando o seu córtex, não penetram nas células, ocorrendo geralmente em árvores de clima temperado (GONÇALVES et al., 2000). As endomicorrizas são todos fungos biotróficos, colonizam as raízes inter e intracelular, formando arbúsculos, que correspondem às hifas, que irão proporcionar aumento do volume de solo explorado, favorecendo uma maior área para absorção de água e nutrientes – o P principalmente por ser menos móvel - do solo (biofertilizante), mitigação dos efeitos causados por estresses bióticos e abióticos (bioproteção) e atuação na fisiologia e balanço hormonal do vegetal (biorreguladores) (GONÇALVES et al., 2000; KHADE e RODRIGUES, 2009; CHAER et al., 2011).

A capacidade de se associar com bactérias fixadoras de N e/ou micorrizas (ou ambas) faz com que as plantas tenham maior sucesso na colonização e sobrevivência no meio ambiente, pois essas associações reduzem o uso de insumos agrícolas por conferir a planta resistência a ataques de patógenos, estimulam o crescimento do vegetal e conferem uma adaptabilidade às condições adversas do solo (LIMA, 2011).

Outra função importante que pode estar associado às micorrizas em plantas é a indução de tolerância a elementos não essenciais e tóxicos. Um estudo de Gomes et al. (2012), demonstrou que na ausência de colonização por fungos arbusculares micorrízicos, plântulas de *Anaderanthera peregrina* eram altamente propensas aos efeitos fitotóxicos do arsênico, afetando o crescimento e o estado nutricional das plantas. Os fungos micorrízicos arbusculares (MA) além de promoverem a proteção das raízes das plantas de herbívoros e patógenos e melhorarem a estrutura do solo também induzem tolerância fisiológica a seca e aumenta a resiliência das plantas ao estresse salino (NASIM, 2010). Garg e Chandel (2011) dizem que os fungos MA auxiliam as plantas na absorção de elementos relativamente imóveis como Zn, Cu e Fe além de proporcionarem adaptação a diversos estresses ambientais como seca, calor, salinidade, contaminação por metais pesados, produção de hormônios e algumas enzimas e elementos radioativos.

Diversas técnicas podem ser utilizadas para determinação da infestação por fungos micorrízicos arbusculares. Phillips e Hayman (1970) desenvolveram um método de coloração de estruturas fúngicas arbusculares em raízes que utilizam o azul de tripano. Porém, o azul de tripano é classificado como um possível agente cancerígeno, de acordo com a International Agency for Research on Cancer (IARC) (1975). Outros métodos, como propostos por Gerdemann (1955), Brundrett; Piché; Peterson (1984), também utilizam corantes possivelmente carcinogênicos para coloração das raízes. Vierheilig et al. (1998), propôs um método não tóxico, de alta qualidade, confiável, simples e barato para coloração de raízes infestadas por fungos micorrízicos a base de uma solução de tinta e vinagre, após clarificação das mesmas em hidróxido de potássio (KOH).

4 – METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma “Floresta Piloto” localizada na área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo, campus de Alegre, ES, (20°46'15,46" de latitude Sul e 41°27'13,04" de longitude Oeste), com altitude média de 150 m (Figura 1). O relevo é montanhoso com pontos ondulados, ocorrendo partes com declividade acentuadas. A altitude varia entre 130 m nos pontos mais baixos chegando a 180 m nos pontos mais elevados do povoamento. Na área foram estabelecidos plantios, em junho de 2011, de duas espécies (*Anadenanthera peregrina* e *Schizolobium parahyba*) em 90 parcelas de 1500 m² em cinco espaçamentos de plantio (3x2 m², 3x3 m², 4x3 m², 4x4 m² e 5x5 m²), em três blocos de plantio, e com três repetições (parcelas) por bloco.

O objetivo do projeto ‘Floresta Piloto’ é avaliar o comportamento de espécies florestais com potencial para exploração econômica ou para proteção. A área está inserida na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (GASPARINI, 2014). O uso anterior do solo foi pastagem, predominantemente, de *Brachiaria brizantha*, por cerca de 40 anos. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw (verões quentes e chuvosos e invernos secos), sendo a temperatura média anual em torno de 23°C e precipitação média anual em torno de 1200 mm (PEZZOPANE et al., 2004; PEEL et al., 2007; ALVARES et al., 2013).

4.2 Histórico do preparo do solo e plantio das mudas

Para a implantação do povoamento florestal, foi realizada a retirada do gado e, na sequência, a pastagem foi suprimida mediante a aplicação de glifosato (‘roundup’). Posteriormente, foram realizadas as marcações e a abertura das covas com dimensões de 0,30 m de profundidade por 0,30 m de largura, sendo realizado o plantio das mudas na sequência. Foi realizada adubação de plantio por meio da adição de 220 gramas de adubo granulado NPK na formulação 02-30-06 que, continha ainda em sua composição, 0,2% de B, 0,2% de Cu e 0,2% de Zn, por cova. As mudas foram produzidas no viveiro da Reserva Natural Vale, no município de Sooretama, ES (Instituto Ambiental Vale).

As sementes do Paricá foram provenientes do município de Dom Eliseu, no estado do Pará, com alta diversidade genética.

Os tratamentos silviculturais como replantio, coroamento em torno da muda, controle de formigas cortadeiras, adubação de cobertura e roçada manual foram realizados por cerca de um ano após o plantio. A pastagem, que anteriormente ao plantio das mudas ocupava a área, era destinada apenas para criação de gado e não recebia nenhum tipo de calagem ou adubação para correção do pH e melhoria da fertilidade do solo.

Após 68 meses da introdução de ambas as espécies, foi observada uma redução da densidade do solo, sendo o efeito do espaçamento não significativo. Também ocorreu uma melhoria geral na qualidade dos atributos químicos do solo nos blocos do Angico, como elevação da CTC potencial e efetiva, soma de bases e nos teores de Mg. Além disso, todas as parcelas contendo Paricá apresentaram a cobertura do solo superior a 50% por capim *Brachiaria brizantha* enquanto que 64% das parcelas com Angico apresentaram coberturas inferiores a 50% dessa mesma gramínea, indicando que além do sombreamento, outros fatores poderiam estar atuando inibindo o crescimento da mesma como, por exemplo, a alelopatia (CAMPANHARO, 2017).

4.3 Delineamento experimental

Para o estudo foram selecionadas três parcelas com plantios de paricá no bloco 2 e três parcelas com plantios de angico no bloco 1 com espaçamento 3x3 m (Figura 1). A seleção dessas parcelas foi feita em função das semelhanças na declividade do terreno e tipo de classe de solo (Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico), com objetivo de minimizar os efeitos do sítio.

Em cada parcela foi selecionada três árvores, de dimensões pequena, média e grande, usando dados de inventário florestal. Cada árvore foi marcada com sua respectiva numeração para futuras amostragens de folhas e raízes finas. Um total de 09 árvores por espécies foram selecionadas.

4.4 Coletas de folhas verdes e senescentes

Nas árvores selecionadas foram coletadas folhas verdes com auxílio de podão e escada (para as folhas do paricá, devido à altura das árvores), nos terços inferior, médio e superior da copa das árvores. Nessas mesmas árvores

foram instalados coletores de 1 m² na forma quadrada para coleta de folhas senescentes (figura 1). Os coletores foram confeccionados em madeira e tela de nylon tipo 'mosqueteiro' de 0,20 mm e instalados na altura mínima de 1,90 m de altura do solo para evitar que o gado que pastoreia na área danifique os coletores.



Figura 1. Alocação dos coletores de folhas senescentes, na estação seca.
Fonte: o autor.

As duas espécies perdem todas as folhas durante a estação seca. As folhas senescentes foram coletadas durante 15 dias no pico da estação seca na região (mês de julho-agosto). Com intuito de caracterizar a máxima demanda de nutrientes, as folhas verdes foram coletadas no auge da estação chuvosa (dezembro) pois, de acordo com Dias et al. (2002), o maior conteúdo de água no solo favorece a absorção dos nutrientes pelas plantas.

4.5 Determinação dos macronutrientes

O material foliar recolhido foi armazenado em sacos de papel e acondicionado em estufa de circulação forçada a 60 °C por três dias para secagem. Posteriormente, o material foi triturado em moinho tipo Wiley e guardado em tubos 'falcon' (hermeticamente fechados) que foram encaminhados para análise de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) no Laboratório de Ecologia Aplicada, localizado no Departamento de Ciências Florestais da Esalq/USP em Piracicaba, São Paulo. O teor de N foi determinado por destilação (semimicro-Kjedhal) após digestão sulfúrica. As concentrações de

Ca e Mg foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, as de K e Na por espectrofotometria de chama e a de P por espectrofotometria em extrato nítrico-perclórico, de acordo com Malavolta et al. (1997).

4.6 Determinação da celulose, hemicelulose, lignina e carbono

As concentrações de C foram determinadas nas folhas senescentes de paricá e angico, e foram quantificadas pelo método da perda de massa seca por ignição (KIEHL, 1985). O primeiro passo foi determinar a umidade da amostra, após secagem em estufa de circulação forçada, às temperaturas de 65 °C e 105 °C. A massa seca resultante foi levada à mufla e aquecida até atingir a temperatura de 800 °C por 2 horas. As concentrações de C foram calculadas conforme a equação 1.

$$C_n = \sum \text{massa seca} \times [\text{elemento}] \quad (\text{Eq. 1})$$

As concentrações de celulose e hemicelulose foram determinadas em Detergente Ácido (FDA) (VAN SOEST, 1967) e da lignina pelo método do Permanganato (VAN SOEST; WINE, 1968) adaptados por Rodrigues (2010), no Laboratório de Recursos Hídricos e Solos do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – CCAE/UFES, localizado na cidade de Jerônimo Monteiro.

Inicialmente, o material foi colocado em bloco digestor com 30 ml de solução de detergente ácida a uma temperatura de 120 °C, por uma hora. Posteriormente, o material foi filtrado em cadinho de vidro (gooch), utilizando uma bomba de vácuo, sendo realizada duas lavagens com água quente a 90°C e 100°C (respectivamente) e outras duas lavagens com acetona. O material foi seco em estufa a 105°C e pesado. A FDA foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\%FDA = \frac{P_f - P_{(gooch)}}{P_i (amostra)} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: %FDA = Fibras em Detergente ácido (%);

P_f = Peso do Cadinho mais fibras (g);

$P_{(gooch)}$ = Peso do cadinho; e,

P_i = peso inicial da amostra.

Após a terminação da FDA, a determinação da lignina foi realizada pelo método do Permanganato de Potássio (KMnO_4) com o material resultante da quantificação da FDA presente no interior dos cadinhos. Os cadinhos foram colocados em bandejas sobre uma camada de água, sendo adicionada a solução de KMnO_4 , mantendo o contato da solução com as partículas por 15 minutos, com posterior filtração. O processo foi repetido, com duração de 90 minutos, e nova sucção. Posteriormente a isto, os cadinhos com o material resultante passaram por digestão com uma solução desmineralizante durante 10 minutos, sendo que o processo foi realizado duas vezes, a fim de que a cor amarelada fosse observada nas fibras. Foi realizada mais duas lavagens com etanol (80%) e outras duas lavagens com acetona. O material foi seco em estufa a $105\text{ }^\circ\text{C}$ e depois pesado. A porcentagem de lignina foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\%LIG = \frac{P_f - P_{cc}}{P_i(amostra)} \times 100 \quad (Eq. 3)$$

Em que: %LIG = Teor de Lignina (%);

P_f = Peso do Cadinho mais fibras (g);

P_{cc} = Peso do cadinho – menos lignina (g); e,

P_i = peso inicial da amostra.

A determinação da celulose foi realizada por meio da incineração dos cadinhos durante 2 horas a $500\text{ }^\circ\text{C}$, e posterior pesagem do material resultante (cinzas). A porcentagem de celulose foi calculada de acordo com a equação:

$$\%CEL = \frac{P_{cc} - (P_{cz})}{P_i(amostra)} \times 100 \quad (Eq. 4)$$

Aonde: %CEL = Teor de celulose (%);

P_{cz} = Peso do cadinho + cinza (g)

P_{cc} = Peso do cadinho – lignina (g); e,

P_i = peso inicial da amostra.

4.7 Coleta de raízes finas e determinação da infestação micorrízica

As raízes finas foram coletadas durante a estação chuvosa a cerca de 10 centímetros de profundidade de solo, próxima a base de árvores (≈ 10 cm) de cada uma das nove árvores previamente selecionadas (figura 2). Posteriormente, as raízes foram lavadas em água corrente, selecionadas e separadas com o auxílio de peneiras, sendo acondicionadas em álcool 70% para análises investigativas da presença ou ausência de infestações micorrízicas (figura 3).



Figura 2. Coleta de raízes finas nas árvores selecionadas de Paricá e Angico.
Fonte: o autor.



Figura 3. Tubos 'falcon' com as amostras de raízes finas de parica e angico.
Fonte: o autor.

As análises investigativas de micorrizas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Ambiental na estação Experimental Ignácio Salcedo do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, localizado na cidade de Campina Grande, na Paraíba.

A clarificação e coloração de raízes das plantas foi realizada de acordo com BRUNDRETT et al., (1996). Para realizarmos a avaliação da taxa de

colonização micorrízica foi utilizado o método proposto por GIOVANNETTE e MOSSE (1980), segundo os seguintes passos:

- a) As amostras de raiz foram colocadas em béquer de 25 ou 50 ml, individuais, para cada amostra. As raízes permaneceram imersas na solução de KOH 10% e aquecidas em banho-maria, em temperatura variando de 60° a 90° C. O tempo de aquecimento e de permanência na solução pode variar entre as espécies de plantas devido à característica das raízes (as mais escuras e fibrosas demandam maior tempo de clarificação). Essa também pode ser realizada em autoclave ao invés de banho-maria e BRUNDRETT et al. (1996a) afirma que 1 hora a 60 °C em banho-maria equivale a 5 minutos em autoclave a 121 °C;
- b) Uma vez clarificadas, as amostras foram lavadas várias vezes em água antes de seguirem para a etapa de coloração;
- c) Para coloração, as amostras foram imersas na solução contendo o corante de solução de tinta de caneta azul a 5%, da marca Parker. Para acelerar o processo, as amostras foram novamente conduzidas ao aquecimento em banho-maria por um período de 12 horas na solução corante;
- d) Após a coloração, as amostras foram retiradas da solução e preservadas em solução de glicerol a 50%, em quantidade suficiente para cobrir as raízes;
- e) Uma vez coloridas, as raízes foram avaliadas de acordo com a porcentagem ou taxa de colonização micorrízica;
- f) As raízes foram dispostas linearmente, de forma aleatória, em lâminas de microscópio, sendo colocadas 30 fragmentos de raízes por lâmina;
- g) Cada um dos fragmentos foi dividido em 10 partes a fim de facilitar a visualização da presença ou ausência dos fungos micorrízicos.
- h) Os cálculos para determinarmos a porcentagem de colonização micorrízica foram realizados conforme a equação 5.

$$\% \text{ de colonização micorrízica} = \frac{a}{a + b} \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que: a = número de pontos de raízes colonizadas;

b = número de pontos de raízes não colonizadas.

4.8 Nutrientes na biomassa de folhas e uso dos nutrientes

Aos 70 meses de idade foi realizado inventário na 'Floresta Piloto' aonde todas as árvores da parcela do espaçamento 3x3 m² foram amostradas para a variável diâmetro a altura do peito (DAP) e 30 árvores foram amostradas para a altura. Tais informações foram usadas para estimar a biomassa de folhas verdes aos 70 meses por meio de equações ajustadas nos estudos de SOUZA (2018) (Equação 6) e DELARMELENA (2019) (Equação 7). Foi considerado nesse estudo que toda biomassa de folhas verdes estimadas para o verão foi equivalente a estimativa da biomassa de folhas senescentes no durante o período seco, dado o comportamento caducifólio das espécies

$$\text{Biomassa folhas angico} = 1,5169484 + 0,0039595 (DAP^2 * Ht) \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\begin{aligned} \text{Biomassa folhas paricá} = & 2,0114073 + (-0,3166008 * DAP) + (0,0097108 * \\ & DAP^2) + [(0,0007603 * (DAP^2 * \\ & Ht)] \end{aligned} \quad (\text{Eq. 7})$$

Os valores de biomassa de folhas verdes e senescentes foram multiplicados pelos teores médios de nutrientes determinados em folhas verdes e senescentes das duas espécies aos 96 meses para conhecer a magnitude da transferência de nutrientes a partir das árvores para o solo. Nós assumimos que a biomassa de folhas verdes e senescentes foi pouco alterada entre 70 e 96 meses após o plantio.

A eficiência de uso dos nutrientes foi calculada usando os valores da biomassa foliar de cada espécie dividida pela massa de cada macronutriente encontrado nas folhas senescentes das espécies estudadas.

A translocação de nutrientes entre as folhas verdes e senescentes foi calculada através da seguinte equação (equação 8) (VITOUSEK & SANFORDE, 1986):

$$\text{Translocação (\%)} = (C_i - C_f) / C_i * 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde:

C_i = teor de nutrientes nas folhas verdes

C_f = teor de nutrientes nas folhas senescentes

4.9 Índices de suscetibilidade a decomposição das folhas das espécies

A qualidade do material foi determinada de acordo com as relações C/N, N/P e lignina/N. Já os índices de suscetibilidade a degradação foram definidos conforme as equações (9) e (10):

a) Quociente holocelulose/ lignocelulose (CORTEZ et al., 1996):

$$QHL = \frac{\text{hemicelulose} + \text{celulose}}{\text{hemicelulose} + \text{celulose} + \text{lignina}} \quad (\text{Eq. 9})$$

b) Índice ligno-celulósico (MELILLO et al., 1989):

$$ILC = \frac{\text{lignina}}{\text{lignina} + \text{celulose}} \quad (\text{Eq. 10})$$

Estes índices refletem as características da composição química do material e apresentam a ligação de dois componentes importantes que participam do controle da decomposição que é a celulose (fonte de C para os microrganismos) e a lignina (impede a degradação do material) (BACHEGA, 2012).

4.10 Análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram realizadas com o objetivo de comparar as espécies paricá e angico quanto aos nutrientes estocados e aportados pela biomassa foliar, o uso dos nutrientes, os índices de degradabilidade e suscetibilidade a decomposição, e a proporção de infestação micorrízica nas raízes finas. Além disso, os teores de nutrientes nas folhas verdes e senescentes em cada espécie também foram comparados. Nenhum valor foi eliminado para nenhuma variável analisada no presente estudo. Todos os parâmetros avaliados foram testados utilizando o teste t para os dados normais, com 5% de

probabilidade de erro. Foi utilizado o programa SigmaPlot 12.0 (Systat Software, 2011).

5 – RESULTADOS

5.1 Teor de nutrientes nas folhas verdes e senescentes

Maiores teores médios de macronutrientes foram observados nas folhas verdes do que nas folhas senescentes de ambas as espécies de leguminosas. Contudo o teor de cálcio (Ca) quase não variou entre as folhas verdes e senescentes do angico. Entretanto, as folhas senescentes do paricá apresentaram maiores teores de Ca do que as folhas verdes (Tabela 1).

Tabela 1. Teores médios e desvio padrão de macronutrientes em folhas verdes e senescentes de duas espécies de leguminosas arbóreas.

Espécie	Folhas	Macronutrientes (g.kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Angico	Verde	37,9 ± 11,4 a	0,9 ± 0,08 a	6,6 ± 1,08 a	13,4 ± 3,40 a	2,3 ± 0,39 a	1,1 ± 0,14 a
	Senescente	17,1 ± 2,9 b	0,4 ± 0,15 b	3,7 ± 0,75 b	13,7 ± 2,14 a	1,7 ± 0,26 b	0,5 ± 0,08 b
Paricá	Verde	26,8 ± 3,04 a	1,2 ± 0,28 a	6,3 ± 0,85 a	12,6 ± 3,43 a	2,1 ± 0,36 a	1,4 ± 0,48 a
	Senescente	15,2 ± 1,57 b	0,4 ± 0,13 b	2,3 ± 0,37 b	16,2 ± 3,01 b	2,0 ± 0,39 a	0,6 ± 0,10 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

5.2 Aporte nutrientes via folhas senescentes

O aporte de nutrientes, em quilogramas por hectare (kg ha⁻¹), foi superior para todos os macronutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg e S) quando se compara o angico com o paricá, sendo o angico a espécie que mais retorna esses nutrientes para o solo (Tabela 2). Os aportes médios de N, P, K, Ca, Mg e S foram 105%, 56%, 195%, 48%, 50% e 53% superiores na espécie angico do que no paricá, respectivamente.

Tabela 2. Aporte de macronutrientes e erro padrão, via folhas senescentes, de duas espécies de leguminosas arbóreas crescendo em monocultivo.

Nutriente	Angico ((Kg/ha ⁻¹))	Paricá (Kg/ha ⁻¹)
Nitrogênio	86,2 ± 5,9a	42,1 ± 1,2b
Fósforo	1,7 ± 0,4a	1,1 ± 0,1b
Potássio	18,6 ± 1,5a	6,3 ± 0,3b
Cálcio	67,3 ± 6,4a	45,4 ± 2,2b
Magnésio	8,4 ± 0,6a	5,6 ± 0,5b
Enxofre	2,6 ± 0,2a	1,7 ± 0,1b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

5.3 Eficiência no uso de nutrientes (EUN) e translocação de nutrientes

Paricá e angico apresentaram eficiência no uso de nutrientes (EUN) estatisticamente igual para K, Ca, Mg e S (Tabela 3). Porém, foi observado diferenças de EU para o N e P aonde o paricá apresentou uma melhor EU para o N enquanto o angico apresentou uma melhor EU para o P.

Tabela 3. Eficiência no uso de nutrientes (EUN) e erro padrão de duas espécies de leguminosas arbóreas.

Espécie	Eficiência no uso de nutrientes (EUN)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Angico	29 ± 2,58b	1133 ± 37,48a	154 ± 7,07a	80 ± 8,17a	455 ± 24,08a	955 ± 45,97a
Paricá	39 ± 1,49a	850 ± 69,13b	160 ± 6,79a	85 ± 8,62a	497 ± 26,94a	811 ± 88,38a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

A translocação de nutrientes não diferiu quando comparamos as duas espécies para os nutrientes N, P, Mg e S. Porém, houve diferença para o K ao compararmos as duas espécies, sendo que o paricá apresentou maior translocação (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de translocação de nutrientes (n=9 ± erro padrão) entre folhas de árvores de duas espécies de leguminosas.

Espécie	Translocação (%)				
	N	P	K	Mg	S
Angico	55 ± 6,76a	56 ± 5,36a	44 ± 4,45b	26 ± 6,82a	54 ± 2,65a
Paricá	43 ± 4,11a	67 ± 3,08a	63 ± 1,34a	22 ± 10,3a	57 ± 5,41a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

5.4 Índices de suscetibilidade a decomposição da serapilheira foliar

Os teores de lignina e celulose foram maiores na serapilheira foliar do paricá do que do angico (Tabela 5). O contrário foi observado para o teor de hemicelulose, onde os teores foram o dobro nas folhas do angico.

Tabela 5. Porcentagem de lignina, celulose, hemicelulose e erro padrão presente nas folhas de duas espécies de leguminosas arbóreas.

Árvore	Componentes estruturais nas folhas (%)		
	Lignina	Celulose	Hemicelulose
Angico	24 ± 1,01 b	54 ± 1,19 b	22 ± 1,13 a
Paricá	30 ± 1,54 a	60 ± 0,71 a	10 ± 1,67 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

Os valores médios para o quociente holocelulose/lignocelulose (QHL) e o índice ligno-celulósico (ILC) estão representados na Tabela 6. As folhas de angico apresentaram maior valor de QHL em relação ao paricá.

Tabela 6. Valores médios e erro padrão referentes ao Quociente Holocelulose/Lignocelulose (QHL) e ao Índice Ligno-celulósico (ILC) de duas espécies de leguminosas arbóreas.

Espécie	Valor médio	
	QHL	ILC
Angico	0,760 ± 0,010 a	0,307 ± 0,012 a
Paricá	0,703 ± 0,015 b	0,330 ± 0,012 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

5.5 Índices de degradabilidade

As relações carbono/nitrogênio (C/N) e nitrogênio/fósforo (N/P) na serapilheira foliar não diferiram entre as espécies. Já o paricá apresentou maior relação lignina/N (Lig/N) em relação ao angico (Tabela 7).

Tabela 7. Índices de qualidade da serapilheira foliar, teor de carbono e erro padrão de duas espécies de leguminosas arbóreas.

Espécie	Relações de degradabilidade			Carbono
	C/N	Lignina/N	N/P	
Angico	31,77 ± 1,44 a	14,46 ± 1,08 a	54,95 ± 7,92 a	531,3 ± 2,17 a
Paricá	34,68 ± 1,25 a	19,77 ± 1,19 b	41,07 ± 4,02 a	521,3 ± 3,39 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

5.6 Colonização micorrízica nas raízes finas

A proporção média de infestação micorrízica nas raízes finas de angico e paricá foi de, respectivamente, 73% e 66%, não diferindo entre as duas espécies (Tabela 8).

Tabela 8. Porcentagem média e erro padrão da infestação micorrízica nas raízes finas de duas espécies de leguminosas arbóreas.

Espécie	Infestação micorrízica (%)
Angico	73 ± 2,81 a
Paricá	66 ± 5,48 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

Fonte. O autor.

Houve presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nas raízes finas de angico (Figura 4) e paricá (Figura 5), sendo que para o angico foi observado o arbúsculo (Figura 4b), que é uma estrutura responsável pela troca de nutrientes. Foram observadas a presença de hifas e de vesículas.

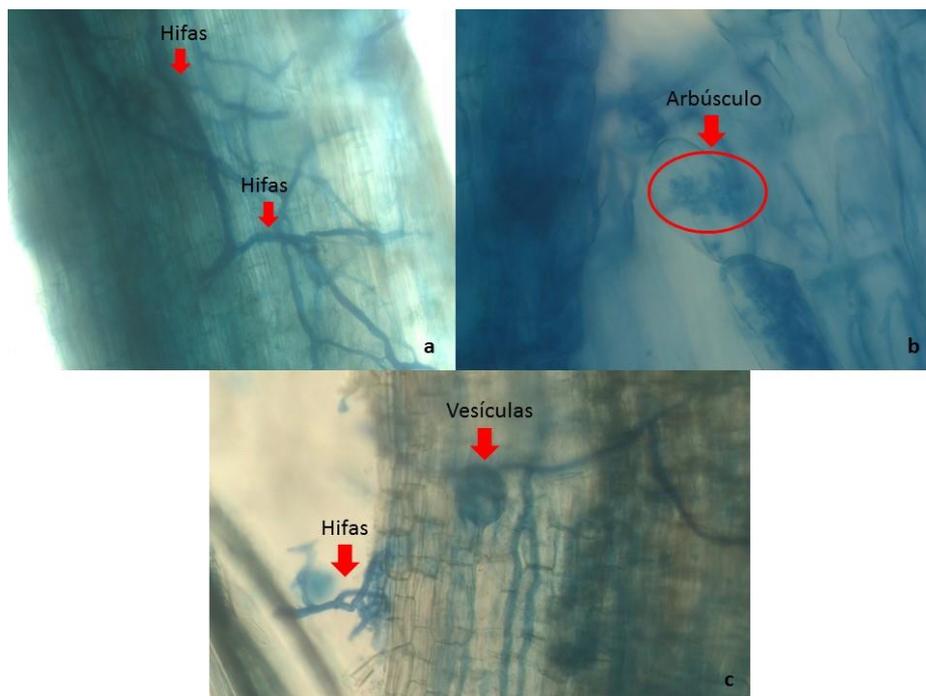


Figura 4. (a) presença de hifas em raízes finas do angico; (b) arbúsculo do fungo em raíz fina do angico; e (c) presença de vesículas e hifas nas raízes finas.

Fonte: o autor.

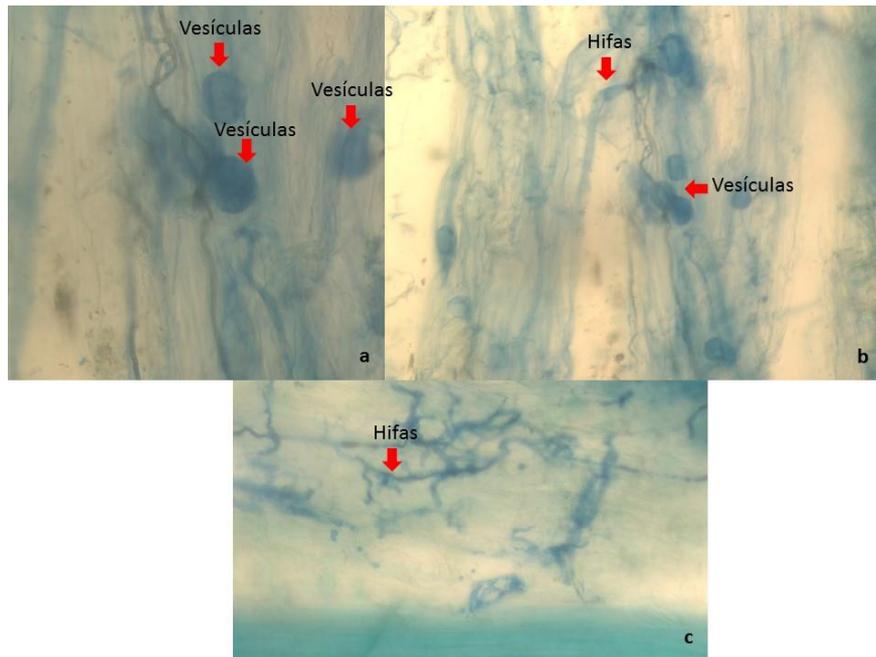


Figura 5. (a) presença de vesículas em raízes finas de paricá; (b) presença de vesículas e hifas em raízes finas de paricá; e, (c) presença de hifas de micorrizas arbusculares em raízes finas de paricá.

Fonte: o autor.

6- DISCUSSÃO

6.1 Teor de nutrientes nas folhas verdes e senescentes

De forma geral, as espécies vegetais estudadas apresentam maior teor de macronutrientes no início do período chuvoso (folhas verdes) do que no período seco (folhas senescentes). De acordo com Dias et al. (2002), o maior conteúdo de água no solo favorece a absorção dos nutrientes pelas plantas. Esse aumento na absorção dos nutrientes é ocasionado pelo fluxo de massa, pois os nutrientes estão mais disponíveis na solução líquida do solo (MALAVOLTA et al., 1997). Outro fator que colabora para o maior teor desses elementos nas folhas é que nestas ocorrem a maior parte das atividades metabólicas (FERRI, 1985).

O padrão do teor de nutrientes em plantas, proposto por Sarruge e Haag (1974), para matéria seca varia entre 0,1 a 1,5% para o P; 1 a 5% para o N; 0,2 a 11% para o K; 0,02 a 5% para o Ca; e, 0,02 a 2,5% para o Mg. Na presente pesquisa, as concentrações desses elementos mostraram-se dentro dessas faixas. Espécies decíduas tendem a mostrar maiores concentrações de macronutrientes nas folhas no início da estação chuvosa pelo fato das mesmas estarem recentemente maduras, como observado no presente estudo. De Araújo e Haridasan (2007), estudando o teor de nutrientes nas folhas de 15 espécies lenhosas decíduas do cerrado, observaram maiores teores de N, P e K nas folhas no início da estação chuvosa e tais concentrações foram decrescendo até o início da estação seca.

O teor mais elevado do N nas folhas verdes de angico (noduladora) quando comparadas com as folhas verdes de paricá (não-noduladora), pode estar ligado a fixação biológica de N nas plantas fixadoras de N (HOPPER et al., 2005), o que pode ajudar outras plantas a aumentar a produtividade primária. Entretanto, McCormack et al. (2012) afirmam que plantas de rápido crescimento tendem a apresentar maiores teores de N, o que não foi observado no presente estudo, provavelmente pelo fato do paricá não ser uma espécie noduladora. As leguminosas, geralmente, apresentam uma exigência nutricional maior em N do que as demais plantas e tal exigência é suprida pela fixação biológica do N por meio da formação de nódulos nas raízes. No entanto, tal processo é influenciado pela disponibilidade de P no solo. Esse é um elemento que está diretamente

relacionado com o processo de fixação do N por ser importante para produção de energia. Dessa forma, a nodulação pode ser prejudicada pela baixa disponibilidade de P em solos tropicais, provocando restrição energética para que ocorra tal processo (WANG et al, 2019), sendo o P um elemento regulador ou limitador da fixação de N nos solos.

O angico foi a espécie que apresentou melhor eficiência de uso de P quando comparada com o paricá, apresentando também maiores teores de nutrientes nas folhas, uma vez que o terreno é pobre em P e a melhor EU pode ter contribuído para esse resultado. Os teores de nutrientes da parte aérea são influenciados pela disponibilidade de N e P, sendo o P o principal responsável pelo acúmulo de biomassa (CARNEVALI et al., 2016). Na fisiologia da planta, o P está presente na síntese de coenzimas e ácidos nucleicos; fotossíntese, respiração e transferência de energia dentro da célula; e, na síntese de açúcares e fosfolípidios (MARSCHNER, 1995; ANGHINONI & BISSANI, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2013).

O K é um nutriente que apresenta alta mobilidade e solubilidade. O K não participa da formação de nenhuma estrutura celular sendo facilmente lixiviado e móvel nos fluidos celulares juntamente com outros materiais (ISAAC & NAIR, 2005; HOSSAIN et al., 2014) e estas características podem explicar a grande diferença observada entre as folhas verdes e senescentes no presente estudo. Outro fator que pode ter contribuído para esse resultado é a transcepção (chuva que atravessa o dossel) devido à alta solubilidade do K. Stenlid (1958) observou, estudando a translocação de elementos minerais em espécies arbóreas, uma diminuição nos teores de K em períodos com elevados índices de precipitação, sugerindo que o mesmo poderia ter sido carregado pela água da chuva.

6.2 Eficiência no uso de nutrientes (eun) e translocação de nutrientes

A eficiência no uso de nutrientes e a translocação dos mesmos pode variar de acordo com diversos fatores. Logo, a espécie, a idade, as condições edafoclimáticas e as práticas de manejo adotadas serão fatores decisivos nas taxas de translocação (SILVA et al., 1998). Nutrientes ligados a compostos orgânicos (como N, P e S) apresentam maiores taxas de translocação de folhas senescentes para folhas jovens (LARCHER, 1986), como foi observado no

presente estudo. Os diferentes teores de nutrientes entre as folhas verdes e senescentes, revelam a provável mobilidade dentro da planta, muitas vezes elucidada como ciclagem bioquímica, aonde os elementos são translocados das folhas mais velhas para as mais novas. Em espécies decíduas, os nutrientes translocados das folhas velhas são alocados em órgãos perenes (ex: galhos, madeira e raízes) para posteriormente suprirem parte das exigências nutricionais para o funcionamento das folhas verdes na estação de crescimento seguinte. Silva (1998), estudando a translocação de nutrientes em árvores de seringueira e pinus, também observou a variação dos nutrientes nas folhas das espécies em função do estado fenológico, aonde os teores de N, P, K e Mg diminuíram e os teores de Ca aumentaram de acordo com a idade das folhas, sendo 3% e 29%, respectivamente, a mais de Ca nas folhas senescentes, provavelmente pelo fato do maior acúmulo desse elemento na parede celular mais espessa das folhas mais velhas (já que sua mobilidade é reduzida) não sendo translocado (MALAVOLTA et al, 1997; CALDEIRA et al, 2002).

A EUN é determinada pela genética e fisiologia de cada vegetal, podendo ser modificada pelas interações das plantas com as variáveis ambientais. Baligar et al. (2001) e Chave et al. (2009) dizem que as taxas de crescimento, a eficiência no uso da água e nutrientes a fim de produzir biomassa vai variar de espécie para espécie, podendo estar associado a um espectro de economia de madeira. Quando se compara a EUN para o N, o paricá foi mais eficiente no uso deste elemento do que o angico. Esse comportamento pode ser explicado pelo paricá não ser uma espécie noduladora (SIVIERO et al., 2008; FLORA DO BRASIL, 2019) e apresentar elevadas taxas de crescimento (SILVA et al., 2016). Para o K o paricá apresentou maior taxa de translocação do que o angico. Sabe-se que o K desempenha diversas funções dentro da planta e dentre elas destaca-se abertura e fechamento dos estômatos e o controle da transpiração que são fundamentais para aumentar a eficiência no uso da água (SERAFIM et al., 2012). Assim, o K influencia diretamente as maiores taxas de crescimento do paricá, quando comparadas com o angico.

Os resultados mostraram que as eficiências de translocação de nutrientes diferiram entre as espécies arbóreas. Geralmente, a maioria dos estudos de translocação em plantas sugerem que a reabsorção do Mg é de no máximo 20% e que o Ca não apresenta mobilidade antes da senescência foliar (RYAN &

BORMANN, 1982; BOCKHEIM & LEIDE, 1991). A diferença observada entre as folhas verdes e senescentes do paricá para o elemento Ca, sendo este encontrado em maiores quantidades nas folhas senescentes, pode ser explicada pela baixa mobilidade deste nutriente, pois folhas jovens sempre apresentam menores teores de Ca do que folhas velhas, em comparação com nutrientes como o K, P e N (PRITCHETT et al., 1988; SILVA et al., 1998). O Ca está associado à parede celular das células vegetais, ou seja, fazem parte da estrutura, logo não são redistribuídos para partes jovens das plantas (MALAVOLTA et al., 1997; CALDEIRA et al., 2002).

Quando se compara, simultaneamente, a EUN e a translocação de nutrientes, utilizando folhas verdes e senescentes, entre o paricá e o angico, pode-se inferir que o paricá é uma espécie mais conservadora para a EUN e translocação dos nutrientes. Maiores capacidades de remobilizar compostos de C e nutrientes (estocagem) antes da senescência foliar é uma importante estratégia usada por árvores caducifólias (MARTINS, 2007) permitindo as plantas uma maior independência de nutrientes externos (CHERBUY et al., 2001), sendo que a remobilização desses nutrientes inclui tanto a recirculação das reservas quanto a reciclagem dos tecidos senescentes (CHAPIN et al., 1990). Melhores habilidades no uso de nutrientes pode ser um dos fatores que conferem ao paricá taxas de crescimento mais aceleradas quando comparadas com o angico que apresenta um crescimento mais lento (SOUZA, 2018; DELARMELINA, 2018).

Apesar do paricá apresentar grande habilidade no uso de nutrientes, no campo ocorreu maior taxa de mortalidade em plantas dessa espécie. Não foi possível definir um fator primordial que estaria causando esse comportamento. Às fortes secas ocorridas entre 2014 a 2016, pode ter acometido esse comportamento, já que o paricá é uma espécie menos adaptada ao déficit hídrico quando comparado ao angico.

É sabido que a deficiência do Mg irá limitar a produtividade das culturas além de afetar o seu desenvolvimento (MEDEIROS et al., 2008) e o seu excesso no solo e nas plantas pode causar danos devido ao distúrbio provocado pelo desbalanço entre o Ca e Mg (NASCIMENTO et al., 2009). O Mg é o constituinte do átomo central da molécula de clorofila (MENDES et al., 2018) e quando as plantas estão deficientes de Mg aumenta-se a translocação desse nutriente das

folhas mais velhas para as mais novas (CARNEIRO, 2019). O solo da região apresenta teores elevados de Mg e isso pode explicar a baixa taxa de translocação desse nutriente observada no paricá e angico.

6.3 Aporte de nutrientes

De forma geral, o conteúdo de macronutrientes presente na serapilheira do angico é similar ao encontrado em diversos tipos de florestas brasileiras e muito superior quando comparada com a serapilheira foliar de monocultivos de eucaliptos e pinus (Tabela 9). O angico pode ser uma boa espécie utilizada para a recuperação de áreas degradadas pela rusticidade e grande aporte de nutrientes para o solo.

Tabela 9. Conteúdo de macronutrientes presente no material senescente em diferentes tipos florestais e monocultivos.

Tipologia florestal	Estádio de regeneração	N	P	K	Ca	Mg	S	Ref
		Kg ha ⁻¹						
'Floresta Piloto'	Monocultivo de Angico	86,20	1,77	18,61	67,38	8,44	2,66	1
'Floresta Piloto'	Monocultivo de Paricá	42,16	1,10	6,37	45,44	5,60	1,72	
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Floresta Secundária	94,91	4,14	14,03	161,03	12,10	7,35	2
Floresta Estacional Semidecidual	-	139,40	5,60	15,33	121,15	17,46	9,48	3
Floresta Ombrófila Densa Submontana	Estádio Inicial	67,45	2,61	11,77	40,22	12,85	7,10	4
-	Estádio Intermediário	73,08	2,77	11,70	60,92	13,13	7,28	
-	Estádio Avançado	88,76	2,78	9,00	41,23	13,87	9,40	
Floresta Ombrófila Densa Submontana	Floresta Pouco Alterada	12,22	3,10	6,65	58,20	16,03	10,90	5
-	Floresta Muito Alterada	15,90	4,15	11,56	86,91	18,71	17,30	
Floresta Ombrófila Mista Montana	Floresta Secundária	95,66	5,43	45,32	36,84	7,56	14,75	6
Floresta secundária estacional semidecidual		18,12	1,68	9,41	2,80	2,24	-	7

Plantio de eucalipto	Híbrido de <i>E. grandis</i> X <i>E. urophylla</i>	15,14	4,37	7,77	9,23	2,91	-	
Plantio de pinus	<i>Pinus taeda</i> L	13,0	1,1	1,6	18,8	3,0	1,3	8

¹Este estudo; ²Godinho (2014); ³Vogel e Schumacher (2010); ⁴Caldeira et al. (2008); ⁵Borém e Ramos (2002); ⁶Caldeira et al. (2007); ⁷Diniz et al. (2011); ⁸Vieira e Schumacher (2010).

A taxa de retorno de nutrientes através da queda das folhas está relacionada à EUN das plantas, ou seja, a quantidade de massa produzida por conteúdo de nutrientes na serapilheira (VITOUSEK, 1982). Assim sendo, o angico, por apresentar uma produção anual de serapilheira foliar muito mais elevada (Tabela 9) quando comparada com o paricá, além de teores de nutrientes –principalmente o N – mais elevados e folhas com características químicas de mais fácil degradabilidade, proporciona um maior retorno de nutrientes para o solo.

O N foi o elemento com maior potencial de transferência para o solo por meio da serapilheira foliar de ambas as espécies, seguido pelo Ca. Vitousek (1984), estudando florestas tropicais, confirma o alto retorno desse último elemento pela deposição de serapilheira. As folhas senescentes são as que mais contribuem com o aporte de nutrientes em ecossistemas florestais. Estudos tais como de Meguro et al. (1979), Silva et al. (1998), Vital et al. (2004), Godinho et al. (2014) e Barbosa et al. (2017) mostraram que as folhas são o componente da serapilheira que apresentam os maiores teores de N e outros nutrientes, são nelas que ocorrem os processos de ciclagem interna, além de ser uma via importante de retorno dos mesmos para o solo. A contribuição de Ca retornada ao solo pelas folhas também foi observada por Meguro et al. (1979) em estudos numa reserva de mata semidecídua secundária situada na região metropolitana de São Paulo. Nordén (1994) ao estudar florestas mistas no sul da Suécia, observou que o retorno do Ca e Mg era dominado pela produção da serapilheira e Zimmermann et al. (2002) afirma que a queda de serapilheira é a principal fonte de todos nutrientes.

6.4 Índices de susceptibilidade a decomposição das folhas

A relação carbono/nitrogênio (C/N) de ambas espécies indica que o material foliar apresenta maior capacidade de imobilização do nitrogênio, diminuindo a sua disponibilidade para as plantas. De acordo com Stevenson

(1986), valores da relação C/N superiores a 30 na serapilheira, indicam que a imobilização é superior a mineralização, ou seja, o material irá apresentar menor disponibilidade de N para os vegetais. Outros autores agrupam espécies em duas classes, de acordo com a velocidade de decomposição de seus resíduos, sendo rápida para leguminosas e lenta para gramíneas; estabelecendo uma relação C/N de 25 como referência de separação entre as mesmas (WIEDER & LANG, 1982).

Menores teores de N e maiores valores para a relação C/N indicam uma maior recalcitrância do material (BARBOSA et al., 2017). Dessa forma, de acordo com o presente estudo, podemos inferir que as folhas do paricá são mais recalcitrantes do que as folhas de angico por apresentarem menores teores de N e maior relação C/N. Além disso, o presente estudo corrobora com o estudo de Canali et al. (2009), que observaram que quanto maior o teor de lignina no material, menor será o índice de susceptibilidade a decomposição (QHL), maior será o índice ligno celulósico (ILC) e maior será a relação lignina:N sendo o paricá a espécie que apresentou essas observações e, portanto, seu material é de mais difícil degradabilidade quando comparada com o material foliar do angico. A relação lignina/N pode ser considerada como indicador dos atributos químicos do material vegetal e pode ser relacionado com à sua decomposição (BACHEGA, 2012). John et al. (2011) observaram que um material com relação lignina/N mais baixa apresentava maior velocidade de decomposição. Dessa forma, o material foliar do angico apresentou menor relação Lignina/N do que o do parica, indicando ser um material de mais fácil decomposição.

A relação N/P indica que o material se encontra em faixa limítrofe entre a prevalência de fungos ou bactérias na decomposição do mesmo, sendo o P e o N que vão limitar a presença de um ou outro microrganismo decompositor. A disponibilidade de fósforo implicará no predomínio de alguns microrganismos decompositores como bactérias ou fungos, sendo que as bactérias são mais exigentes em relação ao P (baixa relação N/P, entre 5 a 10) e os fungos predominam em altas relações N/P (entre 80 a 160), onde o P é limitante (WARDLE et al., 2004; GÜSEWELL & GESSNER, 2009; BACHEGA, 2012). A relação N/P também é utilizada para determinar se uma espécie ou ecossistema é limitado por P ou por N, sendo que valores entre 14-16 indicam co-limitação por N e P, inferiores a 14 indicam limitação por N e superiores a 16 indicam

limitação por P (AERTS & CHAPIN, 2000). A relação N/P para as espécies estudadas na presente pesquisa indicam uma forte limitação por fósforo, padrão que pode ser considerado comum uma vez que os solos florestais tropicais são altamente intemperizados, apresentando baixos teores (Tabela 10) desse elemento (AERTS & CHAPIN, 2000; DAVIDSON & HOWARTH, 2007). Segundo Killingbeck (1996), existe uma relação entre a relação N/P e as taxas de retranslocação de N e P nos tecidos foliares durante a abscisão foliar, mecanismo que evoluiu, provavelmente, para conservar nutrientes em sítios com altas limitações por nutrientes.

Outros fatores também podem afetar a susceptibilidade das folhas a decomposição, como os compostos secundários. Nogueira et al. (2018) encontrou diversos compostos secundários em folhas de paricá e angico, dentre eles alcaloides, flavonoides e saponinas, crescendo em monocultivos na Floresta Piloto em Alegre-ES. Tais compostos apresentam diversas funções no vegetal como alelopatia, atração ou repelente a organismos (SWAIN, 1977; DEARING et al., 2001) e esses mesmos metabólitos secundários podem retardar ou acelerar o processo de decomposição (RODRIGUES, 2006).

As folhas do angico apresentaram maiores valores para o Quociente Holocelulose/Lignina (QHL) o que indica sua maior suscetibilidade a decomposição, além de apresentar menores teores de lignina e menor relação lignina/N, sendo todas essas características indicativas de maior taxa de decomposição desse material. Canalli (2009), estudando a dinâmica de decomposição de culturas de inverno e verão, observou que a lignina é crucial no controle da decomposição dos diferentes tipos de materiais sendo que, quanto maior seu teor, mais recalcitrante se caracteriza o material tornando mais demorada sua decomposição e ciclagem dos nutrientes do mesmo. Logo, os nutrientes e C podem ser perdidos do sistema mais facilmente podendo beneficiar outras plantas por ter mais nutrientes disponíveis na serapilheira.

Plantas que apresentam crescimento rápido, como o paricá, geralmente apresentam seus tecidos constituídos por conformações químicas menos recalcitrantes, ou seja, de mais fácil degradação. Reich (2014) afirma que plantas de crescimento rápido apresentam uma grande capacidade mover água e usar nutrientes, porém seus tecidos (folhas, raízes e caules) são frágeis (menos recalcitrantes). Os resultados do presente estudo apontam o contrário, ou seja,

uma mais fácil decomposição a partir da espécie de crescimento lento. No entanto, teste de decomposição da serapilheira seriam necessários para confirmar nossos resultados.

Ao analisarmos a susceptibilidade a decomposição dos materiais foliares estudados na pesquisa (angico e paricá), podemos inferir que o angico seria uma boa espécie utilizada para a recuperação de áreas degradadas pela sua rusticidade e grande aporte de nutrientes. Essas características são interessantes para espécies usadas na recuperação de áreas. Diversos autores reafirmam a importância ecológica da *A. peregrina*, seja como poleiro natural para o pouso de aves que irão contribuir com a chuva de sementes no local ou como fonte de diásporos, sendo uma alternativa de uso em programas de recuperação de áreas degradadas (DURIGAN et al., 1997; COSTA; CONTINI; MELO, 2003; ARAÚJO et al., 2006; LEITE & DUARTE, 2017).

6.5 Colonização micorrízica nas raízes finas

Foi detectado a presença de fungos micorrízicos arbusculares nas raízes finas de ambas as espécies de leguminosas. A presença de tal simbiose traz benefícios para as plantas, uma vez que cerca de 80% do P, 60% do Cu, 25% do N e Zn e 10% do K podem ser fornecidos a planta pela hifa externa (MARSCHNER & DELL, 1994). Entretanto, as espécies estudadas não são da região (as sementes de paricá e angico foram trazidas de Dom Eusébio no Pará e as mudas foram provenientes do viveiro da Reserva Natural da Vale no norte do Espírito Santo) e houve colonização por fungos nativos. Porém não sabemos quais as espécies de fungos e se elas poderiam contribuir de maneira diferente na absorção de nutrientes.

As micorrizas arbusculares não formam uma manta de micélio fúngico ao redor da raiz como é observado em micorrizas ectotróficas. Ao contrário, as hifas desses fungos crescem nos espaços intercelulares do parênquima cortical penetrando nas células corticais, e não rompem a membrana plasmática, sendo as hifas circundadas por uma membrana, formando estruturas conhecidas por arbusculos, que possuem a função de trocas de íons entre a planta hospedeira e o fungo (Figuras 6 e 7) (MAUSETH, 1988; TAIZ, 2013).

O solo aonde foi implantado o projeto da 'Floresta Piloto' são pobres quimicamente em P (P disponível em média $2,75 \text{ mg dm}^{-3}$), sendo as micorrizas

um importante mecanismo que ajudam as plantas a suprirem as necessidades desse elemento. Diversos autores afirmam que os fungos micorrízicos aumentam a absorção de nutrientes, especialmente N e P (SMITH & READ, 2010), protegem contra estresse salino (GIRI et al., 2002) além de aumentarem a resistência das mesmas ao estresse hídrico (AUGÉ, 2001). As micorrizas, além de transportar o fosfato a uma taxa quatro vezes superior a plantas com raízes não micorrizadas (NYE & TINKER, 1977), também facilitam a absorção de metais-traço como como Cu e Zn (TAIZ, 2013).

Quando se compara plantas micorrizadas com plantas não micorrizadas na presença de seca, as árvores que apresentam a simbiose com fungos apresentam um aumento da condutância estomática que ocasionará maior taxa fotossintética pelo fato de maior tempo de abertura dos estômatos, exposição maior a um tempo de restrição hídrica para o declínio do potencial hídrico, maior eficiência do uso da água, além de maior atividade de enzimas como nitrato redutase e fostase ácida, dentre outras vantagens (SIMPSON & DAFT, 1990; AUGÉ 2001). Outro fator que contribui para o vegetal dessa associação é que as micorrizas, além de promoverem crescimento mais acelerado das plantas, também melhoram o vigor das mesmas durante a sua fase de formação (CALVET et al., 2003; SOUZA et al., 2005). Tais benefícios podem explicar a capacidade dessas espécies estudadas terem resistido a secas bem prolongadas ocorridas nos últimos anos.

Estudos recentes mostraram a importância das relações entre as micorrizas e as bactérias fixadoras de N (noduladoras) quanto a absorção de N, pois comprovaram maior acúmulo de N em plantas que realizam ambas associações (TAVARES ET AL, 2016). Raízes de plantas de angico apresentam associação com ambos microrganismos e, no presente estudo, foi possível observar maiores teores de N em folhas de angico do que nas de paricá que não realizam associação com bactérias fixadoras de N. Vale salientar que apesar de fungos arbusculares micorrízicos não realizarem a fixação no N atmosférico, eles favorecem a absorção de N através de efeitos indiretos na simbiose fixadora deste nutriente (BAREA & AZCON-AGUILAR, 1983).

7 – CONCLUSÕES

Os resultados permitiram concluir que a espécie *Anadenanthera peregrina* (angico) apresentou maior potencial de aporte de todos os macronutrientes via serapilheira do que a espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá), sendo 105%, 56%, 195%, 48%, 50% e 53% maior para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S. O angico também apresentou 41% maior teor de N em suas folhas verdes quando comparadas com o paricá. A eficiência do uso dos nutrientes para produção de folhas foi superior para o N em plantas de paricá e superior para o P em plantas de angico.

As folhas do angico são, quimicamente, de mais fácil decomposição por apresentarem valores maiores de QHL e N e menores valores de lignina e relação C/N, quando comparadas com as folhas do paricá, além de apresentarem um menor tamanho que facilita a sua degradação, permitindo que os nutrientes sejam ciclados mais rapidamente.

Ambas espécies de leguminosas apresentam a capacidade de associação com fungos micorrízicos arbusculares. Na espécie fixadora (angico) a infestação foi 11% maior quando comparada com a espécie não fixadora (paricá).

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R.; CHAPIN III, F. S. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. In: **Advances in ecological research**. Academic Press, p. 1-67, 1999.

ALLEN, O. N.; ALLEN, E.K. **The leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation**. Madison, The University of Wisconsin Press, p. 812, 1981.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo e adubos fosfatados. **BISSANI, C.A. et al. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre: Gênese**, p. 117-138, 2004.

ARAÚJO, J. F. de; HARIDASAN, M. Relação entre decíduidade e concentrações foliares de nutrientes em espécies lenhosas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 30.3: 533-542, 2007.

ARAÚJO F. S. et al. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 107- 116, 2006.

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, p.150, 2012.

AUGÉ, R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza**, v. 11, p. 3-42, 2001.

BACHEGA, L. R. **Efeito das espécies na decomposição da serapilheira e na transferência de N entre folhas em plantios mistos de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium***. 2012. 107p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, 2012.

BALIEIRO, F. D. C. et al. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 32, n. 7-8, p. 921-950, 2001.

BANI, A. et al. The role of microbial community in the decomposition of leaf litter and deadwood. **Soil Ecology**, n. 126, p. 75–84, 2018.

BARANTAL, S. et al. Long-term presence of tree species but not chemical diversity affect litter mixture effects on decomposition in a neotropical rainforest. **Oecologia**, v. 167, n. 1, p. 241, 2011.

BARBOSA, V. et al. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e20150243, 2017.

BAREA, J. M.; AZCON-AGUIAR, C. Mycorrhizae and their significance in nodulation nitrogen fixing plants. **Advances in Agronomy**, 36: 1-54, 1983.

BOCKHEIM, J. G.; LEIDE, J. E. Foliar nutrient dynamics and nutrient-use efficiency of oak and pine on a low-fertility soil in Wisconsin. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 21, n. 6, p. 925-934, 1991.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 42-59, 2002.

BRUNDRETT, M. C. et al. Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Australia. I. Propagules of mycorrhizal fungi and soil properties in natural habitats. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 184, n. 1, p. 159-171, 1996a.

BRUNDRETT M. C.; PICHÉ Y.; PETERSON R. L. A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Canadian Journal Botany**. p. 62:2128–2134, 1984.

BRUN, E. J. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS**. 2004. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes: floresta Ombrófila Mista Montana, Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, abr./jun. 2007.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CALVET, C. et al. Aptitude for mycorrhizal root colonization in *Prunus* rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.9, n.1, p. 1-10, 2003.

CAMPANHARO, I. F. **Mudanças edáficas e coexistência de gramíneas após plantio de leguminosas arbóreas em pastagem no sul do Espírito Santo**. Monografia – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 51 f. 2017.

CANALI, L. B. dos S. **Decomposição de resíduos culturais e sua contribuição nos macroagregados e na fração lábil da matéria orgânica do solo no sistema plantio direto**. 2009. 108 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Propriedades de chapas de aglomerado fabricadas com adesivo tânico de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e uréia-formaldeído. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 521-531, 2009.

CARNEIRO, L. M. S. **Fontes e doses de magnésio nas culturas da soja e milho**. 2019. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras: recomendações silviculturais de espécies florestais**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; Colombo: EMBRAPA/ CNPF, v.1, p.1039, 2003.

CHAER, G. M. et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v.31, n.2, p.139-149, 2011.

CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, p. 351-366, 2009.

CHAPIN III, F. S.; SCHULZE, E. D.; MOONEY, H. A. The ecology and economics of storage in plants. **Annual review of ecology and systematics**, v. 21, n. 1, p. 423-447, 1990.

CHERBUY, B. et al. Internal remobilization of carbohydrates, lipids, nitrogen and phosphorus in the Mediterranean evergreen oak *Quercus ilex*. **Tree Physiology**, v. 21, n. 1, p. 9-17, 2001.

CIANCIARUSO, M. C. et al. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, p. 49-59, jun. 2006.

COLETTA, L. D. **Estudo da fixação biológica do nitrogênio em leguminosas (família Fabaceae) arbóreas tropicais através do enriquecimento isotópico do ^{15}N** . 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado química na agricultura e meio ambiente). Universidade de São Paulo - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, n. 1, p. 49-55, 1994.

CORTEZ, J. et al. Decomposition of Mediterranean leaf litters: a microcosm experiment investigating relationships between decomposition rates and litter quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, n. 4-5, p. 443-452, 1996.

COSTA, R. B.; CONTINI, A. Z.; MELO, E. S. P. Sistema reprodutivo de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg e *Vochysia haenkiana* (Spreng.) Mart. em fragmento de cerrado na Chapada dos Guimarães - MT. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 305–310, 2003.

COSTA, C. C. A.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açú – RN. **Revista Árvore**. v. 34(2): p. 259-265, 2010.

DAVIDSON, E. A.; HOWARTH, R. W. Nutrients in synergy. **Nature**, v. 449, n. 7165, p. 1000-1001, 2007.

DEARING, M. D. et al. Plant secondary compounds as diuretics: an overlooked consequence. **American Zoologist**, v. 41, n. 4, p. 890-901, 2001.

DELARMELINA, W. M. **Biomassa e carbon em plantios de *Schizolobium parayba* var. *amazonicum* sob diferentes espaçamentos em área de pastagem**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 97 f. 2019.

DE DEYN, G. B.; CORNELISSEN, Johannes HC; BARDGETT, Richard D. Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes. **Ecology letters**, v. 11, n. 5, p. 516-531, 2008.

DE SOUZA, C. R. et al. Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. **Embrapa Amazônia Ocidental-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2003.

DIAS, H. C. T. et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2002.

DIAS, P. F. et al. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 1015-1021, 2006.

DINIZ, A. R. et al. Aporte de material decíduo e fertilidade do solo em plantio de eucalipto e floresta secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 65, p. 19, 2011.

DURIGAN, G. et al. **Sementes e Mudanças de Árvores Tropicais**. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, p. 73, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006.

ESPIG, S. A. et al. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 949-956, 2009.

Fabaceae in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de

Janeiro. Disponível em:

<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23144>> Acesso em: 06 de maio 2019.

FAO. **Global Forest Resources Assessment**, Rome, Italy, 2010. 378p.

Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>> Acesso em 11 de maio de 2019.

FERNANDES, M. M. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e Andiroba (*Carapaguianensi* saubl.) na FLONA Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, abr./jun. 2006.

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

FILHO, A. B.G. et al. Produção de biomassa em quatro procedências de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby no estágio de muda. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 1047-1049, 2007.

FIXEN, P. et al. Eficiência do uso de nutrientes / fertilizantes: medição, situação atual e tendências. **Gestão de água e fertilizantes para a intensificação agrícola sustentável**, v. 270, 2015.

FREITAS, C. A. A. de et al. Litter accumulated in granite rock group, Mimoso do Sul, ES. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 671-681, 2015.

GASPARINI, K, A. C. **Regionalização de vazões para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 78 f. 2014.

GALVÃO, F. G. et al. **Caracterização ecológica da *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. em uma área de transição cerrado floresta, Macapá,**

VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS. **Anais...**Recife: 2014.

GARG, N.; CHANDEL, S. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. In: **Sustainable Agriculture**. Volume 2. Springer, Dordrecht, p. 907-930, 2011.

GE, X. et al. Effect of litter substrate quality and soil nutrients on forest litter decomposition: A review. **Acta Ecologica Sinica**, v. 33, n. 2, p. 102-108, 2013.

GERDEMANN J. W. Relation of a large soil-borne spore to phycomycetous mycorrhizal infections. **Mycologia**. p.47:619–632, 1955.

GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUREJI, K. G. VA Mycorrhizal Tecniches/VAM Technology in establishment of plant under salinity stress conditions. In: MUREJI, K. G.; MANOHARACHARY, C.; CHAMOLA, B. P. **Techniques in mycorrhizal studies**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2002.

GIÁCOMO, R. G. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerradão e mata mesofítica na estação ecológica de Pirapitinga-MG. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 669-680, 2012.

GIOVANNETTI, M.; NOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Oxford, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

GÜSEWELL, S.; GESSNER, M. O. N: P ratios influence litter decomposition and colonization by fungi and bacteria in microcosms. **Functional Ecology**, v. 23, n. 1, p. 211-219, 2009.

GODINHO, T. de O. et al. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 131-144, 2013.

- GODINHO, T. de O. et al. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 11-20, 2014.
- GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. Cap. 8. p.221-262.
- GOMES, M. P. et al. The effects of arsenic on the growth and nutritional status of *Anadenanthera peregrina*, a Brazilian savanna tree. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, n. 3, p. 466-473, 2012.
- GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. Nodule ultrastructure and initial growth of *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *falcata* (Benth.) Altschul plants infected with rhizobia. **Annals of Botany**, v. 90, n. 2, p. 175-183, 2002.
- HÄTTENSCHWILER, S.; JORGENSEN, H. B. Carbon quality rather than stoichiometry controls litter decomposition in a tropical rain forest. **Journal of Ecology**, v. 98, n. 4, p. 754-763, 2010.
- HARLEY, J.L. & SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis**. New York, Academic Press, p. 483, 1983.
- HARRISON, M. J. The arbuscular mycorrhizal symbiosis. In: **Plant-microbe interactions**. Springer, Boston, MA, p. 1-34, 1997.
- HEIJDEN et al. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. **New Phytologist** (2015) 205: 1406–1423, 2014.
- HOSSAIN, M. et al. Nutrient dynamics associated with leaching and microbial decomposition of four abundant mangrove species leaf litter of the Sundarbans, Bangladesh. **Wetlands**, v. 34, n. 3, p. 439-448, 2014.

IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores**. Dados estatísticos. Disponível em <<https://iba.org/dados-estatisticos>>. Acesso em: 08 de maio de 2019.

International Agency for Research on Cancer. IARC Monogr. Eval Carcinog Risks Man. p. 29-295, 1975.

ISAAC, S. R.; NAIR, M. A. Biodegradation of leaf litter in the warm humid tropics of Kerala, India. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 9, p. 1656-1664, 2005.

JOHN, M. G. S. et al. No 'home' versus 'away' effects of decomposition found in a grassland–forest reciprocal litter transplant study. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 7, p. 1482-1489, 2011.

KHADE, S. W.; RODRIGUES, B. F. Applications of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.10, n.3, p.337-354, 2009.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985.

KILLINGBECK, K. T. Nutrients in senesced leaves: keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. **Ecology**, v. 77, n. 6, p. 1716-1727, 1996.

KOTOWSKA, M. M. et al. Conversion of tropical lowland forest reduces nutrient return through litterfall, and alters nutrient use efficiency and seasonality of net primary production. **Oecologia**, v. 180, n. 2, p. 601-618, 2016.

LANGLEY, A. J. et al. Ectomycorrhizal colonization slows root decomposition: the post-mortem fungal legacy. **Ecology Letters**, 9.8: 955-959, 2006.

LEITE, P. H. M.; DUARTE, M. V. M. Uso e manejo de árvores nativas para arborização do cafezal como estratégia de melhorias das condições ambientais, 2017.

LIPINSKI, E. T. et al. Dinâmica da biomassa e carbono arbóreo entre 1995-2012 em Floresta Ombrófila Mista Montana. **Floresta**, v. 47, n. 2, p. 197–206, 2017.

LIMA, K> B. et al. Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 932-940, 2011.

LOPES, G. de A.; BRITO, J. O.; DE MOURA, L. F. Uso energético de resíduos madeireiros na produção de cerâmicas no estado de São Paulo. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 679-686, 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, v. 1, p. 352, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, v. 2, p.176, 2002.

MACHADO, D. L. **Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do médio vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro**. 2001.f. 103. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. rev. e atual, Piracicaba: POTAFÓS, p. 319,1997.

MARAFIGA, J. S. et al. Deposição de nutrientes pela serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Ceres**, v. 59, n. 6, p. 765-771, 2012.

- MARTINS, M. C. M. **Ecofisiologia do uso de reservas de carbono e nitrogênio ao longo do ciclo de vida de *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Heyne) Lee & Lang. (Leguminosae, Caesalpinoidae).** 2007. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo, 2007.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v. 159, p.89-102, 1994.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants 2nd edition. **Academic, Great Britain**, 1995.
- MAUSETH, J. D. Plant anatomy. Benjamin/ Cummings, Menlo Park, Califórnia, 1988.
- MCCORMACK, M. L. et al. Predicting fine root lifespan from plant functional traits in temperate trees. **New Phytologist**, v. 195, n. 4, p. 823-831, 2012.
- MEDEIROS, J. C. et al. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, 2008.
- MEGURO, M. et al. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária-São Paulo. I-Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica**, v. 7, p. 11-31, 1979.
- MELILLO, J. M. et al. Carbon and nitrogen dynamics along the decay continuum: plant litter to soil organic matter. **Plant and soil**, v. 115, n. 2, p. 189-198, 1989.
- MELO, C. F. M. de. **Relatório ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal sobre a Viabilidade do aproveitamento papeleiro do Paricá (*Schizolobium amazonicum*).** Belém: EMBRAPA-CPATU, p. 6, 1973.

MENDES, A. L. A. et al. Influência do complexo bacteriano em tratamento de sementes no desempenho agrônômico da soja (*Glycine max*) em condições de campo. **Nucleus**, Ituverava, v. 15, n. 1, p. 533-538, 2018.

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

NASCIMENTO, R. et al. Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, 2009.

NASIM, G.O papel das micorrizas arbuscular na indução de resistência ao estresse hídrico e à salinidade nas culturas. Em: **Adaptação Vegetal e Fitorremediação**. Springer, Dordrecht, p.119-141, 2010.

NOGUEIRA et al. Investigando a química de folhas verdes e lixiviados de espécies florestais de rápido crescimento que afetam a germinação de braquiária. In: **Anais do Simpósio IPEF 50 anos**, Piracicaba (SP), p. 163, 2018.

NORDÉN, U. Leaf litterfall concentrations and fluxes of elements in deciduous tree species. **Scandinavian Journal of forest research**, v. 9, n. 1-4, p. 9-16, 1994.

NYE, P. H.; TINKER, P.B. Solute movement in the soil-root system. University of California Press, Berkeley, 1977.

OLIVEIRA, R.S. et al. Changing precipitation regimes and the water and carbon economies of trees. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, p. 65-82, 2014.

OHASHI, S. T.; YARED, J. A. G.; DE FARIAS NETO, J. T. Variabilidade entre procedências de paricá *Schizolobium parahyba* var *amazonicum* (Huber ex

Ducke) Barneby plantadas no município de Colares-Pará. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, n. 10, p. 763, 2008.

PARRON, L. M. et al. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

PAULA, R. R. et al. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 139-148, 2009.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, European Union, v.11, n.4, p.1633-1644, 2007.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. Espacialização da temperatura do ar no Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

PINHO, D. S. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG. durante o armazenamento. **Revista Árvore**, v.33, n.1, p.27-33, 2009.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R.F. Nutrient Cycling in Forest Ecosystems, **South African Forestry Journal**, v. 15, p. 181 -204, 1988.

REFLORA. *Schizolobium* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:
<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23144>>. Acesso em: 11 Abr. 2019.

REFLORA. Morim, M.P. *Anadenanthera* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82634>>. Acesso em: 12 Abr. 2019.

REICH, P. B. The world-wide 'fast–slow' plant economics spectrum: a traits manifesto. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 2, p. 275-301, 2014.

RILLIG, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, 171.1: 41-53, 2006.

RODRIGUES, G. G. Decomposição foliar em sistemas ecológicos. **Mariath JEA, Santos RP. Os avanços da Botânica no início do Século XXI. Sociedade Botânica do Brasil, Porto Alegre**, p. 732-736, 2006.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Pelotas: [s.n.].

RYAN, D. F.; BORMANN, F. H. Nutrient resorption in northern hardwood forests. **BioScience**, v. 32, n. 1, p. 29-32, 1982.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análise química em plantas ESA" Luiz de Queiroz"—56 p. **Piracicaba, SP**, 1974.

SERAFIM, M. E. et al. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 222-227, 2012.

SIDDIQUE, I.; ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A.; LAMB, D.; NARDOTO, G. B. Dominance of legume trees alters nutrient relations in mixed species forest restoration plantings within seven years. **Biogeochemistry**, v. 88, n. 1, p. 89-101, mar.2008.

SILVA, A. C. et al. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. **Revista da Universidade de Alfenas, Alfenas**, v. 4, n. 1, p. 11-18, 1998.

SILVA, C. E. M. et al. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central. **Acta amazônica**, v. 36 (4), p. 503-512, 2006.

SILVA, M. G. et al. Estudo anatômico e físico da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* proveniente de povoaamentos nativos da Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 44, n. 110, p. 293–301, 2016.

SIVIERO, M. A. et al. Interaction among N-fixing bacteria and AM fungi in Amazonian legume tree (*Schizolobium amazonicum*) in field conditions. **Applied Ecology and Soil**, v. 39, n. 2, p. 144-152, 2008.

SCHAEFER, C. E. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Floresta**, v. 38, n. 2, 2008.

SCHUMACHER, M. V. et al. Quantifizierung der biomasse und des nährstoffgehalts bei der restdurchforstung eines araukarienbestandes in quedas do Iguaçu, Paraná, Brasilien. **Forstarchi**, Brussels, v. 73, p. 187-194, 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. Academic press, 2010.

STENLID, G. Salt losses and redistribution of salts in higher plants. In: **Die Mineralische Ernährung der Pflanze/Mineral Nutrition of Plants**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 615-637, 1958.

SONG, F.; FAN, X.; SONG, R. Review of mixed forest litter decomposition researches. **Acta Ecologica Sinica**, v. 30, n. 4, p. 221-225, 2010.

SOUZA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. **Paricá (*Schizolobium amazonicum*) Huber ex Ducke**. Belém: Rede de Sementes da Amazônia, 2005. 2 p. (Informativo Técnico).

SOUZA, P. V D. et al. Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do porta-enxerto Flying Dragon (*Poncirus trifoliata*, var. mosntruosa Swing). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.285-287, 2005.

SOUZA, P. H. de. **Biomassa e estoque de carbono em Povoamento de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg sob diferentes Espaçamentos**. 2018. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.

SOUZA, C. O. **POTENCIAL ENERGÉTICO DA MADEIRA E CARVÃO VEGETAL DE ANGICO VERMELHO (*Anadenanthera peregrina*) JOVEM**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.

SPRENT, J. I. **Nodulation in legumes**. Kew: The Cromwell Press. p.146, 2001.

STEVENSON, F. J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, p. 940, 1986.

SWAIN, T. Secondary compounds as protective agents. **Annual review of plant physiology**, v. 28, n. 1, p. 479-501, 1977.

TAVARES, S. R. de L.; FRANCO, A. A.; SILVA, E. M. R. Produção de mudas de *Acacia mangium* Willd noduladas e micorrizadas em diferentes substratos. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MAFFEI, M. **Fisiologia vegetal**. Piccin, 2013.

TORRES, C. M.; REPKE, D. B. **Anadenanthera: visionary plant of ancient South America**. Routledge, 2014.

VAN SOEST, P. J. Development of a Comprehensive System of Feed Analyses and its Application to Forages. **Journal of Animal Science**, v. 26, n. 1, p. 119–128, 1 jan. 1967.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 51, p. 780–785, 1968.

VIDAURRE, G. B. et al. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore, Viçosa**, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista árvore**, v. 34, n. 1, p. 85-94, 2010.

VIERHEILIG, H. et al. Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, n. 12, p. 5004-5007, 1998.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 28, n. 6, p. 793-800, nov./dez. 2004.

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

VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 137-167, 1986.

VOGEL, H. L. M.; SHUMACHER, M. V. Quantificação dos nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel-RS, Brasil. In: FERTBIO. **Anais. Guarapari, ES**, 2010.

ZIMMERMANN, S. et al. Macronutrient inputs by litterfall as opposed to atmospheric deposition into two contrasting chestnut forest stands in southern Switzerland. **Forest Ecology and Management**, v. 161, n. 1-3, p. 289-302, 2002.

WANG, Q. et al. Influence of nitrogen and phosphorus additions on N₂-fixation activity, abundance, and composition of diazotrophic communities in a Chinese fir plantation. **Science of the total Environment**, v. 619, p. 1530-1537, 2018.

WARDLE, D. A. et al. Ecosystem properties and forest decline in contrasting long-term chronosequences. **Science**, v. 305, n. 5683, p. 509-513, 2004.

WIDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v. 63, n. 6, p. 1636-1642, 1982.

APÊNDICE

Tabela 3. Resultado das análises para os teores de macronutrientes presente em folhas verdes e folhas senescentes de Angico e Paricá, realizadas no Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

Árvore	Bloco	Parcela	Folhas	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
				N	P	K	Ca	Mg	S
Angico	1	4	Verde	52,9	0,9	6,6	14,6	2,5	1,1
Angico	1	4	Verde	54,6	0,8	5,6	14,4	2,1	1,2
Angico	1	4	Verde	50,4	1,0	7,1	9,2	1,8	1,1
Angico	1	5	Verde	28,6	0,8	6,1	7,9	1,9	1,0
Angico	1	5	Verde	34,7	1,0	6,1	10,3	2,1	1,2
Angico	1	5	Verde	35,0	1,0	9,2	14,9	2,7	1,0
Angico	1	6	Verde	26,9	0,8	6,6	15,9	2,3	1,3
Angico	1	6	Verde	31,1	0,9	6,6	16,4	3,0	1,0
Angico	1	6	Verde	26,7	0,8	5,6	17,3	1,9	0,8
Média	-	-	-	37,9	0,9	6,6	13,4	2,3	1,1
Angico	1	4	Senescente	15,1	0,6	3,6	15,3	1,8	0,5
Angico	1	4	Senescente	15,5	0,3	2,0	13,4	1,7	0,5
Angico	1	4	Senescente	14,3	0,3	4,1	13,9	1,5	0,6
Angico	1	5	Senescente	17,1	0,3	4,1	11,4	1,7	0,6
Angico	1	5	Senescente	17,4	0,3	4,6	14,5	1,6	0,5
Angico	1	5	Senescente	15,8	0,5	4,1	13,2	1,6	0,5
Angico	1	6	Senescente	24,2	0,5	3,1	10,5	1,5	0,7
Angico	1	6	Senescente	17,9	0,2	3,6	12,9	1,5	0,6
Angico	1	6	Senescente	16,3	0,2	4,1	17,9	2,3	0,5
Média	-	-	-	17,1	0,4	3,7	13,7	1,7	0,5
Paricá	2	4	Verde	25,2	1,2	6,6	15,9	2,7	2,4
Paricá	2	4	Verde	21,8	1,2	6,1	16,5	2,4	1,3
Paricá	2	4	Verde	23,4	1,7	6,1	16,8	2,0	1,4
Paricá	2	5	Verde	26,4	1,0	6,6	7,4	1,7	1,0
Paricá	2	5	Verde	29,5	1,0	6,1	11,1	2,4	1,3
Paricá	2	5	Verde	29,8	1,5	8,2	14,2	1,9	1,5
Paricá	2	6	Verde	26,1	0,8	5,1	9,9	1,8	0,8
Paricá	2	6	Verde	28,4	1,5	5,6	9,2	1,9	1,0
Paricá	2	6	Verde	30,8	1,3	6,6	12,5	1,7	1,6
Média	-	-	-	26,8	1,2	6,3	12,6	2,1	1,4
Paricá	2	4	Senescente	16,4	0,5	2,6	12,6	2,1	0,8
Paricá	2	4	Senescente	17,4	0,3	2,6	13,7	1,7	0,6
Paricá	2	4	Senescente	16,4	0,3	2,0	12,0	1,6	0,8
Paricá	2	5	Senescente	13,4	0,4	2,6	21,0	2,7	0,6
Paricá	2	5	Senescente	13,0	0,3	2,0	16,8	2,0	0,6
Paricá	2	5	Senescente	13,9	0,7	3,1	18,9	2,4	0,5
Paricá	2	6	Senescente	16,5	0,3	2,0	16,3	1,4	0,6
Paricá	2	6	Senescente	15,5	0,4	2,0	16,3	2,2	0,7
Paricá	2	6	Senescente	14,3	0,4	2,0	18,5	2,2	0,5
Média	-	-	-	15,2	0,4	2,3	16,2	2,0	0,6

Fonte: o autor.

Tabela 4. Análise química do solo para os blocos estudados.

Variáveis		Bloco 1 - Angico	Bloco 2 - Paricá
pH	água	5,33	5,45
P		2,79	2,71
K	mg.dm ⁻³	53,33	69,68
Na		5,22	
Ca		3,07	2,52
Mg		2,21	1,33
Al		0,06	0,09
H+Al	Cmolc.dm ⁻³	3,89	3,98
CTC (t)		5,49	4,14
CTC (T)		9,32	8,03
SB		5,43	4,05
V		54,56	46,05
m	%	1,72	5,69
ISNa		0,26	
MO	g/kg	18	9
N	g/kg	2,17	2,13

Fonte. O autor.