



Núcleo de Meio Ambiente
 Universidade Federal do Pará
 Rua Augusto Corrêa, 01, Guamã
 Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Verena Santos de Sousa

Universidade Federal do Paraná
 verenavsousa@gmail.com

Daniela Pauletto

Universidade Federal do Oeste do Pará
 paulettoflorestal@gmail.com

Thiago Gomes de Sousa Oliveira

Universidade Federal do Paraná
 oliveira.tgso@gmail.com

Ádria Fernandes da Silva

Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia
 adriafernandes39@gmail.com

Anselmo Júnior Correa Araújo

Universidade Federal do Oeste do Pará
 anselmojunior.stm@gmail.com

Recebido em: 2021-12-10
 Avaliado em: 2022-01-19
 Aceito em: 2022-03-24

DINÂMICA DA COBERTURA DE DOSSEL, TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO OESTE DO PARÁ

RESUMO: Considerando a importância do componente florestal nos sistemas agroflorestais (SAFs) este trabalho objetivou analisar a dinâmica da cobertura de dossel, temperatura e umidade do solo em três sistemas agroflorestais, que dispõem de arranjos diferentes, tendo em comum a produção de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), em Belterra e Mojuí dos Campos, no Pará, inseridos em propriedades de agricultores familiares. A coleta de dados para umidade, temperatura do solo e a cobertura do dossel foi realizada mensalmente durante nove meses (abril a dezembro/2017). Estas medições foram realizadas em seis pontos nas linhas e nas entrelinhas de plantio perene de cada sistema. Concluiu-se que a cobertura de dossel dentro dos sistemas avaliados pode ser considerada, nos SAFs 1 e 2, como um fator que regula a quantidade de luz que chega no sistema, influenciando na umidade do solo, tanto na linha quanto na entrelinha. No entanto, a temperatura do solo foi a variável que menos sofreu interferência e que menos interferiu nas demais variáveis analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: Microclima, Cultivos arbóreos, Silvicultura.

CANOPY COVER DYNAMICS, SOIL TEMPERATURE AND MOISTURE IN AGROFORESTRY SYSTEMS

ABSTRACT: Considering the importance of the forest component in agroforestry systems (SAFs), this study aimed to analyze the dynamics of canopy cover, temperature and soil moisture in three agroforestry systems, which have different arrangements, having in common the production of black pepper (*Piper nigrum*

L.), in Belterra and Mojuí dos Campos, in Pará, inserted in properties of family farmers. Data collection for moisture, soil temperature and canopy cover was performed monthly for nine months (April to December/2017). These measurements were performed at six points in the rows and between the rows of perennial planting in each system. It was concluded that the canopy cover with in the evaluated systems can be considered, in SAFs 1 and 2, as a factor that regulates the amount of light that reaches the system, influencing the soil moisture, both in the row and between the rows. However, soil temperature was the variable that suffered the least interference and that interfered least in the other variables analyzed.

KEYWORDS: Microclimate, Treecrops, Silviculture.

DINÂMICA DE CUBIERTA DE DOSEL, TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DEL OESTE DE PARÁ

RESUMEN: Considerando la importância del componente forestal en los sistemas agroforestales (SAF), este estudio tuvo como objetivo analizar la dinámica de la cobertura del dosel, la temperatura y la humedad del suelo entre sistemas agroforestales, que tienen diferentes arreglos, teniendo en común la producción de pimienta negra (*Piper nigrum* L.), en Belterra y Mojuí dos Campos, en Pará, insertos en propiedades de agricultores familiares. La recolección de datos de humedad, temperatura del suelo y cobertura del dosel se realizó mensualmente durante nueve meses (abril a diciembre/2017). Estas mediciones se realizaron en seis puntos de los surcos y entre los surcos de siembra perenne en cada sistema. Se concluyó que la cobertura del dosel dentro de los sistemas evaluados puede ser considerada, en los SAF 1 y 2, como un factor que regula la cantidad de luz que llega al sistema, influyendo en la humedad del suelo, tanto en hilera como entre hileras. Sin embargo, la temperatura del suelo fue la variable que menos interferencia sufrió y la que menos interfirió en las demás variables analizadas.

PALABRAS CLAVES: Microclima, Cultivos arbóreos, Silvicultura.

INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são um conjunto de técnicas que combinam intencionalmente, em uma mesma unidade de área, espécies florestais

(árvores, palmeiras, bambuzeiros) com cultivos agrícolas, com ou sem a presença de animais, para ofertar bens e serviços em bases sustentáveis a partir das interações estabelecidas (SILVA,

2013). Esta modalidade de cultivo tem sido listada como um sistema de produção mais equilibrado e com possibilidade de mitigação de gases de efeito estufa (AZEVEDO; CAMPANILI; PEREIRA, 2016). Também é indicado como estratégia de fortalecimento da resiliência socioambiental, propiciando menor dependência a insumos externos (ALMEIDA; MAY, 2016) redução da erosão do solo, aumento do estoque de carbono e ganhos ambientais a longo prazo, em relação ao monocultivo (MARTORANO et al., 2016).

Estes sistemas são caracterizados, dentre tantas outras formas de cultivo existentes na região amazônica, como um dos mais importantes componentes do mosaico de uso e cobertura da terra presentes nesta região, o destaque a esta modalidade é justificada por sua contribuição com serviços ecossistêmicos proporcionados (BOLFE; BATISTELLA; FERREIRA, 2012). Atividades agrícolas exercidas no solo, para obtenção de serviços econômicos, influenciam diretamente no processo de infiltração de água no solo (SILVA, 2012) onde as

mudanças no uso da terra podem modificar parâmetros biofísicos e biogeoquímicos, assim como os fluxos de calor latente e sensível, os quais estão intrinsecamente associados à hidrologia e à transpiração da vegetação (DEBORTOLI, 2013).

A absorção de água pelo solo depende de sua textura e estrutura e solos adensados resultam em erosão e escoamento superficial da água, da mesma forma, que as propriedades térmicas do solo são resultantes de um conjunto de fatores nos quais se incluem sua textura e a composição química, o que faz com que os solos tropicais sejam considerados um ecossistema de múltiplos fatores, que interligados fazem funcionar uma estrutura organizada (CARNEIRO et al., 2014; PRIMAVESI, 2016),

A cobertura de dossel tende a proporcionar efeitos positivos em certas espécies cultivadas em sistemas consorciados, como exemplo, aumentando a produção de compostos secundários e biomassa cultivada nesta situação, sendo

favorecida por maiores taxas de sombreamento (BORGES et al., 2019).

O conhecimento da dinâmica da cobertura de dossel se mostra uma variável importante para apontar quais arranjos apresentam as melhores condições de trabalho, considerando o conforto térmico proporcionado pela sombra das árvores. Além deste fator laboral, o comportamento do dossel é um dos fatores para inserção ou exclusão de cultivos em sistemas consorciados, o que influenciará a tomada de decisão por produtores ou prestadores de assistência técnica. Desta forma, considerando que os SAFs têm o papel de unir espécies com diferentes funções e que a cobertura da copa tem papel determinante nestas relações, este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica da cobertura de dossel, temperatura e umidade do solo em três sistemas agroflorestais no Oeste do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estudo foi realizado nos municípios de Belterra e Mojuí dos

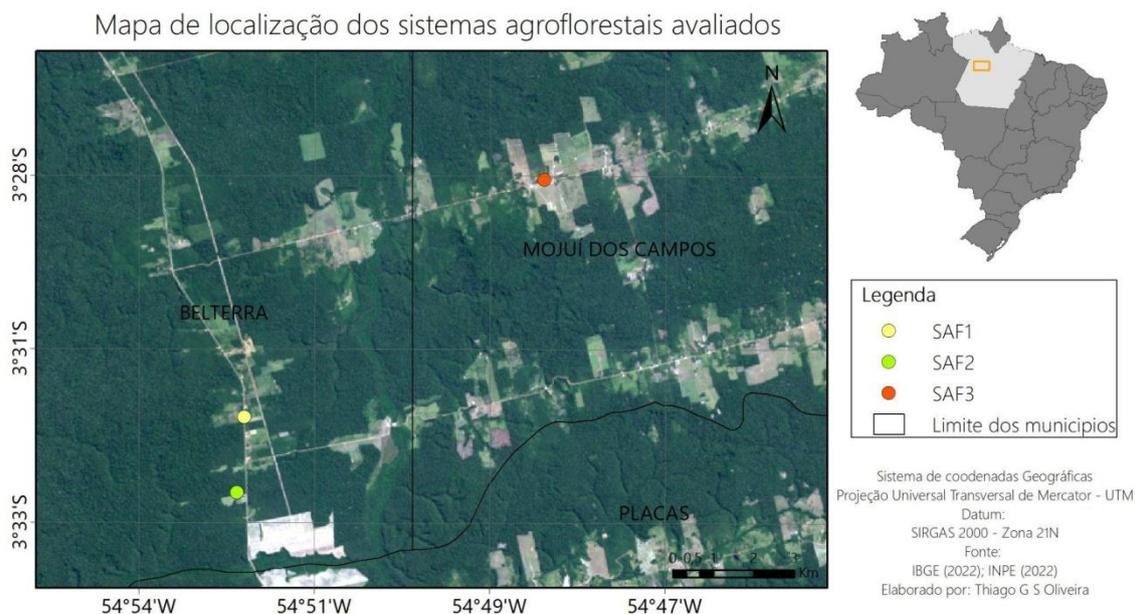
Campos, no estado do Pará. A classificação climática na região é do tipo Am (Köppen) com altitude média de 130 m, temperatura média acima de 26° C e precipitação anual de 2.200 a 2.500 mm (ALVARES et al., 2013) e o solo do tipo Latossolo Amarelo Distrófico (HENRIQUES et al., 2008; IBGE, 2012).

Os SAFs foram implementados por agricultores familiares entre os anos de 2007 e 2013 contando com o apoio da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará – EMATER, como uma estratégia de fortalecimento da renda familiar e diversificação da produção. Além da EMATER apoiar na implementação dos SAFs, a mesma realiza visitas periódicas nestes três sistemas. A escolha destes SAFs como área de estudo foi motivada por indicação da EMATER, por se tratar de Sistemas representativos na região e por se tratar de produtores que permitem a entrada de pesquisadores em suas áreas, bem como, apresentarem afinidade com a troca de conhecimento com pessoas externas.

O estudo foi realizado em três sistemas consorciados (Figura 1) que dispõem arranjos diferentes, tendo em

comum a produção de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), como principal produto econômico.

Figura 1. Localização de sistemas agroflorestais, município de Belterra e Mojuí dos Campos, Pará.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base nas análises de fertilidade do solo realizado nestes sistemas por Silva et al. (2020) no ano de 2016, o Sistema 1 apresenta teor de matéria orgânica igual a 21,40 g/Kg, fósforo igual a 4 mg/dm³ e potássio igual a 27 mg/dm³. O Sistema 2 apresenta teor de matéria orgânica igual a 22,23 g/Kg, fósforo igual a 5 mg/dm³ e potássio igual a 36 mg/dm³, e o Sistema 3 apresenta teor de matéria orgânica

igual a 12,25 g/Kg, fósforo igual a 9 mg/dm³ e potássio igual a 18 mg/dm³.

Os sistemas agroflorestais avaliados configuram-se como sistemas com manejo dinâmico, que segundo Campos (2022), são caracterizados por serem compostos por componentes dinâmicos, cuja entrada e saída é motivada pela flutuação de mercado, alta e baixa de preços de determinados produtos, ou ainda por aspectos

ecológicos da espécie selecionada, como adaptabilidade de cultivares ou surgimento de doenças ou pragas.

O primeiro sistema (SAF1) corresponde a uma área de 1,5 hectare na margem da Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163), no município de Belterra. Foi implantado no ano de 2012, onde houve plantação de macaxeira (*Manihot* sp.), nos primeiros dois anos, nas entrelinhas dos plantios perenes e semi-perenes. O arranjo deste sistema é composto por Cumaru (*Dipteryx* spp.) + Pimenta-do-reino + Banana (*Musa* spp.) + Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) K. Schum) + Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e Graviola (*Annona muricata* L.). O histórico de uso da área compreende a criação de gado durante cinco anos antes da implantação do sistema. A adubação do solo para implantação do SAF foi feita com aplicação de 20 g de fertilizante mineral (NPK 10-28-20) por cobertura em cada muda para todas as espécies, sendo reaplicado uma vez a cada ano nos limites da projeção da

copa. Também houve a aplicação da adubação orgânica com esterco de gado e de galinha na cova durante o plantio e uma vez por ano como parte do manejo do sistema, sendo realizada no mês de início das chuvas (dezembro ou janeiro). A quantidade de adubo orgânico aplicado neste processo não foi informado pelos produtores, estes geralmente não realizam o controle de adição deste material no plantio. O produtor realizou podas no Cumaru e roçagem em toda a área de cultivo do sistema, deixando os restos culturais como cobertura do solo (Figura 2).

O segundo sistema (SAF2) tem área de 0,30 hectare, está localizado também a margem da Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163), no município de Belterra, foi criado tendo como base uma área de regeneração natural composta predominantemente por taperebá (*Spondia smombin* L.), sendo esta espécie utilizada como tutor vivo (suporte para fixação de plantas) para sustentação da pimenta-do-reino, inserida a partir do ano de 2007 (Figura 3).

Figura 2. Croqui do arranjo das espécies florestais e fotos da linha e entrelinha, do sistema agroflorestal implantado em Belterra, Pa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tendo este sistema apresentado distribuição aleatória em função da regeneração do taperebá, adotou-se como linha as coletas feitas sob copa, e entrelinhas as coletas feitas fora da projeção de copa da espécie taperebá.

O terceiro sistema (SAF3) está disposto em uma área de 1 hectare, localizado no travessão Galiléia, perpendicular à Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163), município de Mojuí

dos Campos. Esta área foi utilizada para criação de gado durante quinze anos anteriores à implantação do plantio avaliado. No ano de 2012 foram implantados, de forma consorciada, o cumaru (*Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd.), pimenta-do-reino, e moringa (*Moringa oleifera* Lam.), sendo que nos três primeiros anos houve plantações anuais de macaxeira (*Manihot* sp) e abacaxi (*Ananas* sp) (Figura 4).

Figura 3. Croqui do arranjo das espécies florestais e fotos da linha e entrelinha, do sistema agroflorestal implantado em Belterra, Pa.

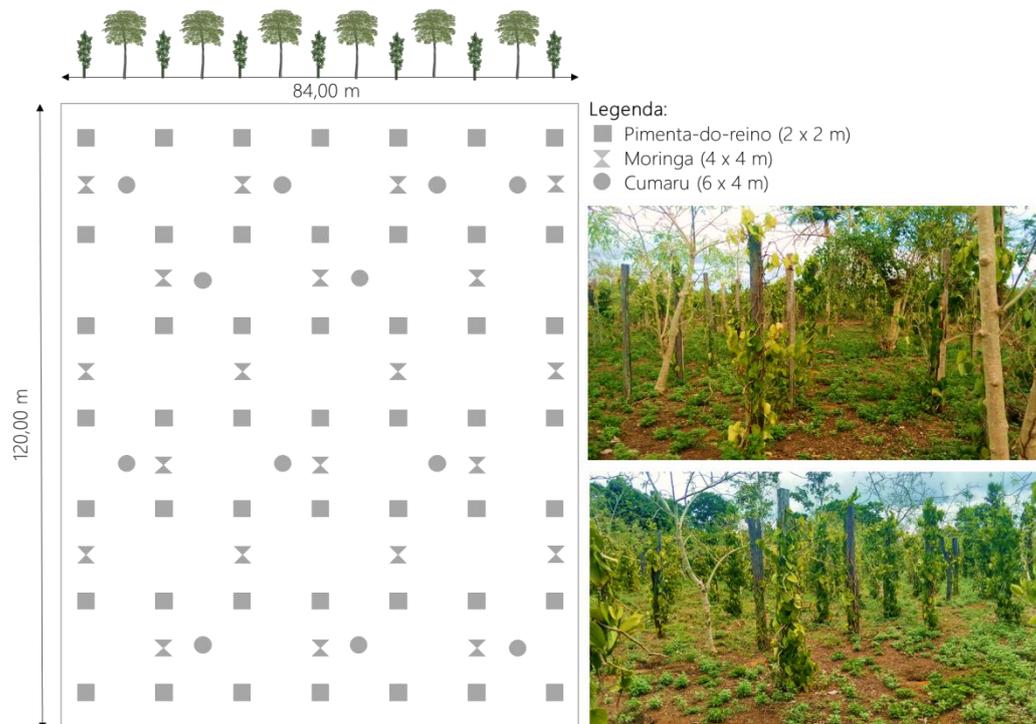


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o plantio foi realizado adubação oriunda de compostagem, produzida pelo próprio produtor com uso de materiais como palha de milho, bagaço da cana de açúcar, cachos e cascas de banana e esterco de animais. Este composto foi aplicado diretamente na cova e, durante a manutenção, foi realizada adubação com biomassa fresca provinda da deposição no solo de plantas espontâneas, gramíneas e galhos de

moringa, após roçagem e poda. O produtor também realizou a adubação da pimenta-do-reino em janeiro de 2017, com NPK na formulação 18-18-18, a fim de estimular o crescimento da espécie, e em fevereiro do mesmo ano o NPK foi aplicado na formulação 10-28-20 para estímulo da frutificação. A Figura 2 apresenta o esquema gráfico dos arranjos de espécies nos SAFs avaliados.

Figura 4. Croqui do arranjo das espécies florestais e fotos da linha e entrelinha, do sistema agroflorestal implantado em Mojuí dos Campos, Pa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

As variáveis climatológicas usadas neste estudo foram obtidas no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), considerando informações para a estação climatológica convencional de Belterra. Os sistemas agroflorestais estão dentro de um raio de 100 km da estação climatológica.

O período de pesquisa para as variáveis cobertura de dossel e

umidade do solo tiveram duração de nove meses (abril a dezembro de 2017) para a temperatura do solo tiveram duração de oito meses (maio a dezembro de 2017). No mês de abril de 2017, para o SAF1, não foi realizada a coleta de dados de temperatura por problemas com o aparelho de aferição, porém este sistema foi mantido devido a significância dos dados obtidos nos demais meses e para as outras variáveis avaliadas. As variáveis umidade e temperatura do solo obtidas com

aparelho Termo-Higrômetro ITHHT 2250, introduzido no solo a 2 cm de profundidade, fornecendo instantaneamente os valores, e a cobertura do dossel obtida através do aparelho Densiômetro esférico de acordo com a metodologia proposta por Sukanuma et al. (2008). As medições de umidade, temperatura e cobertura de dossel foram realizadas em seis pontos nas linhas e entrelinhas de plantio de cada sistema, em horários não fixos, totalizando doze pontos de amostragem por mês.

Os dados referentes às variáveis cobertura de dossel (CD), temperatura do solo (TS) e umidade do solo (US) foram submetidos ao teste de Shapiro Wilk, para avaliação de normalidade, sendo que os dados que não apresentaram normalidade foram logaritmizados e, uma vez, constatada a normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância seguida de teste t para comparação das variáveis na linha e entrelinha em cada sistema, seguido de teste Tukey para comparar as médias ao longo do

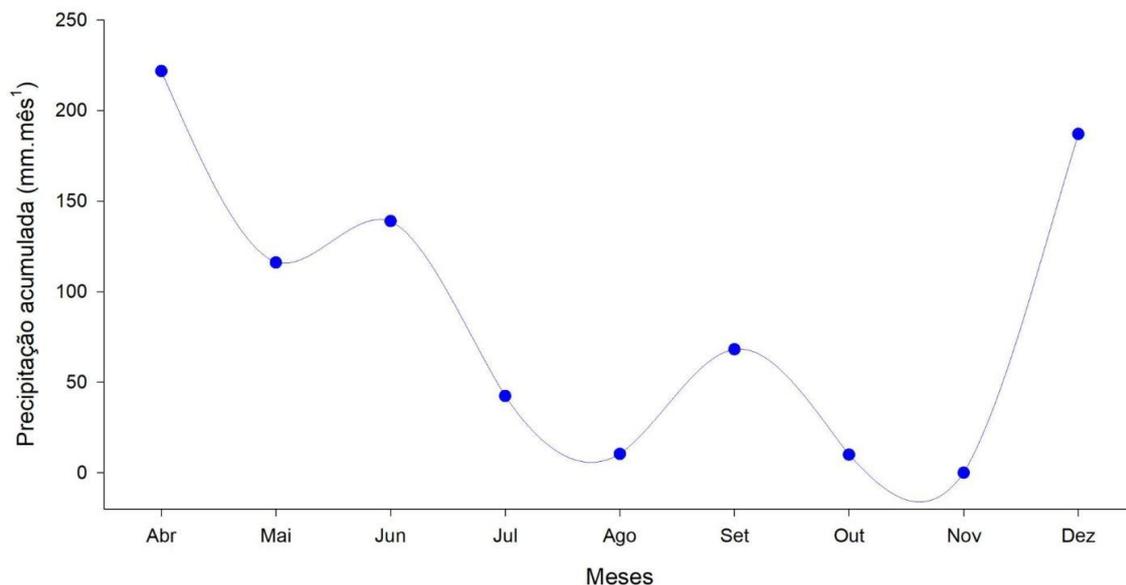
período de avaliação. Por fim utilizou-se do coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a dependência entre as variáveis. Todos os dados foram tabulados no programa Microsoft Excel e analisados no programa Assistat 6.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de coleta, a precipitação acumulada mensal variou com uma máxima de 250,00 mm.mês⁻¹ em março, se estendendo até junho, e uma mínima de 0,00 em novembro, iniciada a partir de agosto (Figura 5).

Sendo a precipitação um fator de direta interação com o solo, quando se avalia a média de US, no decorrer do período de amostragem, nota-se que na estação chuvosa (abril a julho) os três sistemas tiveram, em média, maior porcentagem (43,3 %) de umidade do que no período seco, que foi de 40,7 %, para os meses de agosto a dezembro (Figura 2, 3 e 4) independentemente da posição de coleta no plantio.

Figura 5: Precipitação acumulada mensal nos meses de abril a dezembro de 2017, na área de estudo.



Fonte: Dados do INMET (2017). Elaborado pelos autores.

COBERTURA DE DOSEL (CD)

Os resultados de CD para o SAF1 indicaram que não há necessidade de intervenção para abertura de dossel visando a inserção de novas espécies, devido ao fato de este sistema já ser diverso. A CD na linha variou entre 18,0% (julho) a 51,1% (dezembro) e na entrelinha variou entre 9,7% (agosto) a 32,6% (dezembro). Ao se comparar a linha e entrelinha de plantio foi constatada diferença significativa para os meses abril, julho, agosto, setembro, outubro e dezembro tendo sempre

maiores médias nas linhas de plantio (Tabela 1A).

Considerando a diversidade apresentada pelo SAF 1, os resultados de CD indicam que não há necessidade de abertura de dossel para a inserção de novas espécies ou indivíduos.

No SAF 2 a CD na linha variou de 9,4 % (setembro) a 44,0 % (dezembro), enquanto nas entrelinhas as médias variaram de 4,3 % (julho) a 46,3 % (dezembro). Para esta variável, quando as médias foram comparadas na linha e entrelinhas, não se observou diferença estatística significativa. No

entanto, quando comparadas ao longo do tempo, de forma isolada, nas linhas e entrelinhas, estas diferiram estatisticamente, tendo os meses de abril e dezembro os maiores percentuais de CD e também de precipitação. Destaca-se que as médias de CD, tanto na linha quanto na entrelinha, apresentaram comportamento semelhante, reduzindo entre os meses de junho e outubro, com posterior ganho de CD nos meses seguintes (Tabela 1B).

Enquanto no SAF 3 a CD na Linha variou entre 5,7 % (setembro) a 21,1% (dezembro) e na entrelinha variou entre 2,6 % (junho) a 16,5 % (dezembro). Para esse sistema não foi constatada diferença estatística ao se comparar a linha e entrelinha de plantio (Tabela 1C). O SAF 3 apresenta uma das menores percentagens de CD, o que pode estar associado com as características de copa da principal espécie arbórea deste sistema (moringa) que, conforme observações em campo, apresenta copa com poucas folhas e em pequeno tamanho. Tal fato pode ser explicado pelas podas

que são realizadas na espécie visando a comercialização das folhas. Além disso, observou-se também que no mês de junho, no pico de floração, a copa desta espécie reduziu a quantidade de folhas, influenciando nos valores de CD.

A variação na CD do SAF 2 pode estar relacionada a única espécie do componente florestal desse sistema, o taperebá, que é uma planta caducifólia, com perdas de suas folhas no verão (GUIMARÃES et al., 2021). Observou-se que o taperebá nos meses de julho a agosto apresentou queda foliar, o que refletiu na redução da CD neste período, e seguindo com rebrota de folhas no mês de setembro, ocasionado novamente o aumento de CD a partir deste mês. Esta observação revela a importância de diversificação na escolha e introdução de componentes arbóreos em SAFs, de forma a não conter apenas espécies caducifólias que exponham o sistema a radiação direta quando na época de seca.

Tabela 1. Percentual de cobertura de dossel, temperatura e umidade do solo na linha e entrelinha de plantio, nos três sistemas agroflorestais, no período de abril a dezembro de 2017 em Belterra e Mojuí dos Campos, Pará.

| SAF 1 | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Cobertura de dossel (%) | | | | | | | | | |
| | abr/17 | mai/17 | jun/17 | jul/17 | ago/17 | set/17 | out/17 | nov/17 | dez/17 |
| Linha | 31,2 ± 5,9 Abc | 19,4 ± 2,6 Ac | 21,3 ± 3,5 Abc | 18,0 ± 8,9 Ac | 19,8 ± 6,8A c | 26,7 ± 6,4 Abc | 28,4 ± 11,5 Abc | 39,7 ± 18,3 Aab | 51,1 ± 17,5 Aa |
| Entre Linha | 22,4 ± 5,9 Babc | 14,7 ± 6,7 Abcd | 15,6 ± 5,6 Abcd | 13,0 ± 2,3 Bcd | 9,7 ± 3,9 Bd | 15,3 ± 7,6 Bbcd | 18,0 ± 6,1Abcd | 23,4 ± 5,8 Aab | 32,6 ± 4,4 Ba |
| Temperatura (°C) | | | | | | | | | |
| Linha | — | 26,8 ± 0,6 Ad | 27,9 ± 2,7 Acd | 26,4 ± 1,3 Ad | 27,7 ± 0,9 Acd | 33,4 ± 1,9 Aa | 32,6 ± 1,7 Aab | 29,9 ± 0,9 Abc | 28,5 ± 1,0 Acd |
| Entre Linha | — | 27,2 0,9 Ac | 28,2 ± 1,4 Ac | 27,6 ± 1,6Ac | 28,7 ± 1,4 Abc | 35,2 ± 4,0Aa | 32,3 ± 1,7 Aab | 30,7 ± 2,2 Abc | 29,5 ± 1,1 Abc |
| Umidade (%) | | | | | | | | | |
| Linha | 58,0 ± 3,2 Aab | 65,7 ± 1,4 Aa | 51,2 ± 3,5 Abc | 41,8 ± 5,7 Ad | 44,8 ± 7,7 Acd | 31,0 ± 2,1 Ae | 37,3 ± 3,9 Ade | 42,3 ± 2,8 Ad | 55,2 ± 2,7 Ab |
| Entre Linha | 57,0 ± 4,1 Ab | 66,7 ± 2,7Aa | 53,3 ± 3,1 Abc | 42,0 ± 5,8 Ade | 46,7 ± 7,2 Acd | 32,3 ± 2,0 Af | 36,0 ± 3,8 Aef | 42,7 ± 2,8 Ade | 54,8 ± 1,8 Ab |

| SAF 1 | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Cobertura de dossel (%) | | | | | | | | | |
| | abr/17 | mai/17 | jun/17 | jul/17 | ago/17 | set/17 | out/17 | nov/17 | dez/17 |
| Linha | 31,2 ± 5,9 Abc | 19,4 ± 2,6 Ac | 21,3 ± 3,5 Abc | 18,0 ± 8,9 Ac | 19,8 ± 6,8A c | 26,7 ± 6,4 Abc | 28,4 ± 11,5 Abc | 39,7 ± 18,3 Aab | 51,1 ± 17,5 Aa |
| Entre Linha | 22,4 ± 5,9 Babc | 14,7 ± 6,7 Abcd | 15,6 ± 5,6 Abcd | 13,0 ± 2,3 Bcd | 9,7 ± 3,9 Bd | 15,3 ± 7,6 Bbcd | 18,0 ± 6,1Abcd | 23,4 ± 5,8 Aab | 32,6 ± 4,4 Ba |
| Temperatura (°C) | | | | | | | | | |
| Linha | — | 26,8 ± 0,6 Ad | 27,9 ± 2,7 Acd | 26,4 ± 1,3 Ad | 27,7 ± 0,9 Acd | 33,4 ± 1,9 Aa | 32,6 ± 1,7 Aab | 29,9 ± 0,9 Abc | 28,5 ± 1,0 Acd |
| Entre Linha | — | 27,2 0,9 Ac | 28,2 ± 1,4 Ac | 27,6 ± 1,6Ac | 28,7 ± 1,4 Abc | 35,2 ± 4,0Aa | 32,3 ± 1,7 Aab | 30,7 ± 2,2 Abc | 29,5 ± 1,1 Abc |
| Umidade (%) | | | | | | | | | |
| Linha | 58,0 ± 3,2 Aab | 65,7 ± 1,4 Aa | 51,2 ± 3,5 Abc | 41,8 ± 5,7 Ad | 44,8 ± 7,7 Acd | 31,0 ± 2,1 Ae | 37,3 ± 3,9 Ade | 42,3 ± 2,8 Ad | 55,2 ± 2,7 Ab |
| Entre Linha | 57,0 ± 4,1 Ab | 66,7 ± 2,7Aa | 53,3 ± 3,1 Abc | 42,0 ± 5,8 Ade | 46,7 ± 7,2 Acd | 32,3 ± 2,0 Af | 36,0 ± 3,8 Aef | 42,7 ± 2,8 Ade | 54,8 ± 1,8 Ab |

| SAF 1 | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Cobertura de dossel (%) | | | | | | | | | |
| | abr/17 | mai/17 | jun/17 | jul/17 | ago/17 | set/17 | out/17 | nov/17 | dez/17 |
| Linha | 31,2 ± 5,9 Abc | 19,4 ± 2,6 Ac | 21,3 ± 3,5 Abc | 18,0 ± 8,9 Ac | 19,8 ± 6,8A c | 26,7 ± 6,4 Abc | 28,4 ± 11,5 Abc | 39,7 ± 18,3 Aab | 51,1 ± 17,5 Aa |
| Entre Linha | 22,4 ± 5,9 Babc | 14,7 ± 6,7 Abcd | 15,6 ± 5,6 Abcd | 13,0 ± 2,3 Bcd | 9,7 ± 3,9 Bd | 15,3 ± 7,6 Bbcd | 18,0 ± 6,1Abcd | 23,4 ± 5,8 Aab | 32,6 ± 4,4 Ba |
| Temperatura (°C) | | | | | | | | | |
| Linha | — | 26,8 ± 0,6 Ad | 27,9 ± 2,7 Acd | 26,4 ± 1,3 Ad | 27,7 ± 0,9 Acd | 33,4 ± 1,9 Aa | 32,6 ± 1,7 Aab | 29,9 ± 0,9 Abc | 28,5 ± 1,0 Acd |
| Entre Linha | — | 27,2 0,9 Ac | 28,2 ± 1,4 Ac | 27,6 ± 1,6Ac | 28,7 ± 1,4 Abc | 35,2 ± 4,0Aa | 32,3 ± 1,7 Aab | 30,7 ± 2,2 Abc | 29,5 ± 1,1 Abc |
| Umidade (%) | | | | | | | | | |
| Linha | 58,0 ± 3,2 Aab | 65,7 ± 1,4 Aa | 51,2 ± 3,5 Abc | 41,8 ± 5,7 Ad | 44,8 ± 7,7 Acd | 31,0 ± 2,1 Ae | 37,3 ± 3,9 Ade | 42,3 ± 2,8 Ad | 55,2 ± 2,7 Ab |
| Entre Linha | 57,0 ± 4,1 Ab | 66,7 ± 2,7Aa | 53,3 ± 3,1 Abc | 42,0 ± 5,8 Ade | 46,7 ± 7,2 Acd | 32,3 ± 2,0 Af | 36,0 ± 3,8 Aef | 42,7 ± 2,8 Ade | 54,8 ± 1,8 Ab |

Onde: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letras maiúsculas para comparação nas colunas pelo teste t a 5 % de significância e letras minúsculas para comparação na linha pelo teste tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

TEMPERATURA DO SOLO (TS)

Sobre a amplitude de temperatura do solo (TS) observada nas linhas e entrelinhas de plantio das espécies perenes no SAF 1 (Tabela 1A) que na linha obteve amplitude entre 26,4 °C (julho) a 33,4 °C (setembro) e na entrelinha variou entre 27,2 °C (maio) a 35,2 °C (setembro) estas amplitudes demonstraram diferença estatística entre si. Pode-se notar que a TS apresentou pouca variação quando se comparou a linha e entrelinha de plantio, não diferindo estatisticamente entre si. A média na linha de plantio perene do sistema foi de 27 °C, enquanto que na entre linha do consórcio foi de 28 °C.

Quanto à temperatura no SAF 3, esta apresentou variação de 29,0 °C (dezembro) a 36,4 °C (agosto) na linha e de 28,5 °C (maio) a 35,7 °C (setembro) na entrelinha. Para esta variável, observou-se que as médias quando comparadas na linha e entrelinha apresentaram-se iguais estatisticamente entre si, exceto para o mês de maio onde as médias 30,0 °C (linha) e 28,5 °C (entrelinha) diferiram estatisticamente

(Tabela 1C). Quando analisadas ao longo do período na linha, as maiores médias situadas de julho a setembro foram consideradas iguais entre si e diferiram estatisticamente das médias obtidas nos demais meses. Na entrelinha, os valores médios apresentaram um comportamento de certa forma semelhante, com as maiores médias situadas de julho a setembro e novembro consideradas iguais entre si e diferindo significativamente dos demais meses.

Ao se observar a dinâmica do SAF 2 em que tanto a TS quanto a US foram diretamente afetados pela queda foliar do componente arbóreo, entende-se, que, quando o sistema apresenta maior cobertura de dossel a TS tende a reduzir por estar recebendo menos radiação solar. Isto também é observado em estudos em floresta nativa, onde a temperatura é maior onde existe a incidência de radiação solar, principalmente nas camadas mais superficiais do solo (CARNEIRO et al., 2013).

A TS no SAF 3 na Linha variou entre 31,4 °C (dezembro) a 41,6 °C (julho) e na entrelinha variou entre 31,5 °C (maio) a 42,1 °C (julho). Ao se comparar linha e

entrelinha de plantio observou-se diferença estatística apenas para o mês de novembro com maior temperatura média na entrelinha de plantio (Tabela 1C).

Considerando a TS dos sistemas, entende-se que estes exibem temperaturas próximas às ideais (SAF 1) e ideais (SAFs 2 e 3) pois, como exposto por Brancalion et al. (2010), ao analisar a temperatura ótima para a germinação das sementes, para as espécies da Amazônia a temperatura do solo deve estar entre 30 °C a 35 °C. Esta discussão é pertinente ao se tratar de sistemas agroflorestais, pois nestes ambientes é inerente à dinâmica de retirada e introdução de espécies, sendo necessário que estes solos tenham condições de proporcionar o estabelecimento de novas plantas.

No SAF 2, TS sofreu influência da cobertura de dossel juntamente com a US, apresentando comportamento inverso, haja vista que, nos meses de queda foliar do componente arbóreo do sistema (Taperebá), a TS apresentou elevação e no mês em que este começou a apresentar folhas novas (mês de setembro), a TS apresentou um

declínio (Tabela 1B). A temperatura juntamente com a umidade do solo são fatores intimamente interligados e, quando manejados adequadamente, podem propiciar incrementos à produção das culturas (KNIES, 2010).

UMIDADE DO SOLO (US)

A US no SAF 1 variou na linha de plantio entre 31,0 % (setembro) a 65,7 % (maio) e na entrelinha variou entre 32,3 % (setembro) a 66,7 % (maio). Esta variável não apresentou diferença estatística nas médias quando comparado às linhas e entrelinhas de plantio (Tabela 1A). Ao analisar o gráfico de precipitação (Figura 5) e os dados de US na linha e entrelinha de plantio (Tabela 1A), observa-se que no mês de novembro, sem precipitação, a US foi superior ao mês anterior (outubro), em que, houve maior precipitação. Este fato pode estar sendo influenciado pelo aumento de cobertura de dossel no mês de novembro (Tabela 1A), o que mostra a importância da cobertura de dossel para garantia da US em períodos de baixa precipitação.

Em relação a umidade (%) no SAF 2, as maiores médias tanto na linha ($59,8 \pm 4,5$) quanto na entrelinha ($59,8 \pm 3,9$) foram registradas no mês de maio, que foram consideradas iguais estatisticamente. Na linha a umidade média ao longo do período avaliado variou de 25,3 % a 59,8 %, e na entrelinha variou de 25,0 % a 59,8 %. Na linha das maiores médias de US 58,3 % e 59,8 % observadas em abril e maio, respectivamente, foram consideradas iguais entre si e diferiram estatisticamente das demais médias obtidas nos outros meses, já na entrelinha é válido ressaltar que o SAF 2 apresentou redução na US no mês de julho, período em que também houve redução nas porcentagens de cobertura de dossel, o que permite indicar que esta variável contribui para a manutenção dos níveis de US nos sistemas (Tabela 1 B).

A US no SAF 3 na Linha variou entre 20,8% (julho) a 53,8% (dezembro) e na entrelinha variou entre 20,3% (julho) a 54,5% (dezembro). Não houve diferença estatística ao comparar a linha e entrelinha de plantio em nenhum dos meses (Tabela 1 C). A mesma relação da

US com a cobertura de dossel observada no SAF 1 (2 A) pode ser observada também no SAF 3, que apresentou menor umidade do solo no mesmo mês em que a cobertura de dossel começou a diminuir (Figura 2 A e 2 C).

Desta forma, entende-se que o componente solo é de grande relevância nos SAFs, pois a superfície deste, com ou sem cobertura vegetal, é a principal responsável pela troca e armazenamento de energia térmica nos ecossistemas terrestres (CARNEIRO et al., 2013). Bem como a cobertura de dossel que influenciará na quantidade de energia solar disponível no sistema, principalmente nos estratos mais baixos do cultivo consorciado.

CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Quando avaliada a correlação entre as variáveis, o SAF 1 apresenta correlação fraca para todas as variáveis com valor de r variando entre -0,06 a 0,07 (Tabela 2), indicando que variações de CD, US e TS tem pouca influência uma sobre as outras. No SAF 2 a análise mostra que houve correlação moderada positiva entre a umidade do solo e a cobertura

de dossel ($r=0,53$), enquanto no SAF 3, encontra-se uma correlação positiva fraca para estas duas variáveis ($r=0,41$). Esses resultados indicam que a umidade do solo aumenta à medida que aumenta

a cobertura de dossel. Nesses dois sistemas os principais componentes arbóreos são Taperebá (SAF 2) e Moringa (SAF 3), que podem ter beneficiado a US.

Tabela 2. Matriz de correlação de *Pearson*.

| Variáveis solo | SAF 1 | | | SAF 2 | | | SAF 3 | | |
|----------------|--------|------------|------------|--------|------------|------------|--------|------------|------------|
| | Dossel | Temp. solo | Umid. solo | Dossel | Temp. solo | Umid. solo | Dossel | Temp. solo | Umid. Solo |
| Dossel | 1 | -0,06 | 0,07 | 1 | -0,5 | 0,53 | 1 | -0,34 | 0,41 |
| Temp. solo | -0,06 | 1 | -0,6 | -0,5 | 1 | -0,64 | -0,34 | 1 | -0,69 |
| Umidade solo | 0,07 | -0,6 | 1 | 0,53 | -0,64 | 1 | 0,41 | -0,69 | 1 |

Onde: SAF = Sistema agroflorestal, Temp. Temperatura, Umid. = Umidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A umidade do solo apresentou correlação moderada negativa com a temperatura do solo nos três sistemas avaliados com $r= -0,60$ no SAF 1, $r= -0,64$ no SAF 2 e $r= 0,69$ no SAF 3, mostrando que a temperatura, diferente do dossel não tem capacidade de influência significativa sobre esta variável nos sistemas avaliados.

CONCLUSÃO

A cobertura de dossel dentro dos sistemas avaliados pode ser

considerada, nos SAFs 2 e 3, como um fator que regula a quantidade de luz que chega no sistema, influenciando na umidade do solo, tanto na linha quanto na entrelinha. Diferente da cobertura de dossel, a temperatura do solo foi a variável que menos sofreu interferência e que menos interferiu nas demais variáveis analisadas.

Considera-se ainda que para obter respostas mais precisas sobre a relação entre a umidade do solo e cobertura morta sobre o solo seria

necessário a realização de experimentos específicos para este fim considerando que a umidade é uma variável influenciada por diversos fatores ambientais.

Para o SAF 1, recomenda-se que sejam mantidas as podas de condução no componente cumaru. No SAF 2, onde a Cobertura de Dossel não indicou diferença significativa ao longo do ano, o ideal seria a realização de desbaste na espécie Taperebá, no entanto, tal intervenção é caracterizada como um serviço oneroso, sugerindo-se assim, a inserção de espécie tolerantes à sombra para melhor aproveitamento das condições de cobertura de dossel existentes neste sistema.

No SAF 3, recomenda-se que as atividades de podas que já são realizadas na Moringa não sejam intensificadas, considerando que no período seco ela perde naturalmente as folhas, com isso a intensificação de podas pode influenciar em um possível aumento de temperatura e menor umidade no solo neste sistema.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo de pesquisa CEMI (Centro de Estudos em Manejo e Sistemas Florestais Integrados) e ao Laboratório de Sementes Florestais pelo apoio logístico para coletas e processamento dos dados. Aos agricultores familiares que permitiram que a pesquisa fosse realizada em suas propriedades e pela disposição dos mesmos na troca de conhecimentos sobre o manejo dos sistemas agroflorestais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. C. S; MAY, P. H. (Orgs.) **Gestão e governança local para a Amazônia sustentável: notas técnicas – 3**. Rio de Janeiro: IBAM, 2016. 280 p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711 - 728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AZEVEDO, A. A.; CAMPANILI, M; PEREIRA, C. **Caminhos para uma agricultura familiar sob bases ecológicas: produzindo com baixa emissão de carbono**. 2016. Disponível em: <https://www.bu.edu/gdp/files/2018/02/>

ValentimGarrett_Bookchapter_2015_Chapter4.pdf. Acesso em: 10/12/2021.

BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M. C. Correlação de variáveis espectrais e estoque de carbono da biomassa aérea de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1261-1269, 2012.

BORGES, R; BOFF, M. I. C.; MANTOVANI, A.; RADOMSKI, M. I. Efeito da cobertura do dossel no desenvolvimento e produção de compostos secundários de *Maytenus ilicifolia* e *Ilex paraguariensis* em sistemas agroflorestais. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1630-1643, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832280>

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.015 - 021. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S01013122201000400002>

CAMPOS, M. V. A.; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; FILGUEIRAS, G. C.; MARTINS, W. B. R. Dinâmica dos sistemas agroflorestais com as sinergias socioeconômicas e ambientais: caso dos cooperados nipo-paraenses da cooperativa agrícola mista de Tomé-Açu, Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e22811121000-e22811121000, 2022.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. P. R.; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B.

Estudo da temperatura do solo em dois biomas florestais nos períodos, chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.4, p.1009-1022. 2013.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. P. R.; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p. 99-108. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100013>

DEBORTOLI, N.S. **O regime de chuvas na Amazônia Meridional e sua relação com o desmatamento**, Brasília, 2013. 217 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, 2013. GUIMARÃES, T.P.; MANESCHY, R.Q.; OLIVEIRA, I.K.S.; CASTRO, A.A.; OLIVEIRA, P.D.; COSTA, K.C.G. Composição botânica na área de influência da copa de *Spondias mombin* L. disperso em pastagens no assentamento Belo Horizonte I, São Domingos do Araguaia-PA. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 4729-4739, 2021. DOI: 10.34188/bjaerv4n3-149

HENRIQUES, L. M. P.; WUNDERLE, J. M.; OREN, D. C.; WILLIG, M. R. Efeitos da exploração madeireira de baixo impacto sobre uma comunidade de aves de sub-bosque na floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil.

Revista Acta Amazonica, v. 38, n. 2, p.267-290. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000200010>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2012. 271p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de dados Meteorológicos. **Estação Meteorológica de observação convencional, Belterra, PA, Brasil**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 31 dez. 2017.

KNIES, A.E. **Temperatura e umidade de um solo franco arenoso cultivado com milho**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5512>. Acesso em: 2 dez. 2021.

MARTORANO, L. G.; SIVIERO, M. A.; TOURNE, D. C.; VIEIRA, S.; FITZJARRALD, D. R.; VETTORAZZI, C. A.; BRIENZA JÚNIOR, S.; YARED, J. A. G.; MEYERING, E.; LISBOA, L. S. S. Agricultureandforest: A sustainablestrategy in theBrazilianAmazon. *Australian Journal of Crop Science* (Online), v. 10, p. 1136-1143, 2016.

PRIMAVESI, A. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2.ed. São Paulo: Expressão Popular. 2016. 205 p.

SILVA, G. R.; PAULETTO, D.; SILVA, A. R. Dinâmica sazonal de nutrientes e

atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 63, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2020.3198>

SILVA, I. C. Estudo da capacidade de infiltração de água diante de diferentes usos do solo no município de Itapororoca/PB. *Revista Geonorte*, v.1, n.4, p.648-662. 2012.

SILVA, I.C. **Sistemas Agroflorestais: Conceitos e métodos**. Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais. Itabuna. 308p, 2013.

SUGANUMA, M. S.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L., VANZELA, A. L. L.; BENATO, T. Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. *Revista Árvore*. Viçosa, v. 32, n. 2, p. 377-385, Apr. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000200020>.