

## Capítulo 3

# Interações em consórcios agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro

Tadário Kamel de Oliveira  
Déborah Verçoza da Silva  
Daniela Popim Miqueloni  
Geisy Cavalcante Silva

### Introdução

A imagem do Brasil em relação às questões ambientais e sua contribuição com o combate às mudanças do clima podem ser beneficiadas, por meio da ampliação da área plantada com sistemas agroflorestais (SAFs) na região amazônica, e impactar de forma positiva, desde a agricultura familiar ao agronegócio no País. Assim sendo, a demanda por resultados de pesquisas e recomendações técnicas é cada vez mais crescente e necessária nos dias atuais.

A insustentabilidade da agricultura itinerante na Amazônia, associada às restrições aos desmatamentos e queimadas, e a crescente demanda por alimentos têm estimulado a busca por alternativas que permitam a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente, proporcionando maior sustentabilidade e incrementos na produtividade das culturas. Para isso, é indispensável o uso de tecnologias que aumentem a produtividade em áreas agrícolas e/ou recuperem áreas alteradas, a fim de evitar a expansão do desflorestamento e o uso do fogo.

A diversificação de espécies proposta nos SAFs possibilita interações entre os componentes e, associada à melhoria nas características químicas, físicas e biológicas dos solos, reflete

diretamente no crescimento e produtividade do sistema.

Sob a abordagem da pesquisa experimental, é desafiador realizar estudos em SAFs por métodos clássicos, muitas vezes de difícil aplicação, atendendo os critérios exigidos pelo método científico proposto. Devido à complexidade das interações nos consórcios e à influência de diversos fatores, nem sempre é possível estabelecer em campo os esquemas consolidados da estatística experimental, sejam os delineamentos em blocos casualizados ou os esquemas em fatorial ou parcelas subdivididas, aos quais se recorre sempre que possível. Para o componente solo, a geoestatística se apresenta como um método bastante adequado aos estudos de variabilidade espacial de atributos e oferece clara possibilidade para detectar as influências e interações dos componentes em relação ao solo (Vieira, 2000; Vieira et al., 2002; Grego; Vieira, 2005; Oliveira et al., 2013; Arzeno et al., 2014; Correia et al., 2014; Bernardi et al., 2017; Carvalho et al., 2017; Silva et al., 2018).

A complexidade dos sistemas integrados implica em uma concepção de pesquisa que considere tanto os efeitos dos componentes individualmente quanto de suas interações. Exatamente nesse aspecto o componente arbóreo surge como elemento modificador

dos sistemas tradicionais ou convencionais e, até o momento, ainda são presentes lacunas sobre vários aspectos.

A pesquisa nos sistemas integrados, em geral, deve abordar estudos das interações entre os componentes, considerar longa duração das investigações e ter natureza multidisciplinar (Salton et al., 2011). Outras abordagens sugeridas aos estudos em SAFs são: a sistematização das informações por meio de protocolos mínimos de avaliação; padronização das metodologias adotadas; e execução em áreas de produtores, o que permite integrar geração, validação e transferência de tecnologias.

Uma ação primordial é a identificação de sistemas de sucesso: sistematizar o conhecimento, adaptar tecnologias e validar os casos de êxito em sistema agroflorestais na Amazônia. O Projeto Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (Reca)<sup>1</sup> é um dos grandes exemplos de sucesso na implantação e estabelecimento de SAFs nessa região. Atualmente, conta com mais de mil hectares de sistemas agroflorestais, tratados sob a ótica produtiva e econômica, e os aspectos ambientais vêm de forma agregada, o que é típico de sistemas integrados, como os consórcios agroflorestais.

A implantação de sistemas agroflorestais por produtores do Reca teve início nos anos de 1989 e 1990. O modelo inicial foi composto por cupuaçuzeiro, pupunheira e castanheira (Lunz; Melo, 1998; Sá et al., 2000).

Ao analisar 25 anos de pesquisa sobre sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira, Brienza Júnior et al. (2009) observaram que o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) está presente em

42% dos estudos publicados, seguido da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) com 33% e da castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) com 32%. Conforme mencionado no capítulo Caracterização e Classificação de Sistemas Agroflorestais em Nova Califórnia, Rondônia, outros autores também indicaram essas frutíferas como as de maior ocorrência em SAFs na região. No ramal Baixa Verde, uma das vias secundárias de acesso às áreas de produtores do Reca, as espécies de maior frequência nos consórcios são, nesta ordem: pupunheira, cupuaçuzeiro, andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), castanheira, açazeiro (*Euterpe precatoria* Mart.) e copaíba (*Copaifera* sp.) (Silva, 2018).

A importância do cupuaçuzeiro e pupunheira para o Reca vai além da ocorrência nos consórcios.

Em 2021, os sistemas agroflorestais do Reca produziram mais de 1,8 milhão de quilos de fruto (recebidos na fábrica), o que gerou mais de 500 toneladas de polpa. A estimativa da produção de “manteiga” (gordura vegetal) de cupuaçu foi de 60 toneladas. E quanto ao palmito, esse foi um ano de baixa produção, 27 toneladas de palmito envazado (aproximadamente 160 mil hastes processadas na agroindústria), em comparação com safras passadas, quando já se alcançou produção de 90 toneladas de palmito envazado (Fábio Vailatti, vice-diretor presidente do Reca em 2021).

Diante da diversidade de modelos, número de espécies e interações, visando à investigação dos fatores de forma a gerar resultados confiáveis, os consórcios com número reduzido de espécies se apresentam, a princípio, mais adequados, especialmente aqueles com cupuaçuzeiro e pupunheira, dada sua representatividade nos sistemas agroflorestais do Projeto Reca. As interações estão associadas não apenas ao componente, mas também à sua localização espacial em relação aos demais. Porém, comumente os

<sup>1</sup> Disponível em: [www.projettoreca.com.br](http://www.projettoreca.com.br).

métodos clássicos de avaliação dos consórcios agroflorestais não consideram a espacialidade das interações e sim os valores médios como referência.

De acordo com a espécie, tipo de sistema radicular, arquitetura e tamanho de copa, as plantas consorciadas com o cupuaçuzeiro irão afetar seu crescimento e desenvolvimento, seja devido ao nível de sombreamento ou pela competição por outros recursos, como nutrientes e água. Diversos autores (Rao et al., 1997; Schroth et al., 2001) indicaram ações importantes nos estudos das interações biofísicas em SAFs: a) explorar a diversidade que existe dentro e entre espécies de árvores; b) analisar padrões temporais e espaciais da disponibilidade de água e nutrientes dentro de um sistema; c) avaliar formas de estabelecimento e arranjos de plantio; d) melhorar a compreensão de interações no solo; e) avaliar as implicações ambientais dos SAFs; e f) “desenvolver e validar práticas de manejo dos componentes agroflorestais para a máxima complementaridade do uso dos recursos no espaço e no tempo, visando à maximização dos benefícios”.

Este capítulo objetivou apresentar resultados de pesquisas realizadas em consórcios agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, as quais destacam as interações com o solo, a luminosidade e as interações entre os componentes dos sistemas, sejam árvores ou espécies de palmáceas. As informações sobre as interações entre as espécies e destas com o solo permitem gerar recomendações técnicas práticas e consistentes para planejamento, implantação e manejo adequados de consórcios agroflorestais.

## Descrição dos sistemas analisados

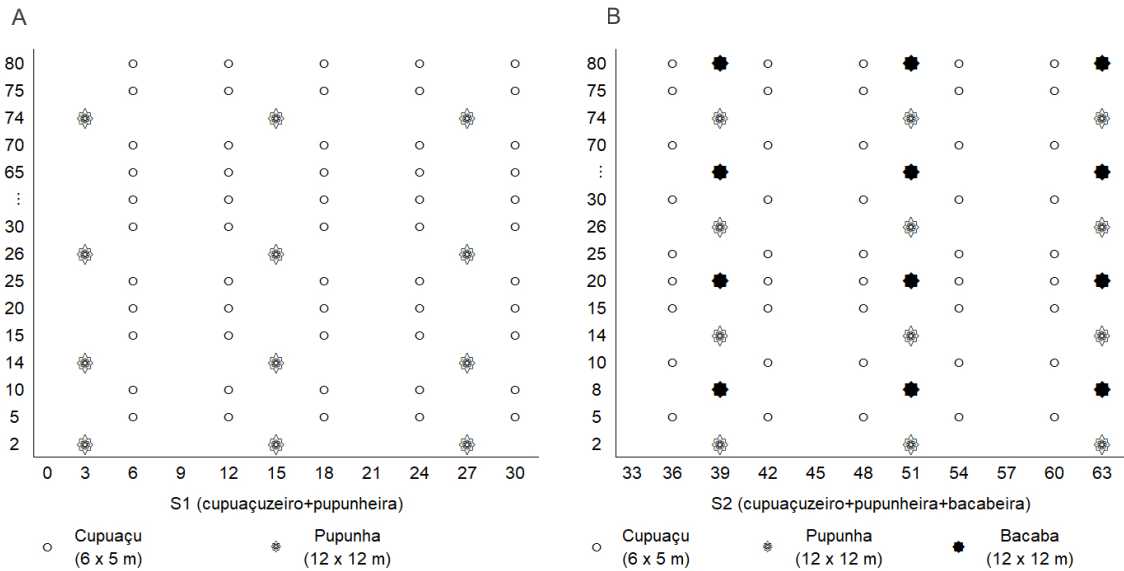
Os consórcios agroflorestais implantados em 2006 foram avaliados aos 11 anos de idade (Figura 3.1). O estudo foi realizado em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico plíntico, em dois consórcios: S1 – com as espécies cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) e pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth); e S2 – com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (*Oenocarpus mapora* H. Karsten) no arranjo. O espaçamento utilizado e número de plantas por hectare foram: cupuaçuzeiro 6 m x 5 m, com 333 plantas por hectare; pupunheira 12 m x 12 m, com 69 plantas por hectare; bacabeira 12 m x 12 m, com 69 plantas por hectare (Figura 3.2). Considerando a heterogeneidade dos indivíduos nos SAFs, observou-se que dentro dos sistemas havia diferença quanto ao tamanho das copas das pupunheiras e bacabeiras. Diante disso, fez-se uma caracterização das áreas de copa nos consórcios e do crescimento das palmáceas e estabeleceram-se quadrantes distintos de acordo com tal diferença (Tabela 3.1).

Antes da implantação dos SAFs o tipo de uso da terra era pastagem mais capoeira. Para o plantio das espécies consorciadas foram realizados o preparo da área para limpeza do terreno, por meio de destoca com trator, gradagem, catação de raízes e posterior nivelamento com grade. Não foi realizada correção ou fertilização do solo.

Foto: Tadário Kamel de Oliveira



**Figura 3.1.** Consórcio cupuaçuzeiro x pupunheira, aos 11 anos de idade, no distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.



**Figura 3.2.** Representação do arranjo espacial de consórcios agroflorestais com cupuaçuzeiro e pupunheira (A) e cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (B) no Projeto Reça, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

**Tabela 3.1.** Caracterização dos consórcios agroflorestais com diferentes áreas de cobertura de copa no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

Consórcio	Cobertura de copa <sup>(1)</sup>	
	20%	20%–45%
Cupuaçuzeiro + pupunheira: S1	S1A1	S1A2
Cupuaçuzeiro + pupunheira + bacabeira: S2	S2A1	S2A2

<sup>(1)</sup> Área de copa das palmáceas com 20% de cobertura (A1), área de copa das palmáceas de 20%–45% de cobertura (A2).

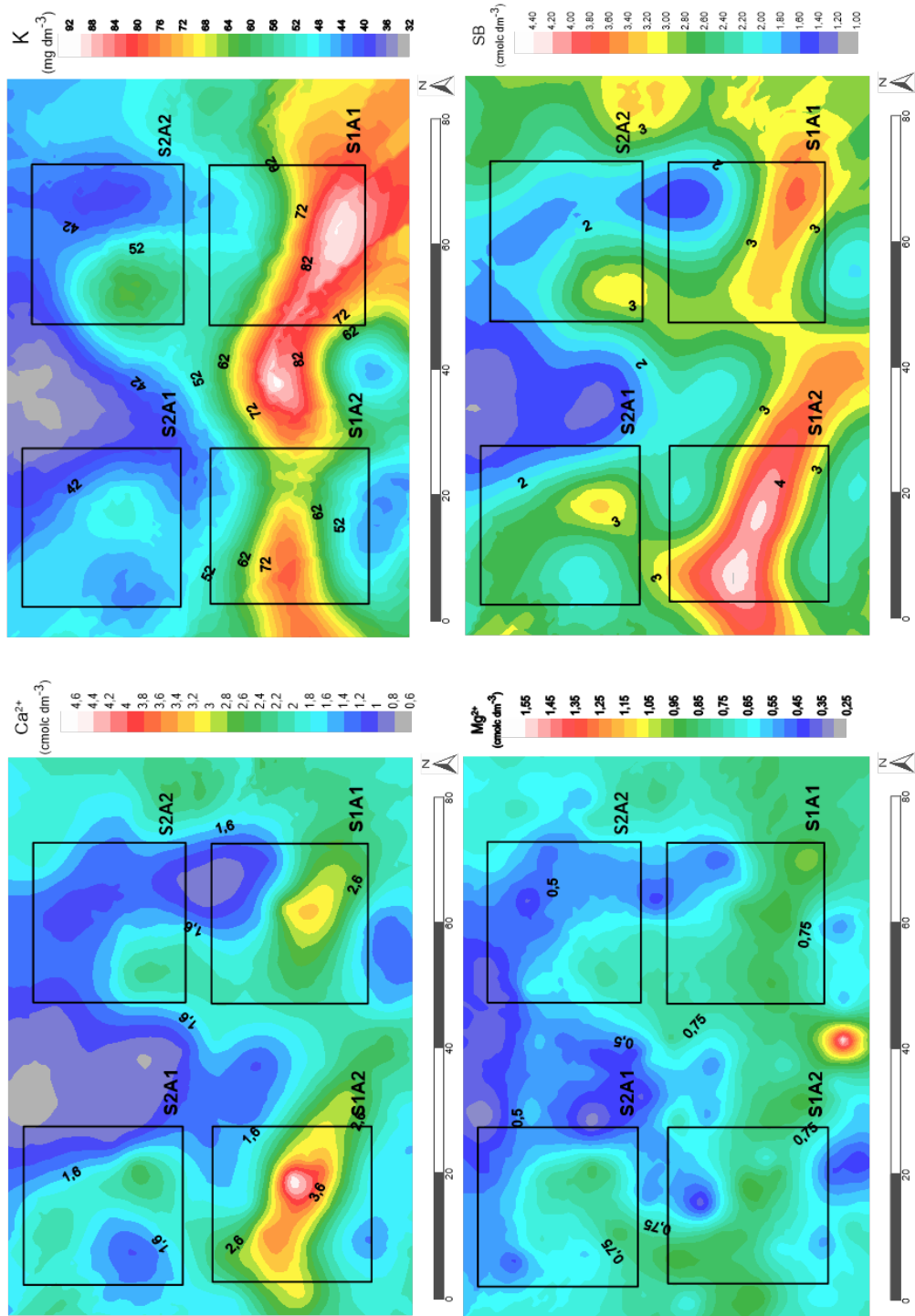
Desde a implantação, as atividades de manejo realizadas nos consórcios foram: poda de manutenção, uma vez por ano; poda de limpeza, para remoção de partes das plantas com sintomas da doença vassoura de bruxa (*Crinipellis pernicioso*); e catação manual de frutos com sintomas de ataque da broca dos frutos (*Conotrachellus humeropictus*). Foram realizadas avaliações dos atributos químicos e teor de argila do solo (0 cm–20 cm de profundidade) e luminosidade dos consórcios agroflorestais. O cupuaçuzeiro como espécie principal do sistema também foi avaliado quanto à produção de frutos.

## Variações de atributos do solo nos consórcios

As análises de variabilidade espacial de atributos do solo por meio de geoestatística e por análises de variância comprovaram a interação significativa entre os consórcios de cupuaçuzeiro com pupunheira e bacabeira e entre as áreas de copa (Figura 3.3). Os atributos do solo foram bastante influenciados pela inserção de mais uma palmácea no sistema, nesse caso a bacabeira. Os teores das bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ), capacidade de troca de cátions (CTC) e matéria orgânica (MO) foram superiores no sistema com duas espécies (cupuaçuzeiro x pupunheira) (Tabela 3.2).

Os valores observados para  $\text{Ca}^{2+}$  variaram entre  $0,84 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $4,09 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo os maiores localizados no S1A2 (cupuaçuzeiro e pupunheira com cobertura de copa de 20%–45%) (Figura 3.3). De modo geral, nota-se que grande parte da área (72%) apresenta valores entre  $1,21 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , faixa considerada como mediana para quantidade desse nutriente (Venegas et al., 1999). As folhas do cupuaçuzeiro são ricas em cálcio, contribuindo para o aumento do nutriente no solo (Locatelli et al., 2001). O cupuaçuzeiro apresenta frequente deposição de serapilheira e alta eficiência na ciclagem de P, K e Ca, o que contribui para resultados intermediários, mesmo em áreas sem manejo de adubação (Corrêa, 2005).

Em geral, a maior parte da área apresenta teores de  $\text{Mg}^{2+}$  variando entre  $0,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $1,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , valores considerados médios a altos (Venegas et al., 1999). Apesar da pouca variação, observa-se que no S1 existe maior disponibilidade desse nutriente. O consórcio de cupuaçuzeiro e pupunheira apresentou maior resultado para magnésio, com  $0,74 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  contra  $0,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  da área com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2) (Tabela 3.2).



**Figura 3.3.** Variabilidade espacial dos teores de cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), potássio (K) e soma de bases (SB) no solo (0 cm–20 cm), em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de cobertura de copas no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

Fonte: Adaptado de Silva (2018).

**Tabela 3.2.** Teores de potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e teor de matéria orgânica do solo (MO) (0 cm–20 cm) em consórcios agroflorestais no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

	$K^+$ ( $mg\ dm^{-3}$ )	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$ ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	SB	CTC	MO (%)
S1 <sup>(1)</sup>	62,46 a	2,22 a	0,74 a	2,91 a	4,67 a	2,24 a
S2	45,39 b	1,55 b	0,60 b	2,34 b	4,01 b	1,97 b
CV1	18,11	33,10	17,62	21,71	6,21	8,84
CV2	14,63	25,79	17,39	18,19	3,55	7,40

<sup>(1)</sup> Consórcio com cupuaçuzeiro e pupunheira (S1), consórcio com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2), coeficiente de variação (CV).

Para cada variável, médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: Adaptado de Silva (2018).

Quanto ao potássio, houve variação nos valores entre  $33,68\ mg\ dm^{-3}$  e  $89,29\ mg\ dm^{-3}$  na área estudada. O contraste na variabilidade espacial para esse nutriente constata-se pelas diferenças entre S1 (cupuaçuzeiro e pupunheira) e S2 (cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira), tendo o primeiro consórcio maior disponibilidade de K (Figura 3.3 e Tabela 3.2). A densidade de indivíduos entre os SAFs, provavelmente, é um dos fatores que acentua a diferença nas características químicas entre os solos, uma vez que no S2, com maior número de plantas devido à presença da bacabeira, há maior demanda e absorção de nutrientes.

Os valores obtidos para K tanto no S1 quanto no S2 ( $45,39\ mg\ dm^{-3}$ ) são classificados como médios (Venegas et al., 1999). O valor mínimo de  $40\ mg\ dm^{-3}$  de K no solo é uma referência para que não haja prejuízo na produção de frutos (Figueiredo et al., 2000a). O potássio é o segundo nutriente encontrado em maior quantidade nas folhas de cupuaçuzeiro (Figueiredo et al., 2000a; Oliveira; Oliveira,

2004; Ayres; Alfaia, 2007). Considerando-se que essa espécie é responsável pela maior parte da deposição de resíduos nos consórcios avaliados, pode-se dizer que a matéria orgânica é a principal fonte desse elemento nos sistemas agroflorestais estudados.

Quanto à soma de bases (SB), observam-se manchas bem definidas dos diferentes valores encontrados na área (Figura 3.3), com picos no S1. Essa diferença entre os SAFs para os resultados de SB foi significativa independente da área de copa, com superioridade do consórcio de cupuaçuzeiro com pupunheira. Como visto anteriormente, o S1 foi superior ao S2 nos teores de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , o que explica diretamente o resultado para SB. Amaral et al. (2000) observaram em Argissolos Vermelho-Amarelos em Nova Califórnia valores de SB variando entre  $0,94\ cmol_c\ dm^{-3}$  e  $3,75\ cmol_c\ dm^{-3}$ , com os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  contribuindo com mais de 80% desse valor. Em ambos os SAFs avaliados a contribuição desses nutrientes para a soma de bases foi maior que 90%.

Seguindo o comportamento da SB, a capacidade de troca catiônica (CTC) no consórcio com a presença de bacabeira (S2) ( $4,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) foi estatisticamente inferior que a do S1 ( $4,67 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (Tabela 3.2). Em solos sob condições tropicais a caulinita e os óxidos de ferro e alumínio são importantes componentes da fração mineral, podendo contribuir pouco para a capacidade de troca de cátions, enquanto a matéria orgânica pode representar mais de 80% do valor total da CTC (Ronquim, 2010). Observando o mapa de isolinhas (Figura 3.4) nota-se uma grande área no S1 (cupuaçuzeiro com pupunheira) com os valores mais elevados de CTC ( $4,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ – $5,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), contrastando com os resultados obtidos para o S2. Possivelmente, a diferença observada entre os consórcios está associada à quantidade de matéria orgânica no solo, além de que no S2 há mais um componente extraíndo nutrientes, a bacabeira.

Os valores para MO variaram entre 1,74% e 2,84%, com os maiores resultados no S1 (Figura 3.4). A análise de variância confirmou essa diferença na quantidade de MO disponível na área (Tabela 3.2). O S2 (1,97%) foi inferior estatisticamente ao S1 (2,24%). Por meio dos valores obtidos para MO é possível compreender os resultados para outras variáveis. Além de aumentar a CTC, a matéria orgânica contribui para redução das perdas de potássio por lixiviação (Werle et al., 2008).

A diferença nos teores de MO entre os SAFs embasa os resultados das demais variáveis, que indicaram atributos químicos edáficos superiores no S1. Devido à capacidade de influenciar os teores de nutrientes e elementos tóxicos no solo, possivelmente, a MO foi uma das responsáveis pelas diferenças observadas.

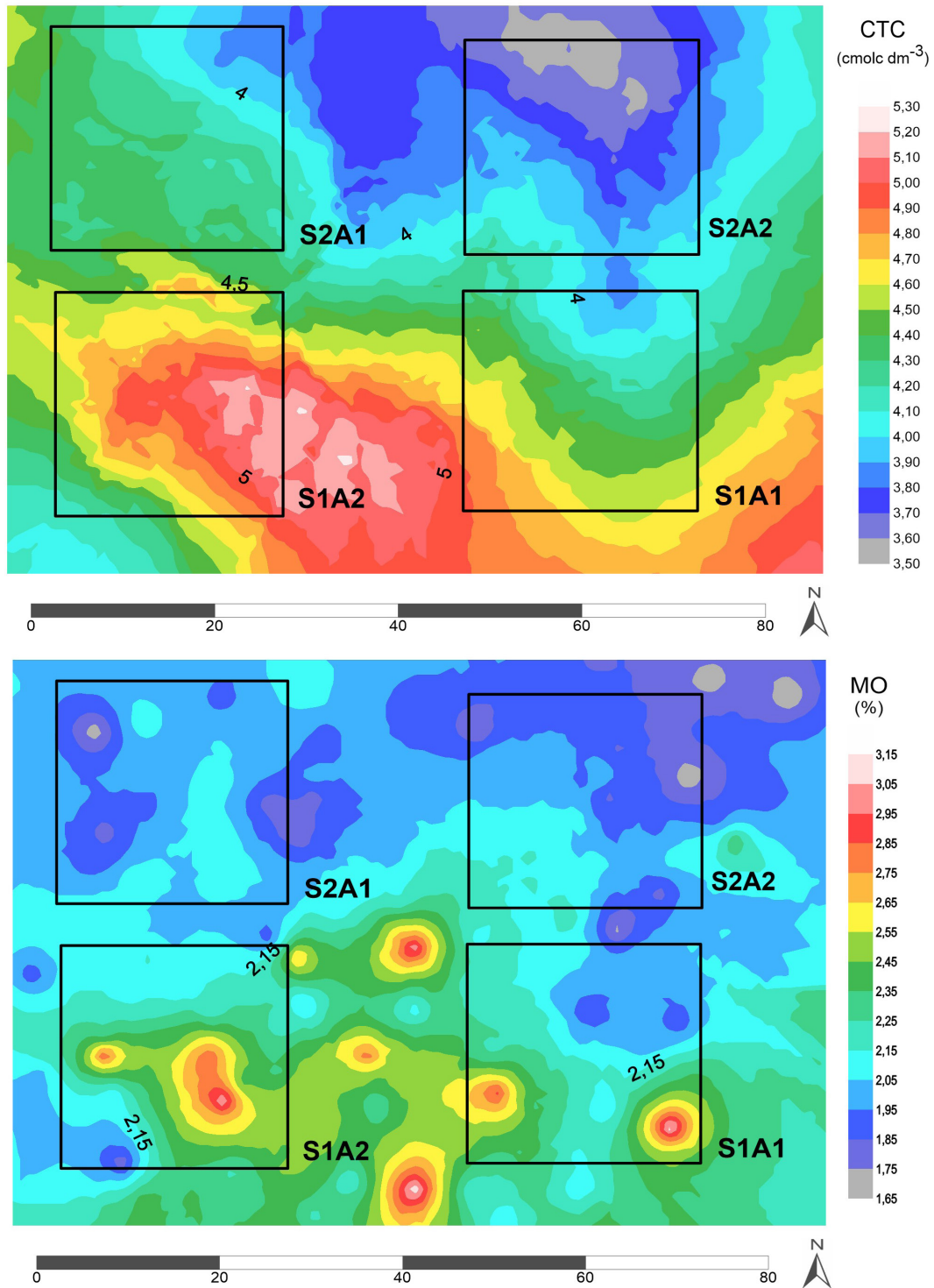
Os SAFs contribuem com o maior aporte de resíduos, facilitando a manutenção da matéria orgânica do solo, tornando o sistema

menos dependente de insumos externos e fortalecendo a sustentabilidade da atividade, demonstrando ser uma opção viável tanto para a produção de alimentos quanto para ganhos ambientais. Entretanto, em sistemas agroflorestais de 20 anos com castanheira, cupuaçuzeiro e pupunheira, Butzke et al. (2020) verificaram que os valores de cálcio, magnésio, potássio, soma de bases e CTC do solo diminuíram em relação ao período de estabelecimento, por volta de 4 a 7 anos após a implantação. Os resultados indicaram necessidade de enriquecimento do arranjo com espécies adubadoras ou árvores de “serviço” e adubação orgânica ou mineral suplementar para manutenção dos níveis de nutrientes e da produtividade ao longo do tempo.

No caso do cupuaçuzeiro, adaptado às condições de clima e solo amazônicos, o fato de em alguns casos haver declínio de determinados atributos do solo com o tempo pode não refletir em quedas de produtividade. Conforme afirmaram Schroth et al. (2001), a sensibilidade de uma espécie de cultura à redução da fertilidade do solo é um fator que determina se, ou em que estágio, o declínio da fertilidade causa insustentabilidade. De qualquer forma, o monitoramento da fertilidade e práticas de correção e adubação (seja mineral ou orgânica) são recomendadas.

O maior número de indivíduos no sistema com cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2) contribuiu para as diferenças observadas nos teores de nutrientes no solo, uma vez que ocorreu o aumento do dreno de nutrientes sem o aumento da fonte (Silva, 2018). Em consórcios agroflorestais com pupunheira e cupuaçuzeiro os teores de nutrientes, matéria orgânica e outros atributos do solo tendem a ser maiores do que nos sistemas que incluem a mesma densidade de bacabeiras como componente adicional.





**Figura 3.4.** Variabilidade espacial da capacidade de troca catiônica (CTC) e matéria orgânica (MO) no solo (0 cm–20 cm) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

Fonte: Adaptado de Silva (2018).

## Desempenho produtivo do cupuaçuzeiro sob diferentes condições de cultivo

Em termos de produtividade, o número de frutos foi superior estatisticamente no S1A2 (33,64 frutos por planta) e no S2A1 (36,68 frutos por planta). O mesmo foi observado para massa média de frutos por planta, que apresentou 40,20 kg por planta no S1A2 e 38,80 kg por planta no S2A1 (Tabela 3.3).

O fato da fertilidade do solo ser maior no consórcio cupuaçuzeiro x pupunheira pode explicar a maior produção, especialmente em se tratando dos teores de  $K^+$  (Figura 3.3). No entanto, destaca-se que no S1A1 a produção foi menor. Ayres e Alfaia (2007), em estudo sobre os efeitos da adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais, observaram incremento de 56% no número de frutos produzido por planta com a dose de 80 kg de  $K_2O\ ha^{-1}$  e concluíram que o fornecimento desse nutriente aumenta a produtividade dessa frutífera.

**Tabela 3.3.** Valores de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), número médio de frutos (NMF), massa média de frutos (MMF) e produção total do cupuaçuzeiro na safra 2017, em sistemas agroflorestais no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

	A1 <sup>(1)</sup>	A2	CV (%)
PAR ( $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ )			
S1 <sup>(2)</sup>	591,50 Aa	278,12 Ab	60,24
S2	244,47 Ba	190,19 Bb	59,75
Número médio de frutos por planta			
S1	23,96 Bb	33,64 Aa	60,13
S2	36,68 Aa	21,64 Bb	57,85
Massa média de frutos (quilograma por planta)			
S1	24,67 Bb	40,20 Aa	65,71
S2	38,80 Aa	22,93 Bb	55,30
Produção total			
Número de frutos por subparcela de 25 plantas <sup>(3)</sup>			
S1	599	841	
S2	917	541	
Quilograma por subparcela de 25 plantas <sup>(3)</sup>			
S1	616,75	1.005,02	
S2	970,10	573,35	

<sup>(1)</sup> Área de copa das palmáceas com 20% de cobertura (A1), área de copa das palmáceas de 20%–45% de cobertura (A2), coeficiente de variação (CV).

<sup>(2)</sup> Consórcio cupuaçuzeiro e pupunheira (S1), consórcio cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira (S2).

<sup>(3)</sup> Somatório da produção de todas as plantas em cada subparcela dos diferentes sistemas e áreas de copa (safra 2017).

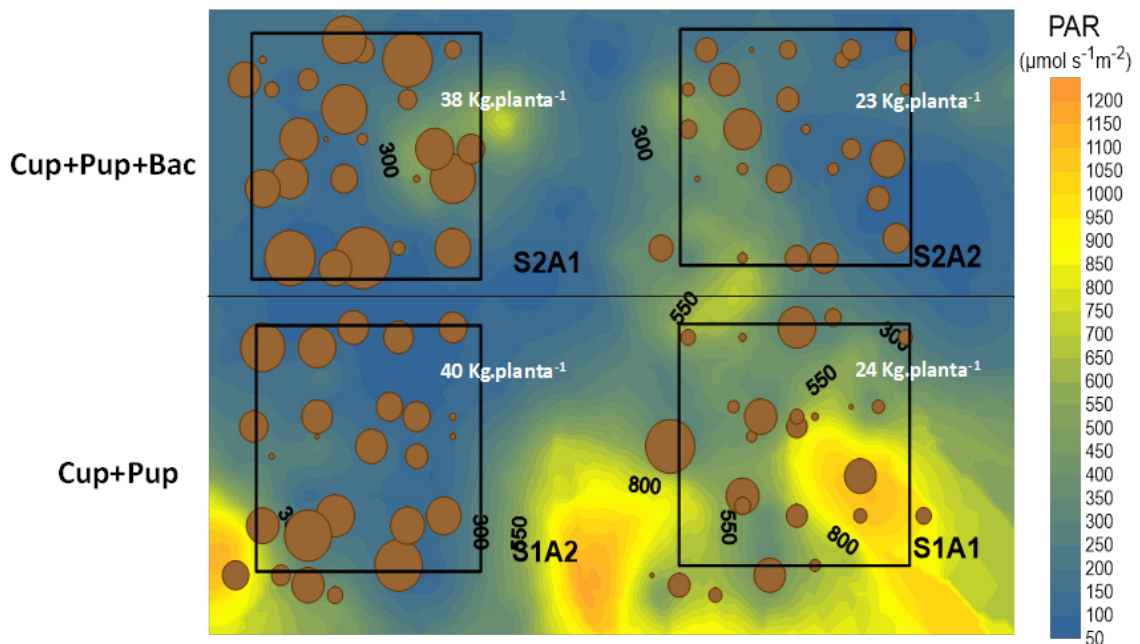
Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: Adaptado de Silva (2018).

Mesmo com fertilidade do solo menor, o quadrante com cobertura de copa da pupunha e bacaba de 20% (S2A1) apresentou produtividade estatisticamente igual ao sistema cupuaçuzeiro x pupunheira (S1A2) (Tabela 3.3). Para essa análise deve-se considerar outro fator extremamente relevante na produção vegetal, a luminosidade. Nota-se que a intensidade luminosa teve grande influência para essas variáveis de produção, pois apesar do S2 (cupuaçuzeiro, pupunheira e bacabeira) apresentar atributos químicos do solo inferiores ao S1, as produtividades foram próximas em determinados quadrantes da área (Figura 3.5). Tanto no S1A2 quanto no S2A1 a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) apresentou valores intermediários

(Tabela 3.3), com  $278,1 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (S1A2) e  $244,5 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (S2A1).

Ao relacionar os dados de produtividade e luminosidade (Figura 3.5) dos outros dois quadrantes na área, têm-se menores valores de número e massa de frutos nos extremos de luminosidade, com o mais elevado de  $591,50 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (S1A1) e o inferior de  $190,19 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  (S2A2). Diante desses resultados, nota-se que os extremos de luminosidade (elevada no S1A1 e baixa no S2A2) são menos indicados para o cupuaçuzeiro, pois implicaram em produtividades de 22 kg a 24 kg por planta, enquanto sob condições de luminosidade intermediária a produtividade foi de 38 kg a 40 kg por planta, uma variação de 57% a 63% de produção a mais.



**Figura 3.5.** Representação da estrutura espacial da massa de frutos por planta de cupuaçu e luminosidade (PAR:  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ) em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

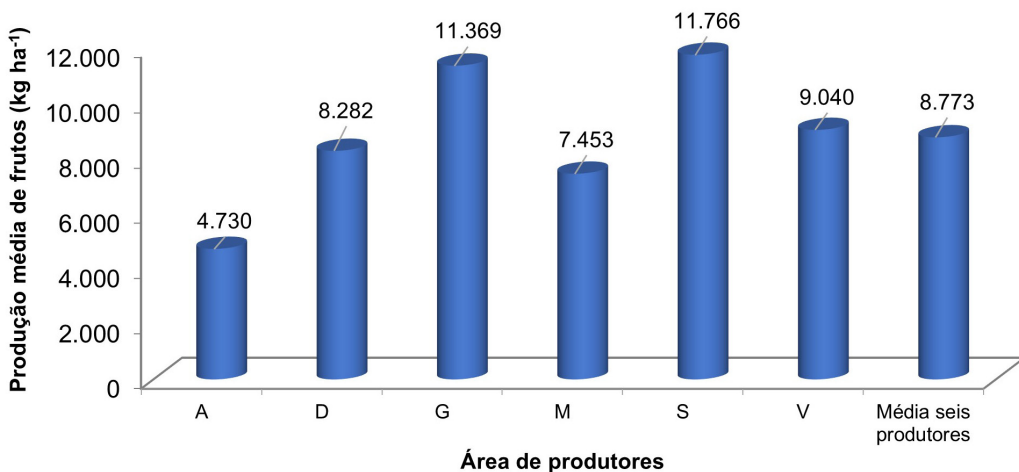
Fonte: Adaptado de Silva (2018).

Bernardes et al. (2009) mencionaram diversos trabalhos com cafeeiro, pupunheira, cana, açazeiro, seringueira, feijoeiro, milho e soja, em que a intensidade da radiação ou do sombreamento era o principal fator que determinava o crescimento e a produção da cultura. Em condições de luminosidade moderada o cupuaçuzeiro expressa a sua maior produtividade.

Em geral, a produtividade obtida foi satisfatória, principalmente considerando que não houve adubação dessas plantas nos sistemas. Esses resultados são superiores aos citados por Venturieri et al. (1993), os quais sugeriram que o manejo e fertilização adequados podem aumentar a produtividade para 20 a 30 frutos por planta e 20,1 kg a 29,9 kg por planta, em cupuaçuzeiros de 7 anos. Em plantas de 5 anos de idade, Figueiredo et al. (2000b) obtiveram 14,28 frutos por planta e 14,37 kg por planta. Bastos et al. (2016) obtiveram em SAFs de 8 anos de idade em Tomé-Açu, PA, produção média de frutos de 8,35 kg por planta.

Além da adubação, observa-se correlação entre idade e produtividade. Araújo et al. (2007) citam que as plantas de cupuaçuzeiro iniciam a produção aos 3 anos após o plantio e alcançam a estabilidade aos 9 anos, com declínio a partir dos 18 anos. Com aplicação de NPK (60 kg de N ha<sup>-1</sup>; 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>; 160 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, respectivamente) em monocultivo de cupuaçuzeiro com 10 anos de idade, Alfaia e Ayres (2004) obtiveram 21,5 frutos por planta com massa de 21,14 kg por planta.

De acordo com a média de produção de três safras, em áreas de seis produtores do Projeto Reca (Figura 3.6), existe grande variação no desempenho produtivo da cultura do cupuaçuzeiro, seja pela densidade de plantas que atingiram a fase produtiva, seja pelas condições de cultivo. Os dados expressos na Figura 3.6 representam produtividades de 16,7 kg até 33,7 kg por planta, o que demonstra o quanto o potencial de produção da cultura pode ser mais bem aproveitado.



**Figura 3.6.** Produção média de cupuaçuzeiro em três safras de seis áreas de produtores do Projeto Reca, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

Fonte: Alexsandro Queiroz dos Santos, coordenador-presidente do Projeto Reca (2016–2019).

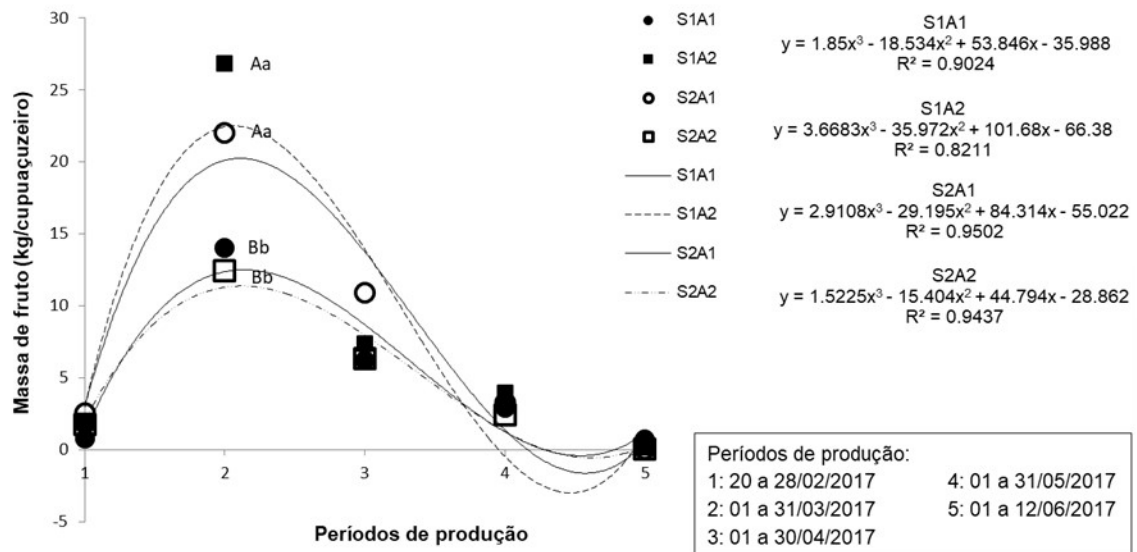
O comportamento da produção ao longo de todo o período da safra 2017 (Figura 3.7) demonstrou que o mês de março foi o mais produtivo e representou de 55,8% a 63% da produção anual. Ainda nesse mês, a superioridade das áreas com luminosidade moderada (S1A2 e S2A1) foi expressa pela produção de 22 kg e 26 kg por planta, respectivamente, enquanto nas outras duas áreas foram produzidos de 12 kg a 14 kg por planta.

Em SAFs no Projeto Reça, Silva (2019) também observou que 52,3% do número total de frutos de cupuaçu produzidos na safra se concentrou no mês de março. Esse comportamento é típico do cupuaçuzeiro, com o pico da produção entre fevereiro e março (Gondim et al., 2001) e a presença de frutos temporões em junho e até mesmo julho (Müller et al., 1995; Venturieri et al., 1993).

Nos sistemas agroflorestais,

os parâmetros das árvores, como arquitetura da copa, fenologia, comportamento decíduo das folhas, entre outros, podem determinar a intensidade da competição ou complementaridade com as culturas e com outras árvores (Bernardes et al., 2009, p. 461).

Em trabalhos de Silva (2019), a interação do cupuaçuzeiro cultivado na mesma linha de plantio com pupunha, andiroba e copaíba mostrou que a espécie arbórea em consórcio pode influenciar o desempenho produtivo. No consórcio com 32 pupunheiras por hectare, o número total de frutos foi semelhante nas linhas da copaíba (24 frutos por planta) e da andiroba (23 frutos por planta). Já na linha das pupunheiras esse número foi menor, com média de 17 frutos por planta.



**Figura 3.7.** Comportamento produtivo do cupuaçuzeiro ao longo da safra 2017 em consórcios agroflorestais com diferentes áreas de copas no ramal Baixa Verde, distrito de Nova Califórnia, município de Porto Velho, Rondônia.

Fonte: Silva (2018).

Em outro módulo, com o dobro de pupunheiras por hectare, em ambiente de maior competição, a massa média dos frutos de cupuaçu foi menor que 1 kg nas linhas com andiroba, entretanto o número de frutos foi superior, próximo de 2,5 vezes o que se produziu nas linhas com pupunheira. Esse fato implicou na massa total de frutos por planta acima de 32 kg nas linhas com andiroba, equivalente a 68,5% maior que os valores médios de produção das linhas com pupunha e copaíba (Silva, 2019).

Embora o desempenho do cupuaçuzeiro tenha sido melhor nas linhas com andiroba, por meio do maior espaçamento e práticas como desrama, é possível que se alcancem produtividades satisfatórias também com a copaíba, mesmo sendo cultivados na mesma linha, devido a alterações promovidas na arquitetura das copas. De acordo com Schroth et al. (2001), dependendo das condições do local, é possível que até mesmo a substituição de árvores de “serviço” por árvores madeireiras de rápido crescimento leve a problemas de competição por nutrientes e água, que podem ser amenizados por arranjos de plantio adequados. Em relação a podas e desramas, como demonstrado por Blaser-Hart et al. (2021), para a cultura do cacau, árvores de sombra com copas elevadas têm grandes efeitos positivos sobre a produtividade, enquanto árvores de sombra com copas baixas apresentaram maiores reduções na entrada de luz, o que foi associado a um menor rendimento.

No caso da pupunheira, Silva (2019) observou que o cupuaçuzeiro cultivado na mesma linha produz menos, aproximadamente 60% da produção do cupuaçuzeiro cultivado nas entrelinhas dessa palmeira, a pelo menos 6 m de distância. Esses resultados comprovam relatos de produtores do Reça, registrados por Lunz e Melo (1998), que observaram

efeitos negativos da pupunheira sobre a produção do cupuaçuzeiro e diferença visível no desempenho de plantas que crescem nas mesmas linhas de plantio intercaladas com a palmeira. Outros autores como Gama (2003), em avaliação produtiva de 13 safras do cupuaçuzeiro, também observaram que a pupunheira foi a espécie que mais afetou negativamente a cultura do cupuaçu e outras a ela associadas, como a banana e a pimenta-do-reino.

Em geral, além do fator genético, a produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais é influenciada pela densidade e arranjo de plantio, espécies consorciadas, tipo de solo e manejo da cultura (incluindo adubações, podas e controle fitossanitário). Por meio da combinação adequada desses fatores, podem-se evitar possíveis prejuízos e obter melhores rendimentos do cupuaçuzeiro nos sistemas agroflorestais.

## Referências

- ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. C. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem semente, na região da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 320-325, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000200033>.
- AMARAL, E. F.; MELO, A. W. F.; OLIVEIRA, T. K. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos da região de inserção do Projeto Reça, estados de Rondônia, Acre e Amazonas**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2000. 40 p. (Embrapa Acre. Boletim de pesquisa, 27). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/498493>. Acesso em: 14 out. 2022.
- ARAÚJO, A. C.; RAMOS, J. V.; FRAIFE FILHO, G. A.; ARAÚJO, L. V.; MIDDLEJ, R. R. A cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) como alternativa de diversificação da região produtora de cacau da Bahia: um estudo de viabilidade financeira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina. **Conhecimento para a Agricultura do Futuro**: anais. Brasília, DF: SOBER, 2007.

ARZENO, J. L.; VIEIRA, S. R.; SIQUEIRA, G. M.; O. GUEDES FILHO. Variabilidade espacial da resistência à penetração na superfície do solo em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 343-352, jul./set. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i3a3505>.

AYRES, M. I.; ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 957-963, jul. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000700007>.

BASTOS, A. J. R.; TEIXEIRA, A. L.; RODRIGUES, J. D. B.; FERNANDES, J. R. Q.; ALVES. Avaliações da produção de frutos e da ocorrência de “vassoura de bruxa” em híbridos de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) em três ambientes de cultivo no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24., São Luís. **Anais...** São Luís: SBF, 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1060850>. Acesso em: 24 nov. 2022.

BERNARDES, M. S.; PINTO, L. F. G.; RIGHI, C. A. Interações biofísicas em sistemas agroflorestais. In: PORRO, R. (ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 453-476.

BERNARDI, A. C. de C.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Spatial variability of vegetation index and soil properties in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 8, p. 513-518, ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n8p513-518>.

BLASER-HART, W. J.; HART, S. P.; OPPONG, J.; KYEREH, D.; YEBOAH, E.; SIX, J. The effectiveness of cocoa agroforests depends on shade-tree canopy height. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 322, 107676, Dec. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107676>.

BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R. Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M. B. Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira: análise de 25 anos de pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 67-76, dez. 2009. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/660158>. Acesso em: 14 out. 2022.

BUTZKE, A. G.; OLIVEIRA, T. K. de; PAULA, A. E. B. de; FIUZA, S. da S. Fertilidade e carbono orgânico do solo em sistemas agroflorestais de duas décadas compostos de castanheira, cupuaçuzeiro e pupunheira na Amazônia Ocidental. **Científica**, v. 48, n. 2, p. 160-169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2020v48n2p160-169>.

CARVALHO, J. C. B.; ESPIDONLA, C. R.; ALVES, M. C.; GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Spatial analysis of soil physical attributes from a degraded area under different types of management. **African Journal of**

**Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 9, p. 486-498, Sept. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJEST2016.2256>.

CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil**. 2005. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CORREIA, M. D.; MENEZES, R. S. C.; OLINDA, R. A. de. Modelagem geoestatística da distribuição de carbono do solo e biomassa de herbáceas em sistema silvopastoril na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 31, n. 2, p. 116-129, maio/jul. 2014.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum) em um sistema agroflorestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. **Sistemas agroflorestais: manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural: resumos expandidos**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000a. p. 48-50. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/670591>. Acesso em: 14 out. 2022.

FIGUEIREDO, N. N.; MACÊDO, J. L. V.; CRAVO, M. S. Efeito de níveis de adubação na fertilidade do solo e na produção do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em um sistema agroflorestal na Amazônia Central. **Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1-2, p. 61-70, jan./dez. 2000b. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/678467>. Acesso em: 14 out. 2022.

GAMA, M. de M. B. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais 2003 em Machadinho d'Oeste, Rondônia**. 2003. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/9221>. Acesso em: 14 out. 2022.

GONDIM, T. M. S.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. J. B.; SOUZA, J. M. L. **Aspectos da produção do cupuaçu**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 43 p. (Embrapa Acre. Documentos, 67). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/498481>. Acesso em: 14 out. 2022.

GREGO, R. G.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 169-177, abr. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000200002>.

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, R. C. **Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 17 p. (Embrapa Rondônia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 1). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/703754>. Acesso em: 14 out. 2022.

LUNZ, A. M. P.; MELO, A. W. F. de. **Monitoramento e avaliação dos principais desenhos de sistemas agroflorestais multiestratos do projeto RECA**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 1998. 4 p. (Embrapa Acre. Pesquisa em andamento, 134). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/492881>. Acesso em: 14 out. 2022.

MÜLLER, C. H.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; NASCIMENTO, W. M. O. do; GALVÃO, E. U. P.; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. de B.; RODRIGUES, J. E. L. F.; CARVALHO, J. E. V. de; NUNES, A. M. L.; NAZARÉ, R. F. R. de; BARBOSA, W. C. A. **A cultura do cupuaçu**. Brasília, DF: Embrapa SPI, 1995. 61 p. (Coleção plantar, 24).

OLIVEIRA, I. A. de; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E. de; MARQUES JÚNIOR J.; NASCIMENTO, E. P. do. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1103-1112, jul./ago. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400027>.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1063-1068, dez. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600015>.

RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 3-50, July 1997. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1005971525590>.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 8). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/882598>. Acesso em: 14 out. 2022.

SÁ, C. P. de; SANTOS, J. C. dos; LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Análise financeira e institucional dos três principais sistemas agroflorestais adotados pelos produtores do Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA). In: CONGRESSO MUNDIAL DE SOCIOLOGIA RURAL, 10.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 38., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Unicamp; Brasília, DF: SOBER, 2000. p. 1-11. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/503007>. Acesso em: 14 out. 2022.

SALTON, J. C.; GODINHO, V. de P. C.; SANTOS, H. P. dos; RIBASKI, J.; WUNSCH, J. A.; NICODEMO, M. L. F.; RANGEL, J. H. de A.; MULLER, M. D.; SANTOS, J. C. F. dos; TEIXEIRA NETO, M. L.; VIANA, J. H. M.; NOCE, M. A. Pesquisa, desenvolvimento e inovação em ILPF. In: BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L.

F. (ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 91-100.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J.; RODRIGUES, M. R. L.; BARROS, E. MACÊDO, J. L. V. Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 2, p. 85-102, Oct. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:101336000633>.

SILVA, C. S. da; MENDONÇA, B. A. F. de; PEREIRA, M. G.; ARAUJO, E. J. G.; CASTELLANI, D. C. Spatial dependency and correlation of properties of soil cultivated with oil palm, *Elaeis guineensis*, in agroforestry systems in the eastern Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 280-289, out./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201704423>.

SILVA, D. V. da. **Caracterização de consórcios, variabilidade de atributos do solo e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais no Projeto RECA**. 2018. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1120367>. Acesso em: 14 out. 2022.

SILVA, G. C. **Desempenho do cupuaçuzeiro e atributos do solo em consórcio agroflorestal com as espécies pupunha, copaiba e andiroba**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal) – Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1120370>. Acesso em: 14 out. 2022.

VENEGAS, V. H. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (org.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1999. V. 1, p. 25-32.

VENTURIERI, G. A.; RONCHI-TELES, B.; FERRAZ, I. D. K.; LOURDE, M.; HAMADA, N. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamentos**. Belém: Clube do Cupu, 1993. 108 p.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: TÓPICOS em ciência do solo, v. 1. Viçosa, MG: SBCS, 2000. p. 1-54.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: TÓPICOS em ciência do solo, v. 2. Viçosa, MG: SBCS, 2002. p. 1-45.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, dez. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600009>.