

Artigos

Atributos do solo e desempenho do cupuaçuzeiro consorciado com espécies florestais sob duas densidades de pupunheira

Soil attributes and cupuassu tree performance in consortium with forest species under two densities of peach palm

Geisy Cavalcante Silva^I , Tadário Kamel de Oliveira^{II} ,
Eufnan Ferreira do Amaral^{III} ,
Jersiane Berkembrock^{III} , Déborah Verçosa da Silva^{IV} 

^IUniversidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil

^{II}Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio Branco, AC, Brasil

^{III}Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado, Nova Califórnia, RO, Brasil

^{IV}Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, Rio Branco, AC, Brasil

RESUMO

O cupuaçuzeiro é uma das espécies de maior ocorrência em sistemas agroflorestais, principalmente em consórcios com a pupunheira. No entanto, há poucas informações referentes ao manejo, espaçamentos e estudos de interações entre as mesmas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o porte e o desempenho produtivo do cupuaçuzeiro, e a variabilidade espacial dos atributos do solo em sistema agroflorestal com pupunheira. Foi selecionado um consórcio agroflorestal composto por plantas de cupuaçu, andiroba, pupunha e copaíba, posteriormente dividido em dois módulos, distintos pela densidade de pupunheiras (32 plantas ha⁻¹ e 64 plantas ha⁻¹). Em ambos os módulos, foram selecionados e georreferenciados cada componente, considerando-se uma planta de cupuaçu por repetição. As amostras de solo foram coletadas em malha de linhas duplas de 3 x 8 m a cada 9 metros, e os dados submetidos à análise geoestatística. As variáveis do cupuaçuzeiro foram comparadas entre os módulos, pelo teste t ($p < 0,05$); e conforme sua posição em relação à pupunheira (na linha e entrelinha), pelo teste F ($p < 0,05$). Os atributos do solo apresentaram dependência espacial moderada, exceto matéria orgânica, com fraca dependência. O sistema agroflorestal com cupuaçuzeiro, andiroba, copaíba e pupunheira: com 32 plantas ha⁻¹, apresentou melhores atributos químicos de solo e produziu mais frutos que o consórcio com o dobro de palmáceas. O porte do cupuaçuzeiro não foi influenciado pelas densidades da pupunheira ($p > 0,05$), no entanto, nas entrelinhas da pupunheira, a altura das plantas de cupuaçu é maior ($p < 0,05$) e a produtividade de frutos é 50% maior que a dos cupuaçuzeiros cultivados na mesma linha da pupunheira.

Palavras-chave: Sistemas agroflorestais; Produção de cupuaçu; Geoestatística; Projeto Reca



ABSTRACT

The cupuassu tree is one of the most frequent species in agroforestry systems, mainly in consortium with peach palm. However, there is few information regarding the management, spacing and studies of interactions between them. The objective of this work was to evaluate the size and productive performance of the cupuassu tree, and the spatial variability of soil attributes in agroforestry system with peach palm. An agroforestry consortium composed of cupuassu, andiroba, peach palm and copaiba plants was selected, later divided into two modules, distinguished by the density of peach palm (32 plants per ha⁻¹ and 64 plants per ha⁻¹). In both, each component was selected and georeferenced, considering one cupuassu plant per repetition. Soil samples were collected in a mesh of double lines of 3 x 8 m every 9 meters, and the data were submitted to geostatistical analysis. The cupuassu tree variables were compared between the modules, by the t test ($p < 0.05$); and according to their position in relation to the peach palm (in the row and between rows), by the F test ($p < 0.05$). The soil attributes showed moderate spatial dependence, except organic matter, with weak dependence. The agroforestry system with cupuassu tree, andiroba, copaiba and peach palm (32 plants per ha⁻¹) had better soil chemical attributes and produced more fruits than the intercropping with twice as much palm trees. The size of the cupuassu tree was not influenced by peach palm densities ($p > 0.05$). However, between the rows of the peach palm, the height of the cupuassu plants is highest ($p < 0.05$) and the fruit yield is 50% higher than that one of the cupuassu trees grown in the same row as the peach palm.

Keywords: Agroforestry systems; Cupuassu production; Geostatistics; RECA project

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agrofloretais se destacam na promoção da sustentabilidade em vários âmbitos, principalmente do ponto de vista da preservação ambiental, como ferramenta para a recuperação de áreas degradadas, aliando a restauração florestal aos interesses agrícolas dos produtores e, favorecendo o aumento da qualidade de vida, além de proporcionar a interação social entre as famílias e dentro da comunidade (COSTA; CARNEIRO; SENNA; OKA; GONÇALVES; NORTE FILHO; FRAXE, 2022; MARTINS, 2019).

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) é uma espécie que se destaca em sistemas agrofloretais (SAF), na Amazônia, com a maior ocorrência (42%) nos estudos do tema. Na sequência seguem a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), com 33% e a castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl), com 32% (BRIENZA JÚNIOR; MANESCHY; MOURÃO JÚNIOR; GAZEL FILHO; YARED; GONÇALVES; GAMA, 2009).



No Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA), fundado em 1989, no distrito de Nova Califórnia, Rondônia, o cupuaçuzeiro é a espécie mais frequente nos SAF, principalmente em consórcios com a pupunheira e a castanheira (SILVA, 2018).

Diante da abrangência de sistemas com cupuaçuzeiro na região, a importância do conhecimento das interações com outras espécies em consórcio se destaca. Observações de produtores associados ao Projeto RECA, indicam que a pupunheira influencia negativamente o cupuaçuzeiro, havendo diferença visível no desempenho de plantas que crescem nas linhas de plantio intercaladas com a palmeira (LUNZ; MELO, 1998). E em estudos realizados em Machadinho d'oeste, RO, foi observada forte competição entre as duas espécies, o que resultou em oscilações na renda da produção ao longo dos anos avaliados (BESTES-GAMA; SILVA; VILCAHUAMÁN; LOCATELLI, 2005).

De acordo com a literatura, se supõe que ocorre influência do sistema radicular da pupunheira, que é mais volumoso e, assim como o cupuaçuzeiro está concentrado, em maior volume (cerca de 80%), nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, podendo se estender até 9 m de distância do caule (FERREIRA; CLEMENT; RANZANI; COSTA, 1995). Em sistemas agroflorestais, o cupuaçuzeiro concentra maior número de raízes efetivas nas proximidades do colo da planta, atingindo até 80 cm, enquanto a palmeira pode alcançar distâncias superiores a 2,0 m, de acordo com o estudo de Oliveira, Amaral, Melo e Cordeiro (1999), em consórcio com pupunheira e cupuaçuzeiro.

As interações entre os componentes agroflorestais sejam eles bióticos ou abióticos, consistem em fator determinante para o sucesso do consórcio, um desafio que vai além do planejamento da produção, composição e complexidade das espécies exploradas e de serviço, exigindo outras estratégias que podem ser necessárias para os sistemas (BUTZKE; OLIVEIRA; PAULA; FIUZA, 2020).

Em estudo sobre 25 anos da pesquisa em SAF na Amazônia brasileira, Brienza Júnior, Maneschy, Mourão Júnior, Gazel Filho, Yared, Gonçalves e Gama (2009),



identificaram que os estudos da dinâmica de nutrientes do solo estão entre os segmentos mais representativos. Silva, Pauletto e Silva (2020), observaram que “as condições edáficas foram fortemente influenciadas pelo manejo dos SAF, pela composição e arranjo das espécies inseridas”. Investigar este tema permite gerar resultados e recomendações técnicas adequadas para esta forma de uso da terra. Pressupõe-se que a posição ocupada pelo cupuaçuzeiro na linha ou entrelinha da pupunheira, e a densidade de plantas desta palmeira, influenciam diretamente no desempenho do cupuaçuzeiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de atributos do solo, o porte e o desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em sistema agroflorestal, com essências florestais, sob duas densidades de pupunheira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no Ramal Baixa Verde, em área de produtores associados ao Projeto RECA, situada entre as coordenadas 9° 52' 26.1" S e 66° 36' 41.0" W, no Distrito de Nova Califórnia, RO, região próxima das divisas entre Acre, Amazonas e Rondônia. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é o equatorial quente e úmido (Aw). A temperatura média entre os anos de 2016 e 2018, foi de 27,1°C, com precipitação média de 2018,9 mm, dados de Porto Velho (INMET, 2020).

O consórcio agroflorestal avaliado possui 1 ha de área e foi instalado em 2006, em área anteriormente ocupada por pastagem com capim Tanzânia, em um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico, com relevo plano.

Foi realizada a limpeza do terreno por meio de destoca com trator, gradagem, catação de raízes e por último, o nivelamento com grade.

Atualmente, as espécies presentes no sistema são: o cupuaçuzeiro, a pupunheira para produção de sementes, copaíba e andiroba, com plantas dispostas de maneira intercalada e distribuídas regularmente, em dois módulos distintos pelo número de palmeiras, conforme a descrição na Tabela 1.



Tabela 1 – Espaçamentos e densidades das espécies em cada módulo do sistema agroflorestal estudado

Espécies	Módulo 1	Módulo 2
Pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i>)	12 x 24 m: 32 plantas ha ⁻¹	12 x 12 m: 64 plantas ha ⁻¹
Cupuaçuzeiro (<i>T. grandiflorum</i>)	6 x 4 m: 304 plantas ha ⁻¹	6 x 4 m: 272 plantas ha ⁻¹
Andiroba (<i>Carapa guianensis</i>)	24 x 12 m: 32 plantas ha ⁻¹	24 x 12 m: 32 plantas ha ⁻¹
Copaíba (<i>Copaifera sp.</i>)	24 x 12 m: 32 plantas ha ⁻¹	24 x 12 m: 32 plantas ha ⁻¹

Fonte: Autores (2019)

Cultivos temporárias de bananeira (*Musa sp.*) e pupunheira para produção de palmito, foram implantados e mantidos nos primeiros anos, para geração de receitas. As bananeiras nas linhas do cupuaçuzeiro junto as essências florestais (espaçamento 6 m x 4 m: 384 plantas ha⁻¹) e a pupunheira para palmito na entrelinha do cupuaçuzeiro (espaçamento 6 x 1 m: 1.700 plantas ha⁻¹).

O manejo e condução do sistema, calagem e adubação foram realizados de acordo com decisões do produtor ao longo dos anos. Cada espécie foi submetida a tratos culturais específicos, especialmente o cupuaçuzeiro, que recebeu calagem localizada (1 kg planta⁻¹ na cova, antes do plantio); podas de formação, manutenção e fitossanitárias; adubação mineral (superfosfato triplo: 70 g planta⁻¹ e cloreto de potássio: 70 g planta⁻¹, no 4º e 5º anos, e o dobro desta quantidade do 8º ao 10º). Também foi aplicada a adubação orgânica em cobertura, no 5º, 8º, 9º ano e em 2017, com 7 kg planta⁻¹ de torta de cupuaçu (resíduo da extração do óleo das sementes secas).

Nas mesmas épocas, as pupunheiras receberam 140 g planta⁻¹ de superfosfato triplo e 280 g planta⁻¹ de cloreto de potássio, além de calcário na cova (1 kg planta⁻¹), antes do plantio. As plantas destinadas à produção de palmito e bananeiras não receberam adubação, foram conduzidas com desbastes e colheita até o 4º ano do sistema (no caso da bananeira), e até o 9º ano foi finalizado o corte de todas as plantas de pupunha para produção de palmito.

Nos dois primeiros anos, foram realizadas capinas mecânicas e químicas com roçadeira e aplicação de herbicidas, três vezes ao ano. A partir do terceiro ano,



até o décimo, a roçagem foi anual. Terminado o ciclo dos cultivos temporários, foi introduzida, nas entrelinhas de plantas, a *Pueraria phaseoloides* (Roxb) Benth, que foi manejada com uso de roçadeira ou facção quatro vezes ao ano.

2.1 Área experimental

Foi demarcada uma área experimental de aproximadamente 0,45 ha, dividida em dois módulos (M1 e M2) distintos pela densidade de pupunheiras, sendo o M1 a área com menor adensamento, devido ao desbaste de metade das palmeiras que ocorreu ao longo do tempo, e adição de cupuaçuzeiros no lugar, conforme a densidades descritas na tabela 1. O M2 permaneceu com o mesmo número de plantas de pupunha desde a implantação. Cada planta foi georreferenciada, com auxílio de aparelho portátil de GPS - Sistema de Posicionamento Global, modelo GPSMAP 76CSx.

2.2 Variáveis de porte e produtividade

Foram avaliadas as variáveis de porte e produtividade do cupuaçuzeiro. As coletas desta última iniciaram na primeira semana de fevereiro até final do mês de maio de 2018, por meio de contagens e pesagens semanais dos frutos caídos de cada planta, com auxílio de sacos de fibra e mini balança portátil, modelo MS-DS03D, com capacidade de até 40 kg. As variáveis obtidas foram: o número total de frutos por planta - NTF, a massa total de frutos por planta - MTF (em kg planta⁻¹) e a massa média dos frutos - MMF (kg fruto⁻¹), obtida através do quociente da massa pelo número total de frutos.

Entre o final de março até abril, época em que a maior parte dos frutos atingem a maturação, foram realizadas coletas duas vezes por semana.

Em junho de 2018 foi realizada a medição do porte dos cupuaçuzeiros, avaliando a altura de plantas (AT), em metros: medindo as alturas a partir do solo até o ápice da copa, com auxílio de régua graduada de 8 metros; a circunferência do tronco (CT), em cm: medindo a circunferência abaixo da primeira tricotomia de



cada cupuaçuzeiro, com fita métrica; a área da copa (AC), em m²: aferida por meio do diâmetro da copa do cupuaçuzeiro na linha (DCL) e na entrelinha (DCE), com ajuda de trena métrica; calculada com a Equação (1):

$$AC = \pi \times \frac{DCL \times DCE}{4} \quad (1)$$

Os dados foram avaliados quanto ao efeito das densidades de pupunheira sobre o cupuaçuzeiro. Para isso, foram selecionadas 12 plantas de cada módulo estudado (Módulo 1: 32 plantas ha⁻¹ e Módulo 2: 64 plantas ha⁻¹). Cada planta foi considerada uma repetição, e as médias dos tratamentos foram submetidas à comparação pelo Teste t de Student, a 5% de probabilidade. A normalidade dos dados foi aferida pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de probabilidade. Foi necessária transformação dos dados de área de copa (raiz x) e massa média dos frutos (cosec (x) + 1).

Para avaliar a influência das plantas de pupunha presentes na linha e nas entrelinhas do cupuaçuzeiro, as variáveis foram submetidas a análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 2 tratamentos e 12 repetições, em que o tratamento 1 representou o cupuaçuzeiro na linha da pupunheira - CLP: 4 metros de distância; e o tratamento 2, o cupuaçuzeiro na entrelinha da pupunheira - CELP: a 6 metros de distância.

2.3 Atributos do solo

Foram coletadas 150 amostras de solos, na profundidade de 0 a 20 cm, considerando a área dos dois módulos e as duas primeiras linhas como bordadura. As coletas foram realizadas no início do período seco, em junho de 2018, em linhas duplas de 3 x 8 m, a cada 9 metros.

As amostras foram encaminhadas para laboratório de análises de solos da Embrapa Acre, onde obteve-se os teores de pH, Al, Ca, Mg, P, K, CTC total (pH 7,0), Saturação de bases (V) e Matéria orgânica (MO), conforme a metodologia adaptada de Donagema, Campos, Calderano, Teixeira e Viana (2011).



Inicialmente, os dados foram submetidos a análise exploratória, onde foram observados seus comportamentos em relação às respectivas médias. Foram mensuradas as medidas de posição (média, mediana), de dispersão (desvio padrão) e a forma da distribuição (coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose), além do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade.

Na sequência, foram avaliados por meio da geoestatística. E as etapas de verificação de dependência espacial, interpolação de dados por krigagem e construção dos mapas de isolinhas foram realizadas conforme a metodologia de Vieira (2000).

Pressupondo-se a confirmação da hipótese intrínseca de similaridade dos dados, a dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas, através do programa ARC GIS 9.2, a semivariância foi estimada pela Equação (2):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

onde: $N(h)$ = número de pares experimentais de dados separados por uma distância h ; $Z(x_i)$ = valor determinado em cada ponto amostrado; $Z(x_i + h)$ = valor medido em um ponto mais a distância h .

Todas as variáveis foram ajustadas ao modelo matemático esférico (ARZENO; VIEIRA; SIQUEIRA; GUEDES FILHO, 2014). Uma vez realizado o ajuste, foram definidos os coeficientes teóricos do semivariograma: efeito pepita (C_0), que representa a descontinuidade na origem do variograma, e indica possíveis erros de amostragem ou de medidas; o patamar ($C_0 + C$), nível de variabilidade onde o variograma estabiliza; soleira (C), variância de dispersão espacial; o alcance de dependência espacial (a), que consiste na amplitude do variograma, ou seja, a distância máxima em que a variabilidade é atingida, e há dependência espacial (VIEIRA, 2000).

O grau de dependência espacial (GDE), que informa a proporção, em percentagem, da variância estrutural (C) em relação ao patamar, foi determinado conforme a Equação (3).



$$GDE = \frac{C}{C + C_0} \times 100 \quad (1)$$

onde: GDE = grau de dependência espacial; C = valor da variância estrutural; e $C + C_0$ = patamar.

Uma vez calculado, o GDE foi qualificado como: de Fraca dependência—quando < 25%; Moderada—entre 25% e 75% e; Forte > 75%—forte dependência espacial (ZIMBACK, 2001).

Na etapa seguinte, os dados gerados pelos semivariogramas foram submetidos a interpolação por meio de krigagem, possibilitando a observação dos padrões de distribuição espacial dos atributos e a construção dos mapas de isolinhas, de acordo com os valores estabelecidos para cada variável.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise descritiva dos atributos do solo

Na análise descritiva (Tabelas 2 e 3), verifica-se que os valores da média e mediana estão ligeiramente próximos na maioria dos atributos, indicando simetria e ajuste à distribuição normal. A exceção foi para os teores de Al e P. No teste de Kolmogorov-Smirnov, com exceção do teor de Mg e da CTC total (M1) e do pH, V e MO (M2), os demais atributos apresentaram distribuição normal, o que não é um fator que influencia na análise geoestatística, pois a mesma se baseia em uma função aleatória contínua (VIEIRA, 2000).

Houve distribuição assimétrica à esquerda para a saturação de bases (V) nos dois módulos e, para o Mg no módulo 1. Nos demais atributos foi observada assimetria à direita, onde a média de distribuição é maior do que a mediana, indicando concentração maior dos dados abaixo da média (Tabela 2 e 3).



Tabela 2 – Estatística descritiva dos atributos do solo (0 - 20 cm de profundidade) no módulo 1 – M1 (32 pupunheiras por hectare) do sistema agroflorestal estudado

Variáveis	Média	Md	DP	CV	CA	CR	KS
pH	5,21	5,17	0,32	6,27	1,09	1,94	0,11 ^{ns}
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,09	0,47	155,7	2,04	3,42	0,26 ^{ns}
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,51	3,41	1,44	40,9	0,71	0,35	0,09 ^{ns}
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9	1,92	0,6	31,88	-0,08	-0,52	0,08*
K (cmol _c dm ⁻³)	0,24	0,17	0,18	75,47	3,04	11,32	0,21 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	5,08	1,34	12,51	246,37	4,00	15,81	0,38 ^{ns}
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	8,62	8,67	1,33	15,43	0,04	-0,40	0,07*
V (%)	62,6	63,16	15,67	25,04	-1,00	2,35	0,11 ^{ns}
MO (g kg ⁻¹)	22,6	21,19	6,74	29,85	4,06	22,82	0,19 ^{ns}

Fonte: Autores (2019)

Em que: Md, mediana; DP, desvio padrão da média; CV (%), coeficiente de variação; CA, coeficiente de assimetria; CR, curtose; KS, teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns, não significativo ($p > 0,05$).

Tabela 3 – Estatística descritiva dos atributos do solo (0 - 20 cm de profundidade) no módulo 2 – M2 (64 pupunheiras por hectare) do sistema agroflorestal estudado

Variáveis	Média	Md	DP	CV	CA	CR	KS
pH	4,9	4,92	0,20	4,09	0,19	1,61	0,10*
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,91	0,75	0,65	71,74	0,84	-0,04	0,13 ^{ns}
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,35	1,99	2,91	8,47	8,11	69,99	0,32 ^{ns}
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,28	1,19	0,44	33,72	0,70	0,30	0,11 ^{ns}
K (cmol _c dm ⁻³)	0,18	0,14	0,16	84,97	6,39	49,1	0,26 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	1,42	1,12	1,81	127,15	4,77	29,89	0,25 ^{ns}
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	7,88	7,54	2,86	36,33	7,87	67,3	0,10 ^{ns}
V (%)	42,63	43,89	15,17	35,58	-0,29	1,14	0,07*
MO (g kg ⁻¹)	20,01	19,53	3,36	16,78	0,60	0,29	0,09*

Fonte: Autores (2019)

Em que: Md, mediana; DP, desvio padrão da média; CV (%), coeficiente de variação; CA, coeficiente de assimetria; CR, curtose; KS, teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns, não significativo ($p > 0,05$).

No M1, o Mg e a CTC total apresentaram distribuição leptocúrtica, assim como o Al, no módulo 2. Os restantes apresentaram distribuição platicúrtica. O Ph alcançou, nos dois módulos, o menor CV < 10%, e maior precisão experimental.



3.2 Análise geoestatística

Os coeficientes de semivariância definidos estão expostos na Tabela 4. A matéria orgânica (MO) apresentou fraca dependência espacial, enquanto os demais atributos obtiveram dependência moderada. O maior alcance foi detectado no teor de cálcio, ou seja, entre os atributos avaliados este apresentou menor variabilidade espacial e maior continuidade, ocorrendo numa área de maior raio.

Tanto o alcance, quanto o efeito pepita, podem definir a eficiência da malha e o grau de confiabilidade da amostragem, visto que, enquanto o primeiro mensura a distância até onde o variograma consegue estimar pontos não amostrados, o outro fornece a variação dos dados em distâncias inferiores a menor distância da malha. De acordo com Vieira (2000), quanto mais próximo os valores estiverem da nulidade, maior é a precisão da análise, porém, não há uma escala classificatória. Os valores obtidos para efeito pepita neste trabalho ficaram entre 0,57 e 0,81. O menor valor de alcance (19,75 para K) assegura também a eficiência da amostragem realizada com a malha de 3 x 8 x 9 m (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros de semivariância e grau de dependência espacial dos atributos do solo em SAF com diferentes densidades de pupunheira, Nova Califórnia (Porto Velho, RO)

Variáveis	C ₀	C ₀ +C	a (m)	GDE	
				(%)	Classe
pH	0,58	0,99	33,76	41,41	Moderada
Al	0,62	1,01	39,33	38,61	Moderada
Ca	0,63	0,92	40,93	31,52	Moderada
Mg	0,69	1,03	35,87	33,01	Moderada
K	0,73	0,99	19,75	26,26	Moderada
P	0,81	1,25	21,50	35,20	Moderada
CTC total	0,68	1,00	35,33	32,00	Moderada
V (%)	0,57	1,00	38,55	43,00	Moderada
MO	0,74	0,98	38,40	24,49	Fraca

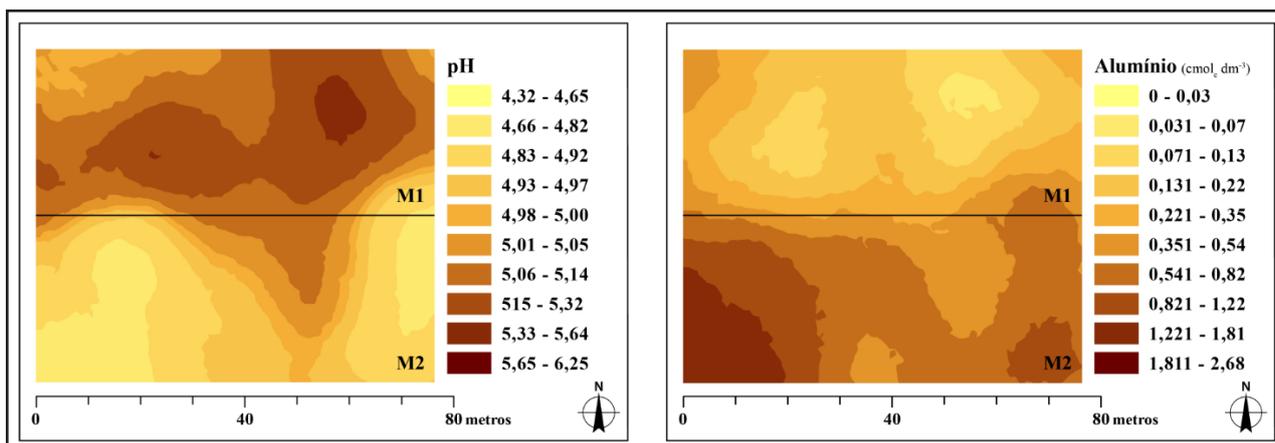
Fonte: Autores (2019)

Em que: C₀ = efeito pepita; C₀+C = patamar; a = alcance; GDE = grau de dependência espacial.



Menores níveis de pH foram observados no módulo com mais pupunheiras - M2 e, conseqüentemente maiores teores de alumínio (Figura 1), além de menores quantidades de nutrientes de maneira geral. Comportamento semelhante foi identificado no trabalho de Silva (2018), ao avaliar consórcios de cupuaçuzeiro com pupunheira e bacabeira, em que os sistemas com maior densidade de palmáceas resultou em menores teores de nutrientes do solo, em SAF com onze anos de implantação.

Figura 1 – Mapas de isolinhas da distribuição espacial do pH e do Al (0 - 20 cm), em SAF com diferentes densidades de pupunheira (M1 = 32 plantas ha⁻¹. M2 = 64 plantas ha⁻¹), Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO



Fonte: Autores (2019)

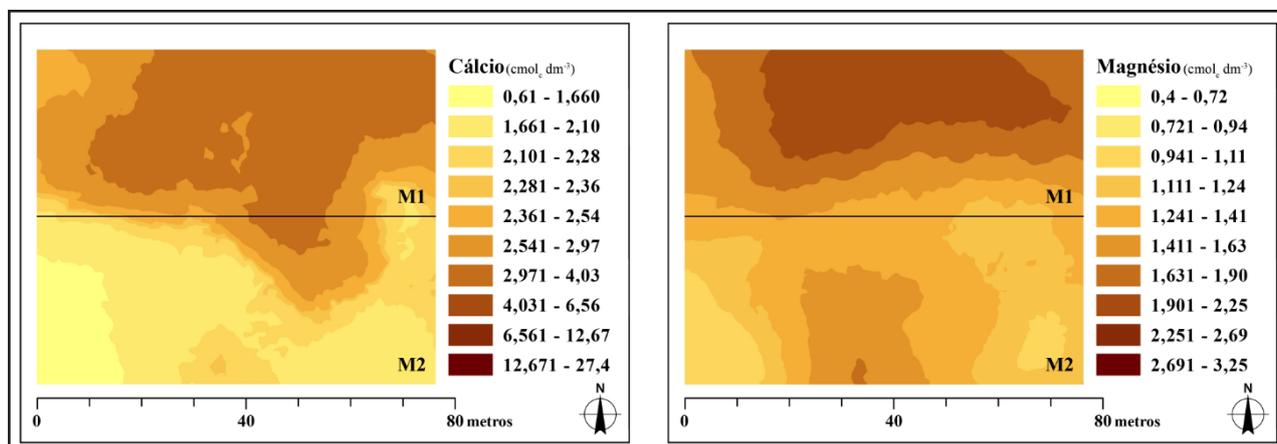
Segundo Amaral, Melo e Oliveira (2000), os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS dos sistemas agroflorestas do projeto RECA são ácidos, acidez esta que varia entre 4,0 a 5,0. Butzke, Oliveira, Paula e Fiuza (2020), identificaram pH de 4,59 em SAF formado por linhas intercaladas de cupuaçuzeiro com castanheira e, com a pupunheira, além de outras essências florestais, introduzidas sem espaçamento definido, em áreas sob o mesmo tipo de solo na região.

Nesse estudo, conforme expresso na Figura 1, os resultados indicam acidez muito elevada (< 4,5) no M1 e, moderada na maior parte do M2. De acordo com Sousa, Miranda, Oliveira, Novais, Alvarez, Barros, Fontes, Cantarutti e Neves (2007).



Os teores de Cálcio (Figura 2), de modo geral, foram classificados como medianos (entre 1,6 e 3,0), com exceção da mancha a sudoeste da área do M2 (mesma região que apresenta maiores teores de Al), onde foram identificados valores menores que 1,61 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Em M1, o teor de Ca atingiu valores superiores a 3,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, quantidade considerada alta (SOBRAL; BARRETTO; SILVA; ANJOS, 2015).

Figura 2 – Mapas de isolinhas da distribuição espacial de Cálcio e Magnésio (0 - 20 cm), em SAF com diferentes densidades de pupunheira (M1 = 32 plantas ha^{-1} . M2 = 64 plantas ha^{-1}), Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO



Fonte: Autores (2019)

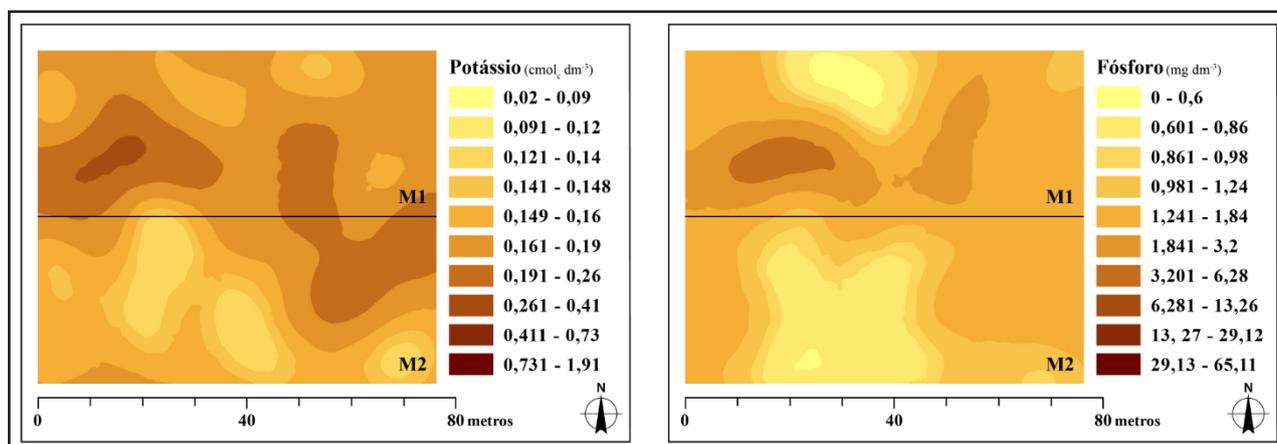
Após o nitrogênio, o cálcio é o nutriente em maior quantidade na serapilheira acumulada em consórcio de cupuaçuzeiro, cumaru (*Dipteryx* spp.), pimenta do reino (*Piper nigrum* L.), banana e açaí (*Euterpe oleracea* Mart) (REBÊLO; CAPUCHO; PAULETTO; DANTAS, 2022). Corrêa, Ramos, Gama-Rodrigues e Müller (2006), observaram, ao avaliar a produção de serapilheira em diferentes coberturas com espécies florestais e frutíferas, que o cupuaçuzeiro apresentou um dos menores níveis de deposição (1,41 t ha^{-1}). Ao longo dos anos no sistema atual, deve-se considerar que as deposições de matéria seca provenientes dos demais componentes também influenciaram nos teores de nutrientes do solo, além do cupuaçuzeiro.



Avaliando o efeito no solo em função do tempo de implantação de três sistemas agroflorestais distintos, com castanheira, cupuaçuzeiro e pupunheira, no Distrito de Nova Califórnia, RO, Butzke, Oliveira, Paula e Fiuza (2020), observaram redução significativa na maioria dos atributos do solo em dois dos SAF, o que demonstrou um desequilíbrio entre as taxas de exportação de nutrientes pelas colheitas e a ciclagem de nutrientes da biomassa do solo. Com perda próxima de 70% (de $2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $0,55$) no teor médio de cálcio em uma das áreas, num intervalo de 15 anos.

O teor de magnésio (Figura 2) e o de potássio (Figura 3) variaram entre média e altas concentrações. Predominando, no M1, as manchas com valores considerados altos, que segundo Sobral, Barretto, Silva e Anjos (2015), são valores de $\text{Mg} > 1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{K} > 0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A presença de puerária com planta de cobertura de solo no sistema pode ter contribuído com os resultados, mesmo que nos consórcios agroflorestais do presente estudo, essa leguminosa tenha sido conduzida em condições de sombreamento, nas entrelinhas. A puerária se destaca como fonte de nutrientes para os sistemas agroflorestais, principalmente como fonte de N, Mg, S, Mn, Cu e B (CASTELLANI; SILVA; CAPELA; LIMA; TEIXEIRA; KATO; VASCONCELOS; SUGAYA; SUZUKI; TAKAMATSU, 2011).

Figura 3 – Mapas de isolinhas da distribuição espacial de Potássio e Fósforo (0 - 20 cm), em SAF com diferentes densidades de pupunheira (M1 = $32 \text{ plantas ha}^{-1}$. M2 = $64 \text{ plantas ha}^{-1}$), Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO



Fonte: Autores (2019)



Os elevados níveis de potássio podem estar relacionados tanto ao manejo a adubação quanto devido a taxa de deposição de resíduos do cupuaçuzeiro — cuja casca, as folhas e os frutos são ricos neste nutriente, sendo o elemento mais importante e exportado nas colheitas (ALFAIA; AYRES, 2004). O consórcio estudado recebeu aplicação bianual de 7 kg planta⁻¹ de torta de cupuaçu, o que pode explicar os níveis elevados de macronutrientes, observados no SAF, como um efeito residual, especialmente no M1 que apresenta mais plantas de cupuaçu e, portanto, recebeu maior quantidade acumulada de torta. Já os menores valores de K⁺ (e também de Ca, Mg e P) no M2 (Tabelas 2 e 3), podem estar relacionados com a maior quantidade de palmeiras, aumentando a demanda por nutrientes, mais as exportações exercidas pela colheita do cupuaçu.

A variação do teor de fósforo (Figura 3) no SAF ficou entre 0 e 6,28 mg dm⁻³, valores considerados muito baixos (P < 7 mg dm⁻³) para solos com textura média, como o da área estudada (150 g kg⁻¹ < argila < 350 g kg⁻¹) (SOBRAL; BARRETTO; SILVA; ANJOS, 2015). Os teores predominantes no sistema variaram entre 1,24 e 1,84 mg dm⁻³, com manchas de maiores e menores concentrações distribuídas na área.

Segundo Locatelli e Auzier Neto (2016), em avaliações realizadas em Rondônia, acerca da fertilidade de sistemas agroflorestais, foram constatados valores baixos de fósforo na profundidade de 0 a 20 cm, variando de 2 a 4 mg dm⁻³, que segundo os autores, é uma consequência da retenção pelas plantas, da ausência de reposição e da própria da gênese do solo em regiões tropicais, do intemperismo—que dependendo do grau, pode fazer com que o solo passe de fonte para dreno de fósforo, gradualmente (NOVAIS; ALVAREZ; BARROS; FONTES; CANTARUTTI; NEVES, 2007).

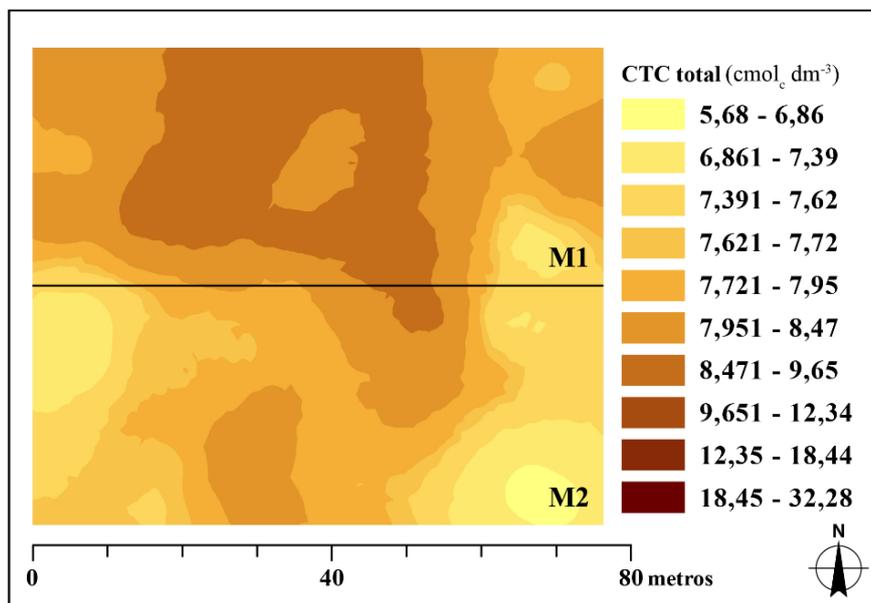
As baixas quantidades totais de P no solo são as principais responsáveis pela baixa disponibilidade. Árvores são consideradas especialmente adequadas para o uso da terra em condições de pouco ingresso de P, o qual retorna ao solo por queda de serapilheira e podas, que melhoram a disponibilidade de P no solo. Além disso, a qualidade da serapilheira afeta a liberação e a disponibilidade de P no solo. Ambos



os aspectos, efeitos de quantidade e qualidade, são fortemente dependentes das espécies de árvores (LEHMANN; CRAVO; MACÊDO; MOREIRA; SCHROTH, 2001, p. 314).

Na Figura 4, pode-se observar que os níveis mais altos da CTC do solo foram encontrados no módulo 1 (variando de 6,86 a 9,65 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Segundo Sobral, Barreto, Silva e Anjos (2015), valores entre 5,0 e 15,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, são considerados medianos. De acordo com Chepote, Santana, Araújo, Sodré, Reis, Pacheco, Marrocos, Serôdio e Valle (2012), valores maiores que 8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ já são considerados adequados para o cultivo de cacaueiros (*Theobroma cacao* L.). Segundo as recomendações para o cupuaçuzeiro no Acre, a CTC do solo deve estar em torno de 10,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (GONDIM; THOMAZINI; CAVALCANTE; SOUZA, 2001).

Figura 4 – Mapa de isolinha da distribuição espacial da CTC total (0 - 20 cm), em SAF com diferentes densidades de pupunheira (M1 = 32 plantas ha^{-1} . M2 = 64 plantas ha^{-1}), Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO



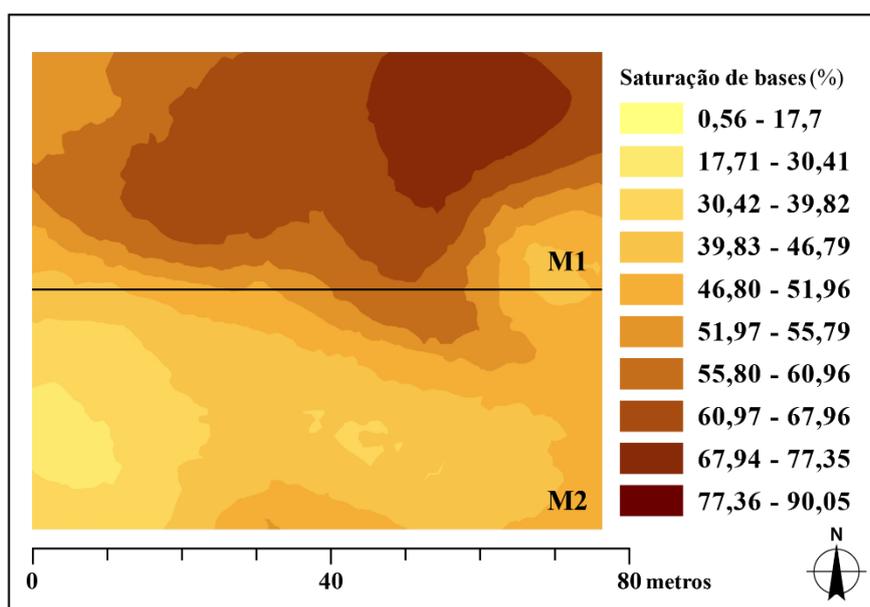
Fonte: Autores (2019)

Para saturação de bases (Figura 5), os maiores valores foram detectados no módulo 1, que também obteve maiores níveis K^+ , Ca^{2+} Mg^{2+} , e logo, maior participação no complexo de troca, ou seja, V (%) maior que 50.



De acordo com Gondim, Thomazini, Cavalcante e Souza (2001), solos com V (%) superior a 20% são recomendados para o cultivo do cupuaçuzeiro. Em geral, o SAF estudado apresentou valores que se adequam a essa exigência, atingindo níveis adequados até mesmo no M2.

Figura 5 – Mapa de isolinha da distribuição espacial da saturação de bases (0 - 20 cm), em SAF com diferentes densidades de pupunheira (M1 = 32 plantas ha⁻¹. M2 = 64 plantas ha⁻¹), Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO



Fonte: Autores (2019)

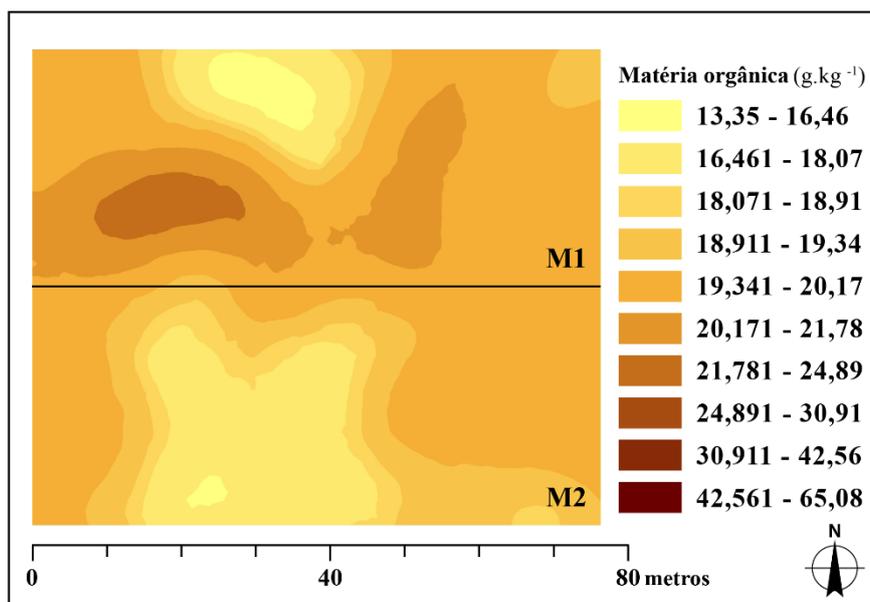
Além disso, no M2, identificou-se maior área de copa das pupunheiras, o equivalente a três vezes o valor observado na área com menor densidade (Módulo 1: 14 m² e Módulo 2: 42 m²), o que demonstra o vigor das touceiras dessa palmeira, a demanda e a retenção de nutrientes na biomassa. O somatório das áreas de copa da andiroba e copaíba foi de 108 a 110 m² nos dois módulos.

Estes resultados corroboram com os obtidos no trabalho de Silva (2018), que constatou a influência do tipo de consórcio e da área da copa sobre a saturação por bases, com valores menores no consórcio (cupuaçuzeiro x pupunheira x bacabeira) com maiores áreas de copa, implicando em maior demanda e retenção de nutrientes pelas espécies consorciadas.



De acordo com a Figura 6, foi identificada menor variabilidade na distribuição da matéria orgânica no M2. No módulo com menos pupunheiras (M1), além de maior variação, os teores de matéria orgânica entre 16 a 30 g kg⁻¹, classificados como médios (SOBRAL; BARRETTO; SILVA; ANJOS, 2015), estão presentes em quase toda área. De acordo com Gondim, Thomazini, Cavalcante e Souza (2001), para cultivo de cupuaçuzeiro, o solo precisa de valores entre 8 a 14 g kg⁻¹ de MO, e o sistema, de maneira geral estava adequado a esta necessidade da cultura.

Figura 6 – Mapas de isolinhas da distribuição espacial da matéria orgânica (0 - 20 cm), em SAF com diferentes densidades de pupunheira (M1 = 32 plantas ha⁻¹. M2 = 64 plantas ha⁻¹), Nova Califórnia, município de Porto Velho, RO



Fonte: Autores (2019)

Silva(2018), observou que o efeito da MO sobre os teores de nutrientes e elementos tóxicos no solo foram responsáveis pelas diferenças observadas no SAF avaliado. Isso se deve ao fato de a matéria orgânica do solo ser eficiente na complexação do Al³⁺ e H⁺ livres com compostos orgânicos aniônicos, e contribuir com até 90% da CTC nas camadas superficiais devido a estabilidade do complexo orgânico formado e aumento de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ (NOVAIS; ALVAREZ; BARROS; FONTES; CANTARUTTI; NEVES, 2007).



A zona de menor concentração de matéria orgânica no M2 (Figura 6) pode estar relacionada com a maior utilização das reservas de nutrientes do solo pelas plantas, naquela região, especialmente ao observar os níveis de pH, e alumínio locais. E segundo Costa, Tapia-Coral e Mota (2011), menores quantidades de MO podem estar relacionadas com situações de desgaste do solo, a maior radiação ou mesmo presença de espécies com baixa produção de serrapilheira.

3.3 Desempenho agrônômico do cupuaçuzeiro

Conforme a Tabela 5, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste t, para as características de porte do cupuaçuzeiro entre as densidades. No entanto, entre as posições de cultivo na linha e entrelinha (Tabela 6), houve diferença ($p < 0,05$) para altura de plantas.

Tabela 5 – Valores médios das características de porte e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em consórcio agroflorestal com diferentes densidades de pupunheira

Tratamentos	Variáveis analisadas					
	AT (m)	CT (cm)	AC (m ²)	NTF (frutos planta ⁻¹)	MTF (kg planta ⁻¹)	MMF (kg fruto ⁻¹)
Módulo 1	4,65 a	32,66 a	23,94 a	34,25 a	33,30 a	0,96 a
Módulo 2	4,26 a	31,47 a	26,89 a	20,75 b	22,44 b	1,04 a
CV (%)	12,65	11,73	4,66	33,80	32,69	5,44

Fonte: Autores (2019)

Em que: Módulo 1 = menor densidade de pupunheiras (32 plantas ha⁻¹); Módulo 2 = maior densidade de pupunheiras (64 plantas ha⁻¹); CV (%) = coeficiente de variação; AT = altura total de plantas; CT = circunferência do tronco; AC = área da copa; NTF = número total de frutos; MTF = massa total de frutos; MMF = massa média de frutos; Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p < 0,01$) pelo teste de t.

Tanto a menor densidade de pupunheiras no consórcio quanto o cultivo do cupuaçuzeiro na entrelinha da pupunheira, permitiram maior produção em número de frutos por planta e em massa total de frutos por planta (Tabelas 5 e 6).



Tabela 6 – Valores médios das características de porte e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em dois níveis de posicionamento em relação a pupunheira

Tratamentos	Variáveis analisadas					
	AT (m)	CT (cm)	AC (m ²)	NTF (frutos planta ⁻¹)	MTF (kg planta ⁻¹)	MMF (kg fruto ⁻¹)
Módulo 1	4,07 b	31,37 a	24,90 a	21,00 b	21,07 b	1,04 a
Módulo 2	4,86 a	32,91 a	26,64 a	33,42 a	33,70 a	0,98 a
CV (%)	11,09	11,23	7,43	35,90	32,94	3,05

Fonte: Autores (2019)

Em que: Módulo 1 = menor densidade de pupunheiras (32 plantas ha⁻¹); Módulo 2 = maior densidade de pupunheiras (64 plantas ha⁻¹); CV (%) = coeficiente de variação; AT = altura total de plantas; CT = circunferência do tronco; AC = área da copa; NTF = número total de frutos; MTF = massa total de frutos; MMF = massa média de frutos; Médias seguidas de letras distintas diferem entre si ($p < 0,01$) pelo teste de t.

A associação com maior número de pupunheiras apresentou os menores rendimentos, possivelmente decorrentes da competição por recursos de produção e também da exportação de nutrientes pelos cachos de pupunha. Os resultados indicaram que os cupuaçuzeiros cultivados a 4 m da pupunheira na mesma linha de plantio, produziram em torno de 60% da quantidade dos frutos produzidos pelos cupuaçuzeiros cultivados a 6 m, nas entrelinhas da pupunheira. Resultados que confirmam os relatos de produtores mencionados por Lunz e Melo (1998), sobre os efeitos negativos do cultivo em linhas com esta palmeira (Tabela 6).

Ao relacionar os resultados das tabelas 5 e 6 com os mapas de isolinhas, considerando a ausência de aplicação de adubação química no ano anterior (2017) ao da safra estudada, pode-se dizer que o cupuaçuzeiro produziu satisfatoriamente, se comparado com resultados obtidos em sistemas que receberam adubação química. No estudo de Alfaia e Ayres (2004), com plantas de 10 anos, o número total de frutos por planta foi de 21,5 e massa total de 21,14 kg planta⁻¹, com aplicação de NPK (60 kg ha⁻¹; 100 kg ha⁻¹; 160 kg ha⁻¹, respectivamente). Enquanto Ayres e Alfaia (2007), obtiveram massa total de frutos de 25,1 kg planta⁻¹ em plantas de 12 anos, que receberam doses de 80 kg ha⁻¹ de k₂O e calagem, em consórcios sob Cambissolos, em Nova Califórnia, RO.



Comparando os resultados deste trabalho, com os de consórcios com outras espécies, observa-se, por exemplo, que a interação cupuaçu x mogno africano (na entrelinha) apresentou produção média (em kg planta⁻¹) de aproximadamente 15 kg, tanto a 3,6 m de distância, quanto a 6,7 m (ALVES; CHAVES; BASTOS, 2020).

Segundo Rocha, Brito, Silva, De Paula e Sousa (2018), a partir do 6º ano, a produção de cupuaçu se estabiliza com a média de 15 frutos planta⁻¹ ano⁻¹, considerada satisfatória. Em Rondônia, plantas com dez anos de idade podem produzir, anualmente, de 20 a 30 frutos por planta (RIBEIRO, 1995).

De acordo com esses referenciais, os dados do presente estudo revelaram produções satisfatórias de 20 a 34 frutos planta⁻¹ ano⁻¹ nas duas densidades de pupunheira e no cultivo do cupuaçu tanto nas linhas quanto nas entrelinhas, seja por efeito positivo dos espaçamentos e arranjos de plantio, seja pela aplicação de fertilizantes minerais e de torta de cupuaçu nos anos anteriores às avaliações. Silva, Pauletto e Silva (2020), constataram que os níveis de fertilidade do solo eram insuficientes para cumprir as necessidades nutricionais da cultura em SAF ao redor de oito anos. E Butzke, Oliveira, Paula e Fiuza (2020), também citaram diminuição dos teores de nutrientes com o passar do tempo, o que implica na indicação de ADUBAÇÃO mineral ou orgânica nesses tipos de consórcios agroflorestais.

Devido à idade dos sistemas e às condições de clima regionais, ocorre a lixiviação de íons K, Ca e Mg. Neste estudo, houve oferta de bases para as plantas, comprovada pelos teores médios de K, Ca e Mg (Figuras 2 e 3), seja pela ciclagem de nutrientes das plantas, seja pelas fertilizações depositadas na área até 2017. Este fato garantiu níveis satisfatórios de produtividade (Tabelas 5 e 6), ao comparar com a produção de cupuaçu em outros sistemas (ALFAIA; AYRES, 2004; AYRES; ALFAIA, 2007; ROCHA; BRITO; SILVA, DE PAULA; SOUSA, 2018).

Diante das necessidades nutricionais impostas por arranjos com maior número de palmeiras, pode se investir em adubação mineral específica ou em novos arranjos de plantio com espécies de comprovado acúmulo de biomassa e ciclagem



de nutrientes, a exemplo de espécies de *Inga spp*, *Gliricidia sepium* (CORRÊA; RAMOS; GAMA-RODRIGUES; MÜLLER, 2006) e *Crotalaria spectabilis* (OLIVEIRA; MARINHO; SA; COSTA; SILVA; BAYMA, 2017), leguminosas utilizadas como adubo verde em SAF.

O presente estudo contribui com o planejamento dos sistemas agroflorestais, quanto ao arranjo dos consórcios nas linhas e entrelinhas, apresenta referenciais de atributos do solo na região, de manejo para adaptação na utilização da torta de cupuaçu e outros resíduos como forma de fertilização dos sistemas agroflorestais.

4 CONCLUSÕES

O sistema agroflorestal de cupuaçuzeiro consorciado com andiroba, copaíba, e 32 plantas ha⁻¹ de pupunheira para produção de frutos, apresenta melhores atributos químicos de solo, em comparação ao consórcio com o dobro de palmáceas.

Consórcios com densidade de 32 e 64 pupunheiras ha⁻¹, não influenciam o porte do cupuaçuzeiro.

Plantas de cupuaçu, cultivadas nas entrelinhas das pupunheiras (à 6 metros de distância) apresentam maior altura e produção, equivalente a 1,5 vezes a produtividade dos cupuaçuzeiros cultivados na mesma linha da pupunheira, à 4 metros de distância.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de mestrado; à Embrapa Acre, à coordenação do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Acre e aos produtores e equipe técnica do Projeto RECA pelo apoio na realização da pesquisa.

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**, Jaboticabal, v. 26, p. 320-325, 2004.



ALVES, R. M.; CHAVES, S. F. da S.; BASTOS, A. J. R. Viability of the use of african mahogany with cupuassu tree in agroforestry system (AFS). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 44, p. 1-10, 2020.

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: Embrapa Acre, 2000. 40 p. (Boletim de pesquisa, 27).

AYRES, M. I. da C.; ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 7, p. 957-963, jul. 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**, Pernambuco, v. 9, n. 3, p. 343-352, jul./set. 2014.

BENTES-GAMA, M. de M.; SILVA, M. L. da; VILCAHUAMÁN, L. J. M.; LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho d'Oeste- RO. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 401-411, 2005.

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 pesquisa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 67-76, dez. 2009. (Edição especial)

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**, Jaboticabal, v. 48, n. 2, p.160-169, maio/ago. 2020.

CASTELLANI, D. C.; SILVA, A. C.; CAPELA, C.; LIMA, W. A. A. de; TEIXEIRA, P. C.; KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S.; SUGAYA, C.; SUZUKI, E.; TAKAMATSU, J. Espécies adubadeiras como fonte de nutrientes para o cultivo de dendê (*Elaeis guineensis*) em sistemas agroflorestais, Tomé Açu (PA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBSAF: Embrapa Amazônia Oriental: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011.

CHEPOTE, R.E.; SANTANA, S.O.; ARAUJO, Q.R; SODRÉ, G.A.; REIS, E.L.; PACHECO, R.G.; MARROCOS, P.C.L.; SERÔDIO, M.H.C.F.; VALLE, R.R. Aptidão agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacauzeiro. In: Valle, R. R. (Ed.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacauzeiro**. 2ª Edição. Brasília. p. 67-105, 2012.

CORRÊA, F. L. de O.; RAMOS, J. D.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; MÜLLER, M. W. Produção de serapilheira em sistemas agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, nov./dez., 2006.

COSTA, J. R.; TAPIA-CORAL, S.; MOTA, A. Limitações da fertilidade do solo de áreas com capoeira e sistemas agroflorestais no Assentamento Tarumã-Mirim (Manaus, AM). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBSAF: Embrapa Amazônia Oriental: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011.



COSTA, M. S. B. da; CARNEIRO, J. P. R.; SENNA, G. M. de; OKA, J. M.; GONÇALVES, V. V. C.; NORTE FILHO, A. F.; FRAXE, T. de J. P. Sistemas Agroflorestais Amazônicos: Reflexões sobre Campesinato, Adaptabilidade, Trabalho e Sustentabilidade na Amazônia. **Research, Society and Development**, v. 11, n.8, p.1-10, 2022.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

FERREIRA, S. A. do N.; CLEMENT, C. R.; RANZANI, G.; COSTA, S. de. Contribuição para o conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* KUNTH, PALMAE). II. Solo Latossolo Amarelo, textura argilosa. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 25, n. 3/4, p. 161-170, 1995.

GONDIM, T. M. de S.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. de J. B.; SOUZA, J. M. L. de. **Aspectos da produção do cupuaçu**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 43 p. (Documentos, 67).

INMET–INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos anuais**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 20 nov. 2020.

LEHMANN, J.; CRAVO, M. da S.; MACÊDO, J.L.V. de; MOREIRA, A.; SCHROTH, G. Phosphorus management for perennial crops in central Amazonian upland soils. **Plant and Soil**, v. 237, n. 2, p. 309–319, 2001.

LOCATELLI, M.; AUZIER NETO, J. V. Fertilidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos no município de Alto Paraíso, Rondônia. In: REUNIÃO DE CIÊNCIA DO SOLO DO NÚCLEO NOROESTE, 2016, Rolim de Moura - RO. **Anais...** Rolim de Moura - RO: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. p. 1-3.

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. (Pesquisa em andamento, 134).

MARTINS, E. M.; SILVA, E. R. da; CAMPELLO, E. F. C.; LIMA, S. S. de; NOBRE, C. P.; CORREIA, M. E. F.; RESENDE, A. S. de. O uso de sistemas agroflorestais diversificados na restauração florestal na Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 632-648, abr./jun. 2019.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, T. K. de; AMARAL, E. F. do; MELO, A. W. F. de; CORDEIRO, D. G. Distribuição do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes*) e do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em sistema agroflorestal na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-CPAC: UNB, 1999.

OLIVEIRA, T. K. de; MARINHO, J. T. de S.; SA, C. P. de; COSTA, C. R. da; SILVA, D. V. da; BAYMA, M. M. A. **Desempenho financeiro no período de estabelecimento de um consórcio agroflorestal com açazeiro, bananeira, castanheira e seringueira (BR SAF AC 01)**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2017. 12 p. (Comunicado técnico, 198)



REBÊLO, A. G. de M.; CAPUCHO, H. L. V.; PAULETTO, D.; DANTAS, E. F. Estoque de nutrientes e decomposição da serapilheira em sistemas agroflorestais no município de Belterra, PA. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 1876-1893, out./dez. 2022.

RIBEIRO, G. D. **A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF-Rondônia, 1995. 32p. (Documentos, 27).

ROCHA, A. S. S.; BRITO, S. C.; SILVA, I. M. da; DE PAULA, M. T. de; SOUSA, B. S. das N. de. Viabilidade econômica em sistema agroflorestal no município de Santa Izabel do Pará, PA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15 n. 27, p. 155-166, 2018.

SILVA, D. V. da. **Caracterização de consórcios, variabilidade de atributos do solo e desempenho produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais no Projeto RECA**. 140 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação e Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2018.

SILVA, G. R. da; PAULETTO, D.; SILVA, A. R. Dinâmica sazonal de nutrientes e atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 63, p. 1-9, 2020.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. de V.; SILVA, A. J. de; ANJOS, J. L. dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos, 206).

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 205-274.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.V, SCHAEFER, G. R. (Eds.) **Tópicos em Ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-54.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento de fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2001.

Contribuição de Autoria:

1 Geisy Cavalcante Silva:

Engenheira Agrônoma, Mestra em Produção Vegetal

<https://orcid.org/0000-0002-8042-9442> • eng.geisysilva@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Pesquisa; Metodologia; Administração do projeto; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Escrita – revisão e edição



2 Tadário Kamel de Oliveira

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-3068-299X> • tadario.oliveira@embrapa.br

Contribuição: Conceitualização; Metodologia; Administração do projeto; Disponibilização de ferramentas; Supervisão; Validação de dados e experimentos; Redação do manuscrito original; Escrita – revisão e edição

3 Eufran Ferreira do Amaral

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas)

<https://orcid.org/0000-0002-9745-2104> • eufran.amaral@embrapa.br

Contribuição: Curadoria de dados; Análise de dados; Metodologia; Escrita – revisão e edição

4 Jersiane Berkembrock

Técnica em Agropecuária

<https://orcid.org/0009-0008-0126-379X> • jersiane.b@hotmail.com

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Metodologia; Escrita – revisão e edição

5 Déborah Verçosa da Silva

Engenheira Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal

<https://orcid.org/0009-0005-0302-3560> • deborah.vercosa@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Metodologia; Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

SILVA, G. C.; OLIVEIRA, T. K.; AMARAL, E. F.; BERKEMBROCK, J.; SILVA, D. V. Atributos do solo e desempenho do cupuaçuzeiro consorciado com espécies florestais sob duas densidades de pupunheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 3, e68207, p. 1-26, 2023. DOI 10.5902/1980509868207. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509868207>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.