



Scientia Agropecuaria

Web page: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Universidad Nacional de
Trujillo



RESEARCH ARTICLE

Spatial distribution and effective depth of roots of camu-camu with and without mulch

Distribuição espacial e profundidade efetiva das raízes de camu-camu³ com e sem cobertura vegetal morta

Carlos Abanto-Rodríguez^{1, 6, *} ; Edvan Alves Chagas² ; Pollyana Cardoso Chagas³ ; Wellington Farias Araujo³ ; Noé Ramírez-Flores⁴ ; Nadia Panduro-Tenazoa⁵ ; Adiel Álvarez Ticllasuca⁶ ; Hipólito Murga-Orrillo⁷ 

¹ Carrera Profesional de Ingeniería Agrícola y Forestal, Universidad Nacional Ciro Alegría, Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, RR, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Roraima, RR, Brasil.

⁴ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Loreto, Perú.

⁵ Carrera Profesional de Ingeniería Agroforestal y Acuicultura, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Ucayali, Perú.

⁶ Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Pampas, Tayacaja, Huancavelica, Perú.

⁷ Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma, Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas (UNAAA), Yurimaguas, Alto Amazonas, Loreto, Peru.

* Corresponding author: carforestal24@gmail.com (C. Abanto-Rodríguez).

Received: 8 June 2023. Accepted: 29 November 2023. Published: 16 December 2023.

Abstract

In South America, the camu-camu has been domesticated, however, for its cultivation there is still little technical information to guarantee its adaptability and productivity in places with a well-defined dry season. The objective of this study was to characterize the spatial distribution of the root system and determine the effective depth (EP) of roots in camu-camu plants with and without mulch (WM) in uplands conditions. In an orchard, 3 plants with 3, 5 and 7 years each were chosen at random. Then mulch composed of grass (*Trachypogon plumosus*) was placed on a plant of each age in the canopy projection. After 12 months, the volume and EP of the roots in the 3-year-old plants with mulch was 200 mm³ and 0.3 m, and without mulch it was 500 mm³ and 0.48 m, respectively. In 5-year-old plants it was 4000 mm³ and 0.43 m with mulch, and without mulch it was 6000 mm³ and 0.64 m; and in plants with 7 years old, the volume and PE of the roots with mulch were 12000 mm³ and 0.58 m, and without mulch of 10000 mm³ and 0.71 m, respectively. The effective depth equivalent to 80% of the root concentration was lower with the use of dead vegetation cover, which is very important for the camu-camu crop, as it allows the application of a more precise and efficient water layer through irrigation.

Keywords: root volume; non-destructive analysis; irrigation; soil moisture.

Resumo

Em América do Sul o camu-camu vêm sendo domesticado, no entanto, para seu cultivo ainda são poucas as informações técnicas para garantir sua adaptabilidade e produtividade em locais com estação seca bem definida. O objetivo neste estudo foi caracterizar a distribuição espacial do sistema radicular e determinar a profundidade efetiva (PE) das raízes em plantas de camu-camu com e sem cobertura vegetal morta (CVM) em condições de terra firme. Num pomar foram escolhidas ao acaso 3 plantas com 3, 5 e 7 anos, cada. Logo foi colocada CVM composta de capim (*Trachypogon plumosus*) em uma planta de cada idade na projeção da copa. Após 12 meses o volume e PE das raízes nas plantas de 3 anos com CVM foi de 200 mm³ e 0,3 m, e sem CVM foi de 500 mm³ e 0,48 m, respectivamente. Nas plantas com 5 anos foi de 4000 mm³ e 0,43 m com CVM, e sem CVM foi de 6000 mm³ e 0,64 m; e nas plantas com 7 anos o volume e PE das raízes com CVM foram de 12000 mm³ e 0,58 m, e sem CVM de 10000 mm³ e 0,71 m, respectivamente. A profundidade efetiva equivalente ao 80% da concentração das raízes foi menor com o uso de cobertura vegetal morta, o que é muito importante para a cultura do camu-camu, pois permite aplicar uma lâmina de água mais precisa e eficiente por meio da irrigação.

Palabras clave: *Myrciaria dúbia*; volume de raízes; análise não destrutiva; irrigação, umidade do solo.

DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.042>

Cite this article:

Abanto-Rodríguez, C., Alves Chagas, E., Cardoso Chagas, P., Farias Araujo, W., Ramírez-Flores, N., Panduro-Tenazoa, N., Álvarez Ticllasuca, A., & Murga-Orrillo, H. (2023). Distribuição espacial e profundidade efetiva das raízes de camu-camu com e sem cobertura vegetal morta. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 511-518.

1. Introdução

O camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh) é um recurso genético florestal não madeirável que se desenvolve naturalmente nas margens dos rios, lagos e igarapés da bacia Amazônica, abrangendo principalmente o Brasil, Venezuela, Colômbia e Peru (Pinedo et al., 2010); a espécie é considerada uma superfruta por possuir alta concentração de vitamina C e flavonóides como ácidos elágico, elagitaninas e proantocianidinas (Langley et al., 2015). Além disso, Chirinos et al. (2010) identificaram a presença de catequina, delphinidina 3-glucósido, cianidina 3-glucósido, e rutina. Por esta razão, Neves et al. (2015), Anhô et al. (2019), García-Chacón et al. (2023) e Nowak et al. (2023) referem que camu-camu tem benefícios à saúde.

Devido a importância da cultura do camu-camu, em Roraima extremo norte do Brasil existe muita expectativa para o desenvolvimento da cultura, porém, ainda são poucas as informações técnico-agrícolas existentes para garantir a adaptabilidade e produtividade em locais com estação seca bem definida que limita o crescimento e produção. Nesse sentido, é necessário desenvolver tecnologias voltadas a conservação da umidade do solo e uso eficiente dos recursos hídricos.

Entre os métodos que ajudam a redução do uso da água, encontra-se o uso de cobertura vegetal morta (CVM), pois, é uma prática de manejo utilizada na fruticultura que consiste em distribuir na superfície do solo uma camada de cobertura artificial ou vegetal morta (mulching) (Vailati & Salles, 2010). Assim, Abanto-Rodríguez et al. (2020) verificaram que o uso de cobertura morta com restos vegetais na cultura do camu-camu (*Myrciaria dubia*) reduziu o consumo de água em 17,9% em relação ao solo sem cobertura. Albuquerque (2015) reportou que a utilização de cobertura morta no cultivo da goiabeira (*Psidium guajava*) traz lhos benefícios quanto a retenção de água nas camadas próximas à superfície do solo. Por tanto, o mulching orgânico é uma técnica eficaz de manejo florestal que melhora o ambiente do solo e promove o crescimento das plantas (Sun et al., 2021), pois, reduz a perda de água por evaporação, diminui a erosão superficial, aumenta a infiltração e armazenamento de água no solo (Borges et al., 2014).

Por outro lado, na maioria das pesquisas o foco principal tem sido o estudo da parte aérea e não o sistema radicular, nesse sentido, estudos referentes a distribuição do sistema radicular é importante pois auxilia na adoção de práticas culturais, como espaçamento do plantio, manejo do solo, fertilização, irrigação e até mesmo a seleção de materiais adaptados a uma determinada região

(Neves et al., 2008). Outro fator considerado no estudo do sistema radicular é a profundidade efetiva das raízes (Z-mm) a qual é utilizada no cálculo da capacidade de água disponível (CAD) (Saad, 1992), e representa a profundidade onde se concentra a maior porcentagem (70%-80%) de raízes absorventes da cultura que devem receber a lâmina de água por meio da irrigação (de Freitas et al., 2009).

No entanto, para verificar o desempenho dos sistemas de manejo é necessária a utilização de ferramentas para diagnosticar sua viabilidade. Nesse sentido, um dos indicadores que vem sendo utilizados é o estudo da distribuição do sistema radicular das culturas. Com o avanço da informática, vários métodos e equipamentos têm sido desenvolvidos e utilizados para se avaliar o sistema radicular no perfil do solo. Dentre os métodos, destaca-se a análise não destrutiva por meio de imagens digitalizadas dos perfis radiculares obtidas de trincheiras (técnicas de Krigagem), pois este apresenta menor esforço amostral, menor custo, maior precisão e menor tempo nas análises (Mairhofer et al., 2012; Carducci et al., 2014).

No tocante a cultura do camu-camu, trabalhos em relação ao estudo do sistema radicular sobre diferentes tipos de manejo foram pouco abordados. Nesse contexto, o objetivo neste trabalho foi avaliar a distribuição espacial do radicular e profundidade efetiva das raízes em plantas de *Myrciaria dubia* com e sem cobertura vegetal morta em condições de terra firme.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

A pesquisa foi conduzida durante o período junho de 2019 a junho de 2021 um pomar de camu-camu implantado na área experimental do setor de fruticultura, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima (UFRR), Campus Cauamé, Município de Boa Vista, RR, localizada nas coordenadas geográficas de referência: 2° 52'17" N; 60° 42'46" W e altitude de 90 m.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação Climática de Köppen (Alvares et al., 2013), se caracteriza por ser tropical chuvoso, quente úmido e com estação seca bem definida. A estação seca prolonga-se de setembro a março, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março os de maiores déficits hídricos, e a estação chuvosa tem início em abril e estende-se até setembro, com maiores concentrações de chuvas nos meses de maio, junho e julho, sendo a precipitação média anual cerca de 1700 mm (Araújo et al., 2001). O solo

é caracterizado como Latossolo Amarelo Distrófico, textura média e densidade média de $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ na profundidade de 0 a 50 cm (Venâncio, 2013).

2.2. Tratos culturais

O controle das ervas daninhas foi realizado de forma manual e contínua na área da influência da copa, e mensalmente na área toda foi realizada a remoção das ervas daninhas com máquina roçadeira. Além disso, em todas as plantas de camu-camu foi realizado a remoção dos brotos ladrões com tesoura de poda. As cochonilhas foram coletadas em sacolas de forma manual e logo foram enterradas a 0,8 m. Nas plantas com 2 e 6 anos de idade foram realizadas podas de formação e frutificação, respectivamente.

2.3. Manejo da irrigação

No campo, a cultura do camu-camu foi irrigada por aspersão convencional utilizando aspersores da Asperjato Junior® com dois bocais (preto e vermelho), que originalmente operavam a pressão de serviço de 2 bar e vazão de 750 L/h e um raio de alcance de 13 m. Para as condições de trabalho retirou-se o bocal de cor vermelha resultando numa pressão de serviço de 1 bar, vazão de 1800 L/h e raio de alcance de 9 m. O turno de rega foi a cada 4 dias e feita nos finais da tarde, onde há menor velocidade do vento para diminuir à deriva da irrigação.

No entanto, à medida que as plantas se estabeleceram foi verificado que as plantas com 4 e 6 anos de idade consumiram maior quantidade de água. Nesse sentido, foi aplicada uma lâmina de irrigação diferente para cada idade com a finalidade de evitar o estresse hídrico.

2.4. Análise da distribuição do sistema radicular

Num pomar de camu-camu de diferentes idades no setor de fruticultura da UFRR, foram escolhidas ao acaso 3 plantas com 3, 5 e 7 anos, cada. Posteriormente, foi colocada cobertura vegetal morta (CVM) composta de capim (*Trachypogon plumosus*) em uma planta de cada idade na projeção da copa com espessura de 15 cm. Destacasse-se que a cobertura vegetal morta foi reposta a cada 5 meses devido a sua decomposição (Figura 1).

Após 12 meses, na fase fenológica de brotação das plantas “etapa onde as raízes ativas possuem maior desenvolvimento” (Vásquez, 2018), foi analisado a distribuição do sistema radicular das plantas com diferentes idades (3, 5 e 7 anos) com e sem cobertura vegetal morta (CVM), mediante o método da trincheira (Brasil et al., 2007). Para isso, foram abertas seis trincheiras a 0,5 m de distância

do caule da planta, com dimensões de 1,40 m de largura x 1,80 m de comprimento x 1,40 m de profundidade, em forma longitudinal à linha das plantas de camu-camu.

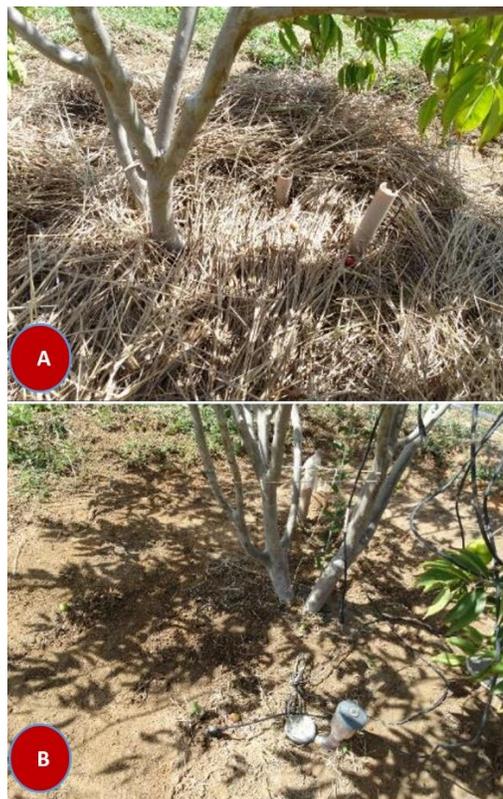


Figura 1. Plantas de camu-camu com (A) e sem (B) cobertura vegetal morta (CVM).

A avaliação das raízes foi realizada na parede vertical da trincheira sob a projeção das plantas de acordo com a metodologia de Melo et al. (2019), para isso, o solo foi escarificado ao longo da parede com um jato de água para expor as raízes. Após este procedimento as raízes foram pintadas com tinta spray de cor verde para aumentar o contraste em relação ao solo da parede da trincheira (Figura 2A, 2B, 2C y 2D). Em seguida, um gride de metal com as dimensões da trincheira foi colocado em perfeito contato sobre as raízes na parede vertical para aquisição das imagens digitais. O gride foi dividido em quadrículas com dimensões de 10 x 10 cm.

A aquisição das imagens digitais foi efetuada com câmera fotográfica digital semiprofissional com resolução espacial de 32 megapixels. Após, as imagens foram corrigidas e alinhadas com o uso do software Office Picture Manager versão 2013 e finalmente foram submetidas à quantificação do volume (mm^3) utilizando o software Safira.



Figura 2. Detalhes da abertura das trincheiras (A), exposição (B) e tintura de raízes (C) das plantas de camu-camu.

Com os resultados obtidos em cada unidade de amostragem do grid (quadrícula) procedeu-se com a estimação da semivariância amostral. Para tal, utilizou-se o centroide de cada parcela totalizando 100 pontos amostrais. Após o ajuste do modelo ao semivariograma, procedeu-se com a estimação dos pontos não amostrados a fim de buscar melhor visualização da distribuição das variáveis radiculares no perfil do solo. Para tal, foi utilizada a krigagem ordinária através do pacote *geoR* (Ribeiro & Diggle, 2006) e do software R (R Core Team, 2020).

2.5 Profundidade efetiva das raízes

Em seguida foi estimada a profundidade efetiva das raízes das plantas em cada idade (3, 5 e 7 anos), que corresponde a camada de solo explorada efetivamente pelas raízes, ou seja, abrange a camada desde a superfície até a profundidade onde se concentra a maior parte das raízes. De acordo com Cunha et al. (2010), essa profundidade é onde se concentra de 70% até 80% do total das raízes absorventes da cultura estudada que devem receber a lâmina de água no momento correto e na quantidade adequada.

Nesse sentido, foi quantificado o volume de raízes a cada 0,3 m até a profundidade de 1,2 m; esse

volume de raízes foi transformado para percentagem, em função do total de volume registrado em todo o perfil de solo. Logo a profundidade efetiva (Z) foi calculada utilizando a fórmula 1.

$$Z = \%raiz \times z1 + \%raiz \times z2 + \%raiz \times z3 + \%raiz \times z4 \quad (1)$$

Onde Z: profundidade efetiva do sistema radicular; %raiz: percentagem de raiz (transformar a número para ser utilizado na fórmula); z1, z2, z3, z4 ...: profundidade em metros correspondente a cada camada estudada.

Após toda a realização dos trabalhos, as trincheiras foram fechadas com o solo que foi retirado, evitando assim a morte das plantas.

3. Resultados e discussão

3.1 Características vegetativas das plantas de camu-camu

Na Tabela 1 mostram-se os valores das diferentes características vegetativas das plantas de camu-camu mensuradas do primeiro até o sétimo ano. Destaca-se que a partir do quarto ano foi registrado floração e produção de frutos, sendo mais representativo estas características ao sexto e

sétimo ano de idade com média de 6 e 12 kg planta⁻¹, respectivamente. Também foi determinado que a área foliar das plantas de camu-camu foi, em média, de 11,13 cm² com valores mínimos e máximos de 5,78 e 17,34 cm², respectivamente.

Tabela 1

Características vegetativas das plantas de camu-camu com diferentes idades utilizadas no estudo

Características vegetativas	Idade das plantas de camu-camu (anos)					
	2	3	4	5	6	7
NRB	1	2	2	3	3	3
NRT	4	25	54	145	185	203
H (m)	0,7	1,25	1,55	1,87	2,2	2,65
DCO (m)	0,15	0,65	1,6	1,94	2,65	3,0
DC (m)	0,015	0,06	0,11	0,14	0,17	0,2
AF (m ²)	0,50	1,55	3,11	5,44	6,99	7,77
Área foliar (cm ²)	5,78 - (11,13) - 17,34 cm ²					

Onde: NRB: número de ramos basais, NRT: número de ramos terminais, H: altura de planta (m), DCO: diâmetro de copa (m), DC: diâmetro do caule (m), AF: área foliar de toda a planta (m²).

3.2 Volume do sistema radicular das plantas de camu-camu

De forma geral foi constatado que a expansão do volume de raízes das plantas de camu-camu foi diminuindo em função da profundidade do solo. Além disso, as raízes das plantas em ausência de cobertura vegetal morta (CVM) abrangeram maior profundidade de solo. Nesse sentido, **Robinson & Saúco (2010)** relatam que a distribuição das raízes é fortemente influenciada pelo tipo do solo, porosidade, compactação, e disponibilidade de água e nutrientes, entre outros.

O uso de CVM aumentou e manteve o solo úmido, pelo fato de minimizar as perdas de água por evaporação das camadas superficiais. Além disso,

produto da decomposição do capim (*Trachypogon plumosus*) durante o período de avaliação, acumulou-se matéria orgânica, a qual melhorou as condições físicas de porosidade e densidade do solo, sendo de 40% (25% de macroporos e 15% de microporos) e 1,6 g cm⁻³, na camada de 0,0-0,2 m), de 33% (23% dos macroporos e 10% dos microporos), e densidade de 1,8 g cm⁻³ na camada de 0,2-0,4 m de profundidade. Deste modo, **Santos & Pereira (2013)** referem que a matéria orgânica permite maior agregação e coesão entre as partículas, tornando o solo mais poroso e com maior retenção de água; afirmação que coincide com os resultados encontrados neste trabalho.

Assim, a distribuição do sistema radicular das plantas com 3 anos de idade com CVM (**Figura 3A**) teve abrangência desde a superfície do solo até 0,8 m de profundidade aproximadamente. No entanto, a maior concentração de volume de raízes foi na camada de 0,0 m - 0,3 m, com 200 mm³. Na distância lateral a distribuição radicular foi assimétrica em relação a posição do caule principal, sendo que foi maior nos primeiros 0,3 m. Por outro lado, quando não foi colocada CVM (**Figura 3B**), a distribuição radicular teve maior expansão, chegando aproximadamente até os 0,9 m de profundidade, porém observa-se que a maior predominância do volume do sistema radicular (500 mm³) foi desde 0,0 m a superfície até aproximadamente 0,5 m de profundidade. Em relação a distância lateral, o desenvolvimento das raízes foi assimétrico em relação a posição do caule principal, pois as raízes abrangeram de maneira uniforme o perfil do solo.

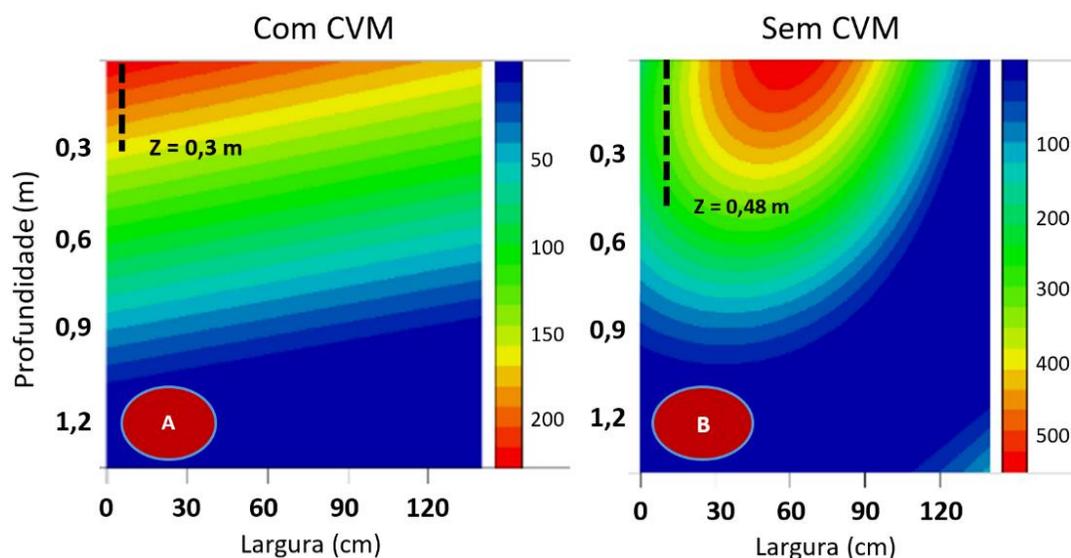


Figura 3. Volume e profundidade efetiva das raízes de plantas com 3 anos de idade, com (A) e sem cobertura vegetal (B) morta (CVM).

A profundidade total que alcançaram as raízes das plantas de camu-camu com 3 anos de idade, com e sem CVM, foi de 0,75 e 0,85 m, respectivamente. No entanto, a profundidade efetiva das raízes equivalente a 80% da concentração do volume radicular, com e sem CVM foi de 0,3 m (Figura 3A) e 0,48 m (Figura 3B), respectivamente.

Na (Figura 4A), que corresponde as plantas de camu-camu com 5 anos de idade com CVM, observa-se que houve maior desenvolvimento radicular, além disso a distribuição radicular foi simétrica abrangendo todo o perfil do solo em largura até aproximadamente 1,0 m de profundidade. Porém o maior volume de raízes (4000 mm³) foi constatado até 0,7 m de profundidade. Para as plantas da mesma idade sem CVM (Figura 4B), foi observado que a distribuição radicular foi assimétrica no perfil da parede vertical da trincheira, mas, foi verificado que as raízes tiveram maior expansão em profundidade, abrangendo até aproximadamente 1,2 m. No entanto, o maior volume de raízes (6000 mm³) concentrou-se na camada de 0,7 a 1,0 m de profundidade. A profundidade total que alcançaram as raízes das plantas de camu-camu com 5 anos de idade, com e sem CVM, foi de 1,0 e 1,15 m, respectivamente, pelo contrário, a profundidade efetiva das raízes, equivalente a 80% da concentração do volume radicular, com e sem CVM, foi de 0,43 m (Figura 4A) e 0,64 m (Figura 4B), respectivamente.

O maior volume de raízes das plantas de camu-camu com 7 anos de idade com CMV (Figura 5A) concentrou-se na camada de 0,6 a 0,9 m (12000 mm³), no entanto, foi observado que houve presença de raízes até aproximadamente 1,2 m de

profundidade. Além disso, observa-se que a distribuição do volume de raízes distribuiu-se de maneira assimétrica na parede do perfil do solo. Quando não foi utilizada CVM (Figura 5B), observa-se que as raízes alcançaram maior profundidade, superando os 1,2 m, porém, a maior concentração do volume também foi na camada de 0,6 a 0,9 m (10000 mm³). Na distância lateral, foi observado que houve distribuição assimétrica, pelo fato que as raízes não ocuparam todo o perfil do solo.

A profundidade total que alcançaram as raízes das plantas de camu-camu com 7 anos de idade, com e sem CVM, foi de 1,15 e de 1,30 m, respectivamente. Porém, a profundidade efetiva das raízes, equivalente a 80% da concentração do volume radicular, com e sem CVM, foi de 0,58 m (Figura 5A) e 0,71 m (Figura 5B), respectivamente. Os resultados obtidos nesta pesquisa são muito relevantes para a cultura do camu-camu, pois permitirá ter uma melhor aproximação da camada do solo a ser umedecida pelo sistema de irrigação. Nesse sentido, o valor profundidade efetiva do sistema radicular serve para os cálculos da lâmina líquida ou bruta de irrigação a ser aplicada as culturas. Resultados similares de 0,6 m de profundidade efetiva de raízes foram reportados por Calgaro et al. (2012), para a cultura da acerola (*Malpighia glabra*) em plena produção. Também, Neves et al. (2000) verificaram que a profundidade efetiva do sistema radicular variou de 0,50 a 0,69 m, para três variedades de acerola (*Malpighia glabra*). Para a cultura de bananeira (*Musa spp*), Santana et al. (2012) reportaram que o 80% da predominância do sistema radicular encontra-se a 0,61 m utilizando irrigação por aspersão convencional.

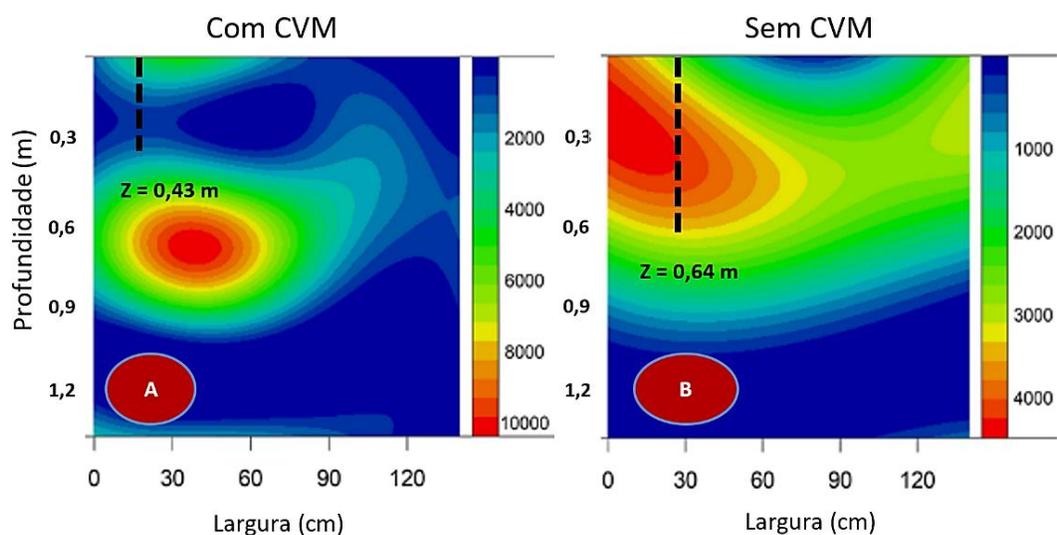


Figura 4. Volume das raízes e profundidade efetiva das raízes de plantas com 5 anos de idade com (4A) e sem cobertura vegetal morta (4B) (CVM).

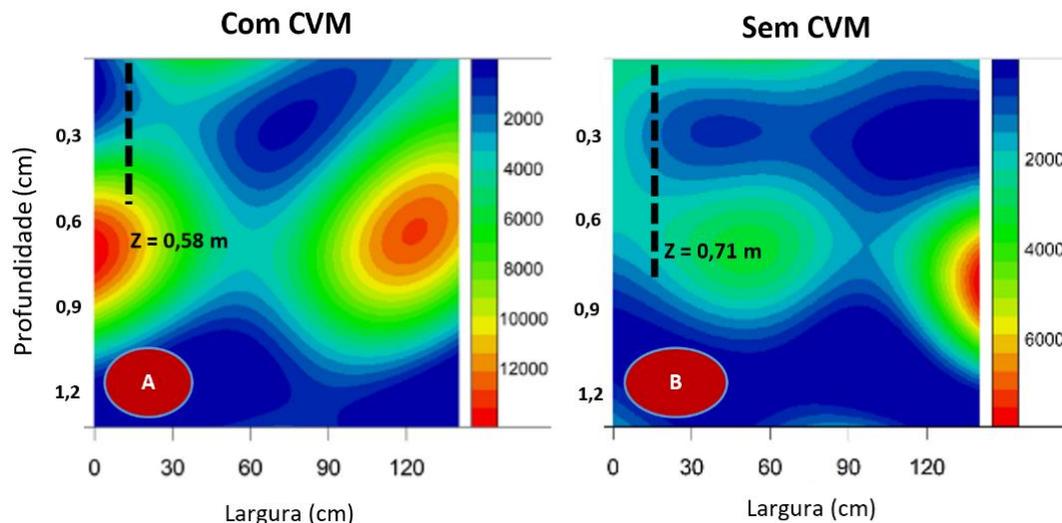


Figura 5. Distribuição do sistema radicular e profundidade efetiva das raízes de plantas com 7 anos de idade, com (5A) e sem cobertura vegetal morta (5B) (CVM).

Para goiabeira, **Basso et al. (2001)** reportaram que cerca de 80% de todo o sistema radicular encontra-se aos 0,4 m aos 3 meses, 0,6 m aos 6 e 9 meses, e 0,8 m aos 12, 18 e 34 meses. Para citrus, **Davoglio Junior et al. (2006)** referem que a profundidade efetiva do sistema radicular para as plantas de 4,5 anos de idade variou de 0,57 a 0,63 m; e para a cultura de café arábica (*Coffea arabica*) fertirrigada por meio gotejamento, **Barreto et al. (2006)** verificaram que o sistema radicular efetivo se situava entre 0,63 m e 0,70 m.

4. Conclusões

Nas plantas com 3 e 5 anos em ausência de cobertura vegetal morta tiveram maior volume e abrangeram maior profundidade, e nas plantas com 7 anos o volume do sistema radicular foi superior com presença de cobertura vegetal morta. A profundidade efetiva das raízes equivalente ao 80% da concentração do volume radicular foi menor com o uso de cobertura vegetal morta, o que é muito importante para a cultura do camu-camu, pois permitirá ter uma melhor aproximação da camada do solo a ser umedecida pelo sistema de irrigação.

Recomenda-se realizar estudos da distribuição do sistema radicular e profundidade efetiva das raízes em pomares de camu-camu plantados em solos de várzea para o planejamento e instalação de sistemas de irrigação.

Agradecimentos

Os autores desejam expressar seu agradecimento a Coordenação de Formação de Pessoal de Nível Superior-CAPES, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Roraima pela bolsa de estudos e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia-POSAGRO, da Universidade Federal de Roraima - UFRR pela formação acadêmica do autor principal.

Conflict of interest

The authors declare that they have no competing interests.

ORCID

C. Abanto-Rodríguez [ID](https://orcid.org/0000-0001-7956-5482) <https://orcid.org/0000-0001-7956-5482>
 E. Alves Chagas [ID](https://orcid.org/0000-0001-8604-7819) <https://orcid.org/0000-0001-8604-7819>
 P. Cardoso Chagas [ID](https://orcid.org/0000-0002-3182-9335) <https://orcid.org/0000-0002-3182-9335>
 W. Farias Araujo [ID](https://orcid.org/0000-0001-6002-1223) <https://orcid.org/0000-0001-6002-1223>
 N. Ramirez-Flores [ID](https://orcid.org/0000-0002-6683-728X) <https://orcid.org/0000-0002-6683-728X>
 N. Panduro-Tenazoa [ID](https://orcid.org/0000-0003-4498-6644) <https://orcid.org/0000-0003-4498-6644>
 H. Murga Orrillo [ID](https://orcid.org/0000-0001-5039-5838) <https://orcid.org/0000-0001-5039-5838>
 A. Álvarez Ticllasuca [ID](https://orcid.org/0000-0002-5410-0571) <https://orcid.org/0000-0002-5410-0571>

Referências bibliográficas

- Abanto-Rodríguez, C., Araújo, W. F., Chagas, P. C., Siqueira, R. H. da S., Chagas, E. A., et al. (2020). Determination of evapotranspiration and crop coefficient of *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh for domestication and conservation on uplands. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 26(3), 175-188, <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2019.10.020>
- Albuquerque, A. H. P. (2015). *Distribuição da umidade do solo no cultivo da goiabeira sob altas frequências de irrigação e diferentes coberturas mortas*. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola. 85 p. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes G. J. L., & Sparovek, G. (2013). Koppen climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Anhê, F.F., Nachbar, R. T., Varin, T. V., Trottier, J., Dudonné, S., et al. (2019). Treatment with camu camu (*Myrciaria dubia*) prevents obesity by altering the gut microbiota and increasing energy expenditure in diet-induced obese mice. *Gut*, 68(3), 453-464. <http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2017-315565>
- Araújo, F. W., Andrade Junior, A. S., Medeiros, R. D., & Sampaio, R. A. (2001). Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, estado de Roraima, Brasil. (2001). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5(3), 563-567. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000300032>
- Barreto, C. V. G., Sakai, E., Arruda, F. B., Silva, E. A., & Pires, R. C. M. (2006) Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro irrigado por gotejamento em Campinas. *Bragantia*, 65(4), 641-647. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400015>

- Basso, L. H., Silva, J. A. M., Silva, E. E. G., Ferreira, M. N. L., Maia, J. L. T., & Targino, E. L. (2001). Informações Sobre a Distribuição das Raízes da Goiabeira para o Manejo de Irrigação. *Boletim técnico. Embrapa*, 4 p.
- Borges, T. K. S., Montenegro, A. A. A., Dos Santos, T. E. M., Silva, D. D., Paula, V., & Silva, J. (2014). Cardinfluência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(6), 1862-1873. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021>
- Brasil, F. Da C., Zonta, E., & Oliveira, M. G. (2007). Métodos de amostragem e quantificação para estudos do sistema radicular em condições de campo—Uma revisão crítica. *Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida*, 27(2), 14–33.
- Calgari, M., & Braga, M. B. (Ed.). *A cultura da acerola*. 3 ed. rev. e aum. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 148 p.
- Carducci, C. E., Oliveria, G. C., Lima, J. M., Rossoni, D. F., Costa, A. L., & Oliveira, L. M. (2014). Distribuição espacial das raízes de caféiro e dos poros de dois Latossolos sob manejo conservacionista. *Rev. Bras. Eng. Agr. Ambient.*, 18, 270–278. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000300005>
- Chirinos, R., Galarza, J., Betaluelu, I., Pedreschi, R., & Campos, D. (2010). Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) (H.B.K.) fruit at different maturity stages. *Food Chemistry*, 120(4), 1019-1024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.041>
- Cunha, F. F., Ramos, M. M., Alencar, C. A. B., Martins, C. E., Cóser, A.C., & Oliveira, R.A. (2010). Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(2), 351- 357. <https://doi.org/10.4025/actasciagr.v32i2.1020>
- Davoglio Junior, A.C., Bordin, I., & Neves, C. S. V. J. (2006). Sistema radicular e desenvolvimento de plantas cítricas provenientes de viveiro telado e aberto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(2), 72-175. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200004>
- De Freitas, S. C. A., Costa, G. C. A., bezerra, L. F. M., Montenegro, T. A. A., & Texeira, dos Santos. A. (2009). Sistema radical do maracujazeiro irrigado submetido a diferentes níveis de potássio. *Scientia Agraria*, 10(3), 175-183.
- García-Chacón, J. M., Marín-Loaiza, J. C., & Osorio, C. (2023). Camu Camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh): An Amazonian Fruit with Biofunctional Properties - A Review. *ACS Omega*, 8(6), 5169-5183. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07245>
- Langley, P., Pergolizzi, J., Taylor, R., & Ridgway, C. (2015). Antioxidant and associated capacities of camu-camu (*Myrciaria dubia*): A systematic review. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 21, 8-14. <https://doi.org/10.1089/acm.2014.0130>
- Mairhofer, S., Zappala, S., Tracy, S. R., Sturrock, C., Bennett, M., Mooney, S. J., & Pridmore, T. (2012). RooTrak: Automated recovery of three-dimensional plant root architecture in soil from X-ray microcomputed tomography images using visual tracking. *Plant Physiol.*, 158, 561–569. <https://doi.org/10.1104/pp.111.186221>
- Melo, V. F; Chagas, E. A, Da Silva Siqueira, R. E., Mesquita De Souza, O., De Almeida, L. F. P., Rossoni, D., Chagas, P. C., & Abanto-Rodríguez, C. (2019). Camu-camu Root Distribution under Different Nitrogen and Potassium Doses through Drip Fertigation, *HortScience*, 54(4), 743-748. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13852-19>
- Neves, C. S. V. J., Borges, A. V., Kanai, H. T., Prete, E. C. E., & Pipolo, V. C. (2000). *Distribuição do sistema radicular de aceroleira: cultivares Dominga, Ligia e Natalia*. In XVI Congresso Brasileiro de Fruticultura, CD rom. fortaleza, 2000.
- Neves, C. S. V. J., Stenzel, N. M. C., Carvalho, S. L. C., Furlaneto, T. L. R. & Okumoto, S. H. (2008). Sistema radicular de quatro porta enxertos sob copa de tangerina "Pocã". *Ciência Agrotecnologia*, 32(2), 487-492. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200022>
- Neves, L., Xavier, V., Alves, J., Flach, A., & Ruffo, S. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in pre-harvest camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh] fruits. *Scientia Horticulturae*, 186, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.031>
- Nowak, D., Gośliński, M., Przygoński, K., & Wojtowicz, E. (2023). *Averrhoa carambola* L., *Cyphomandra betacea*, *Myrciaria dubia* as a Source of Bioactive Compounds of Antioxidant Properties. *Foods*, 12(4), 753. <http://dx.doi.org/10.3390/foods12040753>
- Pinedo, P. M., Delgado, V. C., Farronay, P. R., Imán, C. S., Villacrés, V. J., Faching, M. L., Oliva, C. C., Abanto, R. C., Bardales, L. R., & Vega, V. R. (2010). *Camu-Camu (Myrciaria dubia-Myrtaceae): Aportes para su Aprovechamiento Sostenible en la Amazonia Peruana*. Iquitos, Perú. 135 p.
- R Core Team (2021) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>.
- Ribeiro, J. R., & Diggle, P. J. (2006). GeoR: A package for geostatistical analysis. *R NEWS*, 7(2). 2006, 24. p
- Robinson, J. C., & Saúco, V. G. (2010). *Banana and Plantains* (2nd Edition), CAB International, Wallingford, UK. 311 p.
- Saad, A. M. (1992). *Uso do tensiômetro de faixas em pivô central*. Disponível em: <http://www.agr.fieis.unesp.br/irrigacao.html>.
- Santana, J. A. V., Coelho, E. F., Faria, M. A., Silva, E. L., & Donato, S. L. R. (2012). Distribuição de raízes de bananeira ‘prata-anã’ no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(1), 124-133. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100018>
- Santos, J. N., & Pereira, E. D. (2013). Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã. *Cadernos de Pesquisa, São Luís*, 20(especial), 63-71. <https://doi.org/10.18764/2178-2229.v20n.especialp63-71>
- Sun, X., Ye, Y., Guan, Q., & Jones, D. L. (2021). Organic mulching masks rhizosphere effects on carbon and nitrogen fractions and enzyme activities in urban greening space. *Journal of Soils and Sediments*, 21, 1621-1632. <https://doi.org/10.1007/s11368-021-02900-7>
- Vailati, T., & Salles, R. F. de M. (2010). Rendimento e qualidade de frutos de morango sob diferentes coberturas de solo. *Revista Acadêmica Ciências Agrária Ambiental*, 8(1), 29-37.
- Vásquez, R. D de J. (2018). *Relación del crecimiento radicular con la fase fenológica reproductiva de Myrciaria dubia (H.B.K. Mc Vaugh) en los clones CA-253, CA-294 y CA-81, en la Estación Experimental del IIAP – Ucayali*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. 111 p.
- Venâncio, J. B. (2013). *Produção de Mudas e cultivo de Abacaxizeiro em condições de campo sob adubação potássica e lâminas de Irrigação*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Roraima. Boa Vista – RR. 115 p.