

ÁRVORES DISPERSAS EM PASTAGENS MODIFICAM A COBERTURA DO SOLO NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

Mauricio Lima DAN¹, Sustanis Horn KUNZ², Robert GOMES³, Raquel Fernandes ZORZANELLI³, Alex Rodrigues DAUDT⁴, Gustavo Soares SOUZA⁵

1 Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasil.

2 Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.

3 Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.

4 Fazenda Experimental Bananal do Norte, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasil.

5 Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, Brasil.

Autor correspondente: Maurício Lima Dan (mauricioldan@gmail.com)

Resumo: Objetivou-se avaliar a influência de uma espécie leguminosa e uma não-leguminosa na cobertura do solo em pastagens no sul do Espírito Santo. Foram amostradas dez árvores isoladas de *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record e *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, em nove propriedades rurais. Para obtenção do índice de cobertura de copas, com auxílio do *software Gap light analyzer 2.0*, foram utilizadas fotografias hemisféricas, sendo a área correspondente à projeção da copa sobre o solo de cada árvore uma unidade amostral, utilizando-se como controle uma área semelhante, a dez metros lineares a partir da borda da projeção da copa, a pleno sol. Fotografias planas do solo foram tomadas de cada unidade amostral sob a copa (SC) e fora da copa (FC) e analisadas quanto às porcentagens de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu, com o auxílio do *software SisCob*. Análises estatísticas foram realizadas no *software BioEstat 5.0*. *A. polycephala* apresentou maior cobertura do solo por forrageiras SC em relação a FC pelo teste t, não apresentando diferença para outras coberturas. Não houve diferença entre SC e FC para os três tipos de cobertura do solo em relação a *G. integrifolia* pelo teste t. O teste T² evidenciou diferença significativa entre as amostras de cobertura de solo na posição SC para ambas espécies. Para *A. polycephala*, houve correlação significativa (-0,88) entre a cobertura de forrageiras e a cobertura de solo nu SC. Para *G. integrifolia* houveram correlações significativas entre forragem e serapilheira (-0,89) e forragem e solo nu (-0,84) SC. A cobertura do solo sob a copa das duas espécies foi a que obteve menor distância multivariada de Penrose e Mahalanobis. *A. polycephala* demonstra facilitar a cobertura do solo por forrageiras sob a copa devido a fixação de nitrogênio, *G. integrifolia* parece ter uma interação de tolerância em relação às forrageiras.

Palavras chave: Fabaceae; Agroecossistema; Interação Ecológica; Recuperação de Áreas Degradadas; Forrageira.

SCATTERED Paddock TREES MODIFY THE SOIL COVER IN SOUTH ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL

Abstract: The study aimed to evaluate the influence of a legume and a non-legume species on the soil cover in pastures in the south of Espírito Santo, Brazil. Ten scattered trees of *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record and *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms were sampled in nine farms. To obtain the canopy cover index, Gap light analyzer 2.0 software was used to analyze hemispheric photographs. The area corresponding to the canopy projection of each tree was a sampling unit, using a similar area as control, at ten linear meters from the edge of the canopy projection in full sun. Flat photographs of the soil were taken from each sample unit under the canopy (UC) and outside the canopy (OC) and analyzed for percentages of forage, litter and bare soil coverage with the aid of SisCob software. Statistical analyzes were performed using BioEstat 5.0 software. *A. polycephala* presented higher forage soil cover UC compared to OC, showing no difference for litter and bare soil.

There was no difference between UC and OC for the three types of soil cover in relation to *G. integrifolia*. The T^2 test showed a significant difference between the soil cover samples in the UC position of both species. For *A. polycephala*, there was a significant correlation (-0.88) between forage cover and bare soil cover UC. For *G. integrifolia* there were significant correlations between forage and litter (-0.89) and forage and bare soil (-0.84) UC. The ground cover under the crown of both species was the one that obtained the smallest multivariate distance from Penrose and Mahalanobis. *A. polycephala* seems to facilitate soil cover by forage under the canopy due to nitrogen fixing; *G. integrifolia* appears to have a tolerant interaction with forage.

Keywords: Fabaceae; Agroecosystem; Ecological Interactions; Recovery of Degradated Areas; Fodder.

1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas alterados pela atividade antrópica são cada vez mais recorrentes no sudeste brasileiro. Árvores dispersas nas pastagens são, além de refúgio térmico para os animais, remanescentes de extrema importância para a conservação da biodiversidade nestas áreas, pois promovem inúmeros serviços ecológicos, como incorporação de nutrientes no solo e atuação como catalizadoras do processo de regeneração natural (SIQUEIRA et al., 2017).

Maiores benefícios são observados em espécies nativas, pois estas são naturalmente adaptadas ao ecossistema, promovendo maiores interações ecológicas. Segundo Sánchez-Jardón et al. (2010), o conhecimento das interações entre as árvores e a cobertura do solo é determinante para a adoção de sistemas de cultivo com a presença do componente arbóreo, que pode influenciar positivamente ou negativamente a produção de forragem.

Diversas espécies nativas da Mata Atlântica podem ser avistadas em áreas de pastagem no sul do Espírito Santo, principalmente espécies pioneiras como *Albizia polycephala* (angico-branco), pertencente à família Fabaceae, e *Gallesia integrifolia* (pau-d'alho), da família Phytolaccaceae, que também são encontradas em matas da região, como observado por Archanjo et al. (2011). Ambas espécies têm uso madeireiro, proporcionam boa sombra e são recomendadas para plantios de reflorestamento em áreas abertas (LORENZI, 1992).

Diante deste contexto, considerando a importância ecológica e os potenciais benefícios proporcionados por essas espécies, tem-se a seguinte questão: como árvores de *A. polycephala* e *G. integrifolia*, dispersas em pastagens, influenciam a cobertura do solo? Objetivou-se por meio deste estudo avaliar a influência de uma espécie leguminosa e uma não-leguminosa na cobertura do solo em áreas de pastagem na região sul do Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados deste estudo foram coletados na Macrorregião Sul do Espírito Santo, caracterizada pela predominância de solos com fertilidade de média a baixa, com relevo ondulado no interior a plano-ondulado na região litorânea, grande parte com clima quente, verão chuvoso e inverno seco (ESPÍRITO SANTO, 2008). A maior parte das chuvas ocorre entre os meses de outubro a março, com média pluviométrica em torno de 1200 mm ao ano (ALMEIDA-JÚNIOR, 2012). Na Macrorregião Sul foram escolhidos para coleta de dados os municípios de Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Jerônimo Monteiro, em função da proximidade geográfica, facilidade de acesso e pela paisagem rural visivelmente dominada por áreas degradadas.

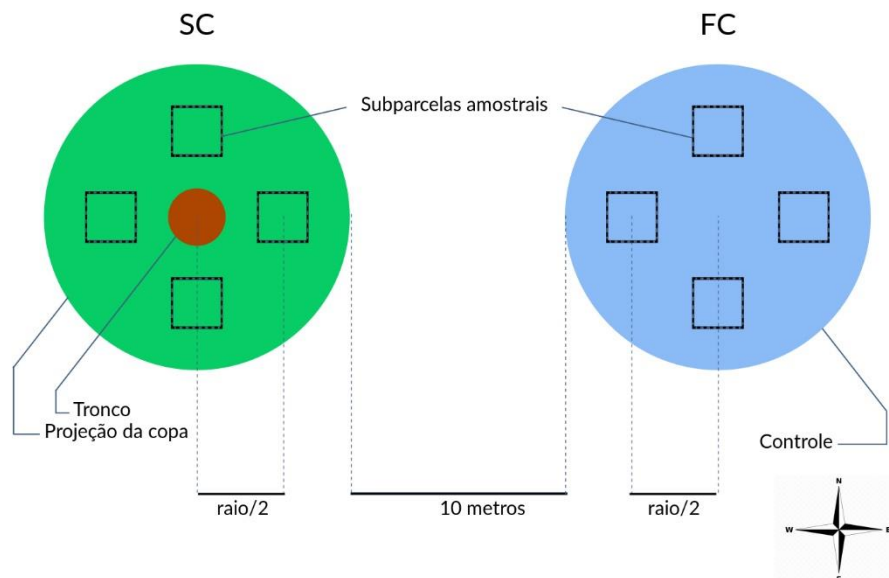
A partir de um censo arbóreo ($DAP \geq 5,0$ cm), realizado em 136 hectares descontínuos de pastagem, distribuídos em nove propriedades rurais, no sul do ES, foram inventariadas 2003 árvores de 146 espécies dispersas em pastagens. Dentro deste conjunto, considerou-se somente árvores das espécies *A. polycephala* e *G. integrifolia*, priorizando-se aquelas com maior DAP. Foram amostradas dez árvores isoladas de cada espécie (total= 20) que foram mensuradas, identificadas e georreferenciadas.

Para caracterização da densidade de cobertura de copas destas duas espécies foi utilizada uma câmera digital fotográfica modelo Canon Dslr Eos Rebel Sl1, uma lente Canon EF 8-15mm f/4L Fisheye USM e um tripé Benro A1970T, a 1,0 m do solo. Estes equipamentos foram posicionados a norte e a sul, sob a projeção da copa de cada árvore, na metade do raio entre o tronco e a borda da projeção da copa (Figura 1) para coleta de fotografias.

Para orientar o braço lateral do tripé ao norte geográfico, uma bússola digital de três eixos (Garmin GPSMAP 64sc) foi utilizada. As fotografias foram tomadas em horários do dia nos quais não havia penetração de radiação solar direta no interior da copa, evitando-se os horários entre 10:00 h e 16:00 h. As imagens hemisféricas foram analisadas com auxílio do programa GLA 2.0 - GAP LIGHT ANALYZER (FRAZER et al., 1999).

A área da projeção vertical da copa sobre o solo abaixo de cada árvore amostrada foi considerada uma unidade amostral, utilizando-se como controle uma área semelhante, adjacente a cada unidade, distando pelo menos dez m lineares a partir da borda da projeção da copa (Figura 1), totalizando $n = 20$ unidades por espécie. Foram tomadas fotografias planas da cobertura do solo, a 1,05 m acima do solo, com a mesma câmera montada sobre o mesmo tripé anteriormente descrito, porém com a lente objetiva Canon EFS 18-55 mm com abertura (fixada em 35,00 mm) na direção vertical, no sentido ortogonal, voltada na projeção descendente para o solo, sob dez copas, a norte, sul, leste e oeste do caule, correspondendo a quatro sub-parcelas de avaliação de cobertura do solo, com $0,24 \text{ m}^2$ de área avaliada cada, totalizando $0,96 \text{ m}^2 \cdot \text{parcela} \cdot \text{árvore}^{-1}$, as avaliações foram repetidas nas unidades amostrais fora da copa, nas mesmas condições.

Figura 1 – Parcelas e subparcelas amostrais na projeção da copa e controle, para amostragem de cobertura do solo em área de pastagem no Sul do Espírito Santo.



SC – Sob a Copa; FC – Fora da Copa.

Fonte: Os autores (2019).

As fotografias foram realizadas com o tripé alocado na metade do raio ($r/2$) de cada unidade amostral sob a copa (SC) e fora da copa (FC) a partir do centro. No total, obtiveram-se 80 fotografias para cada uma das duas espécies arbóreas, sendo 40 no estrato SC e 40 no estrato FC.

Com o auxílio do *software* SisCob (JORGE e SILVA, 2010) as fotografias foram analisadas quanto às porcentagens de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu. As imagens foram interpretadas por meio de classificação semi-supervisionada, adicionando-se à memória do programa amostras representativas de padrões de cada classe. Após isso, criaram-se e treinaram-se duas redes neurais para avaliar as imagens com base nos padrões de cobertura inseridos, referentes a cada espécie de árvore, e classificaram-se em dois blocos separados as 80 imagens relativas à *A. polycephala* e 80

à *G. integrifolia*. Para cada tratamento (SC e FC) a cobertura da parcela foi considerada a partir das médias de coberturas relativas de cada classe.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007). Por meio do Teste t não pareado de Student (univariado) foram comparadas, individualmente, cada classe de variável de cobertura do solo (forrageiras, serapilheira e solo nu) entre SC e FC, para cada espécie separadamente. Utilizou-se o teste multivariado T^2 de Hotelling para comparação entre as amostras de cobertura do solo das duas espécies SC e FC. Foram calculadas as correlações de Pearson entre as diferentes coberturas de solo sob a copa das árvores (SC somente) e o teste de distância multivariada de Penrose e Mahalanobis para os dados SC e FC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As porcentagens de cobertura do solo com forragem, serapilheira e solo nu para *Albizia polycephala* e *Gallesia integrifolia* estão representadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Porcentagem de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu sob a copa (SC) e fora da copa (FC) de *Albizia polycephala* em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo.

Posição	Forrageiras*	Serapilheira ^{ns}	Solo Nu ^{ns}
	(%)		
SC	51,33	26,08	22,49
FC	38,08	26,87	35,05

*Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de student.

Somente a espécie *A. polycephala* apresentou diferença estatística significativa pelo teste t ($p < 0,05$, unilateral), apresentando maior cobertura do solo por forrageiras sob a copa em relação a cobertura de forrageiras fora da copa. As proporções de cobertura por serapilheira e solo nu não diferiram entre as posições SC e FC para esta espécie.

Tabela 2 – Porcentagem de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu sob a copa (SC) e fora da copa (FC) de *Gallesia integrifolia* em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo.

Posição	Forrageiras ^{ns}	Serapilheira ^{ns}	Solo Nu ^{ns}
	(%)		
SC	48,39	27,54	24,07
FC	43,93	27,67	28,40

*Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de student.

O desenvolvimento de espécies forrageiras tropicais na presença do elemento arbóreo está relacionado predominantemente com a característica de densidade de cobertura das copas, que é influenciada pela altura, arquitetura e fenologia das árvores. Estas variáveis alteram o fornecimento de luz para a pastagem e consequentemente tem influência em sua produção (MAGALHÃES et al., 2004).

A presença de maior cobertura de forrageiras no solo sob a copa do *A. polycephala* em relação a posição fora da copa foi possível pois a cobertura média de copa para a espécie não foi elevada (55,4%). Com disponibilidade de luz, o fator determinante para o desenvolvimento das forrageiras pode estar relacionado a fertilidade do solo, como observado por Wilson (2002), que obteve efeitos significativamente benéficos às propriedades do solo sob a copa de árvores isoladas em pastagem. Estes benefícios são potencializados pelas espécies como o *A. polycephala*, que são capazes de fixar nitrogênio no solo devido a nodulação radicular por bactérias *Rhizobium* (DOS SANTOS et al., 2016).

O teste T^2 de Hotelling evidenciou diferença estatística significativa entre as amostras na posição sob a copa das árvores ($F=0,0556$; $p=0,0183$), indicando que a estrutura da cobertura do solo sob a copa de árvores pode ser influenciada diferentemente para *A. polycephala* e *G. integrifolia*. Não houve diferença estatística para os dados de cobertura fora da copa ($F=3,1888$; $p=0,5578$).

As correlações entre os dados de cobertura do solo sob a copa das árvores e com a densidade de cobertura da copa foram descritas na matriz de correlação apresentada na Tabela 3.

Conforme apresentado na Tabela 3, para *A. polycephala*, houve somente correlação significativa negativa (-0,88) entre a cobertura de forrageiras e a cobertura de solo nu, que era esperado pois quanto maior a cobertura de forragem no solo, menor espaço para presença de solo exposto. Já para *G. integrifolia* obteve-se correlações significativas negativas entre forragem e serapilheira (-0,89) e forragem e solo nu (-0,84).

Tabela 3 – Matriz de correlação entre dados de cobertura do solo sob a copa de *Albizia polycephala* e *Galesia integrifolia* em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo.

Espécie	Estatística	Var 1 e 2	Var 1 e 3	Var 1 e 4	Var 2 e 3	Var 2 e 4	Var 3 e 4
<i>Albizia polycephala</i>	r (Pearson) =	-0,0330	-0,8838	-0,2529	0,0410	0,0668	0,2587
	(p) =	0,1380	0,0007*	0,4808	0,9104	0,8546	0,4704
<i>Galesia integrifolia</i>	r (Pearson) =	-0,8949	-0,8391	-0,5676	0,5082	0,3871	0,6235
	(p) =	0,0005*	0,0024*	0,0869	0,1336	0,2690	0,0540

*significativo a 5% de probabilidade. Var 1: Cobertura de forrageiras; Var 2: Cobertura de serapilheira; Var 3: Cobertura de solo nu; Var 4: Densidade de cobertura de copa.

Apesar de não apresentar significância a 5% de probabilidade ($p>0,05$), houve correlação positiva entre a densidade de cobertura da copa e solo nu para *G. integrifolia*, indicando uma tendência de que quanto maior for a densidade de copa, maior a chance de aumentar a proporção de solo nu sob ela.

As correlações encontradas para *G. integrifolia* podem estar relacionadas às características da espécie, como a densidade de cobertura de copa encontrada no presente estudo (76,12%), além de suas folhas simples, elípticas a ovadas, de 23 cm x 11 cm, mais dificilmente decompostas enquanto serapilheira. A menor densidade de cobertura da copa de *A. polycephala* (55,4%) e suas folhas recompostas permitem maior passagem de luz e maior taxa de decomposição de serapilheira (NETO et al., 2013; MARCHIORETTO, 2015).

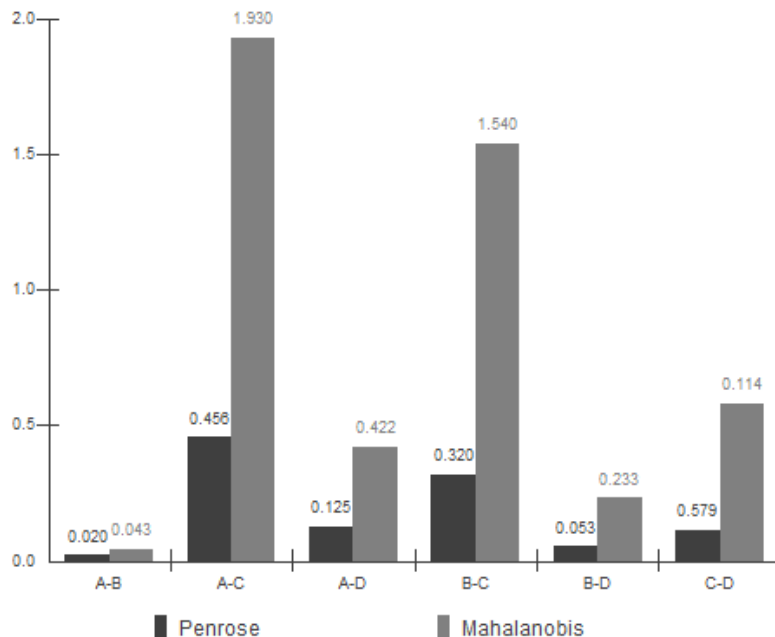
Segundo Varella et al. (2012), a luminosidade é um dos mais importantes elementos para o desenvolvimento de espécies forrageiras, sendo seu crescimento regulado pela fotoassimilação, em função da disponibilidade de água e nutrientes. Portanto, quanto maior a cobertura de copa, menor será a intensidade luminosa e consequentemente o desenvolvimento da forragem sob a copa das árvores.

Por meio dos testes de Penrose e Mahalanobis, foi possível obter distâncias multivariadas para as espécies avaliadas, sob e fora da copa, conforme pode ser observado na Figura 2.

Observa-se na Figura 2 que a cobertura do solo sob a copa das duas espécies (A e B) foi a variável que obteve menor distância multivariada. A maior distância foi observada para *A. polycephala* sob e fora da copa (A e C), havendo maior diferença entre a conformação da cobertura do solo na presença e ausência desta espécie, como já evidenciado pela diferença na cobertura de forrageiras, apresentada na Tabela 1. Para *G. integrifolia*, a distância entre os estratos sob e fora da copa foi inferior (B e D).

Apesar da maior similaridade de cobertura do solo sob a copa das duas espécies, a maior distância multivariada em relação a pastagem fora da copa de *A. polycephala*, pode estar correlacionada a fixação de nitrogênio por esta, podendo intensificar a ciclagem de nutrientes e a disponibilidade de água, reduzindo perdas de nutrientes e sendo fundamental para a manutenção da cobertura do solo (SILESHI et al., 2014)

Figura 2 – Distâncias multivariadas de Penrose e Mahalanobis para cobertura de solo sob e fora da copa de *Albizia polycephala* e *Gallesia integrifolia*, em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo.



Legenda: Coberturas de solo A: sob a copa de *A. polycephala*; B: sob a copa de *G. integrifolia*; C: fora da copa de *A. polycephala*; D: fora da copa de *G. integrifolia*.

4. CONCLUSÃO

Árvores isoladas de *Albizia polycephala* e *Gallesia integrifolia* dispersas nas pastagens no Sul do Espírito Santo modificam diferentemente as proporções de cobertura do solo por forrageiras, principalmente Poaceae, serapilheira e solo nu. As análises indicaram que, apesar das duas espécies arbóreas apresentarem semelhanças em relação à cobertura do solo sob as copas, acredita-se que *A. polycephala*, devido à característica de fixadora de nitrogênio, esteja facilitando o processo de colonização do solo por forrageiras, já *G. integrifolia* demonstra ter uma interação ecológica de tolerância em relação as forrageiras. Estudos experimentais complementares, em condições controladas, poderão elucidar melhor o entendimento sobre o padrão de cobertura do solo na interação dessas espécies arbóreas, visando subsidiar o melhor arranjo para implantação de sistemas silvipastoris sustentáveis.

5. AGRADECIMENTOS

À Fapes (processo 76463540) pelo apoio financeiro à pesquisa, pela concessão da bolsa (BCO) de coordenador ao primeiro autor, pela bolsa AT-nível superior à Raquel F. Zorzanelli.

Aos agricultores que colaboraram, permitindo o acesso às propriedades para coleta de dados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA-JÚNIOR, G.A. et al. Avanços tecnológicos na bovinocultura de leite. Alegre: CCAUFES, 2012. 233 p.

AYRES, M. AYRES M. J. AYRES, D. L. SANTOS, A. A. S. & AYRES, L. L. 2007. BioEstat 5.0: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Belém, PA. 364pp.

DOS SANTOS, Renata Soares et al. Selection of mycorrhizal fungi for the initial growth of *Albizia polycephala*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 2, p. 98-103, 2016.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura. Novo PEDEAG 2007-2025/Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Vitória: SEAG, 2008. 284 p.

FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. **Gap light analyzer (GLA), version 2.0:** imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. 1999. Disponível em: <http://www.rem.sfu.ca/forestry/downloads/gap_light_analyzer.htm>. Acesso em: 10 set. 2017.

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C.B. **SISCOB:** Software para análise de cobertura do solo. In: Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO-ConBAP, 2010, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SBEA, 2010. 1 CD-ROM., 2010.

MAGALHÃES, João Avelar et al. Sistemas silvipastoris: alternativa para Amazônia. **Bahia Agrícola**, v. 6, n. 3, 2004.

MARCHIORETTO, M.S. 2015. Phytolaccaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12578>>. Acesso em: 09 Set 2019

NETO, Felipe Vieira Cunha et al. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.

SÁNCHEZ-JARDÓN, L. et al. Grassland productivity and diversity on a tree cover gradient in *Nothofagus pumilio* in NW Patagonia. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 137, n. 1-2, p. 213-218, 2010.

SILESHI, Gudeta Weldesemayat et al. Agroforestry: fertilizer trees. **Encyclopedia of agriculture and food systems**, v. 1, p. 222-234, 2014.

SIQUEIRA, Flávia Freire et al. How scattered trees matter for biodiversity conservation in active pastures. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 250, p. 12-19, 2017.

VARELLA, Alexandre Costa et al. Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no sul do Brasil. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. (Ed.). Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

WILSON, Brian. Influence of scattered paddock trees on surface soil properties: a study of the Northern Tablelands of NSW. **Ecological Management & Restoration**, v. 3, n. 3, p. 211-219, 2002.