



O efeito do hidrogel na sobrevivência e crescimento de espécies nativas

Jamile Evelyn Furtado Ferreira ^{a*}, Susan Aragón Carrasco ^b, Raimundo Cajueiro Leandro ^b,
Izabela de Lima Feitosa ^b, Gean Carla da Silva Sganderla ^a

^a Universidade Federal De Rondônia, Brasil

^b Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil

* Autor correspondente (evelynfurtado70@gmail.com)

INFO

Keywords

hidrogel
water stress
native species
forest restoration
Amazon

ABSTRACT

The effect of hydrogel on the survival and growth of native species of the Amazon

The application of hydrogel has been a strategy used to mitigate water stress in seedlings planted in degraded areas. This study evaluated the influence of hydrogel on the survival and growth of five native Amazonian species (*Euterpe oleracea*, *Carapa guianensis*, *Dipteryx odorata*, *Theobroma grandiflorum*, and *Bactris gasipaes*) in agroforestry systems without controlled irrigation. The experiment was conducted in the municipality of Porto Velho, Rondônia, where plots with and without hydrogel were compared in terms of seedling survival and growth over 187 and 235 days after planting. The results showed that pupunha (55.92%) and cumaru (36.49%) had the highest survival rates, while açai (1.32%), cupuaçu (1.74%), and andiroba (7.89%) exhibited significantly lower values. Statistical analysis did not indicate a significant effect of hydrogel on the survival of the tested species. Regarding height and diameter growth, only cumaru showed a statistically significant increase, suggesting greater adaptation to the experimental conditions. The findings indicate that hydrogel, under the evaluated conditions, was not sufficient to mitigate water stress in seedlings, especially given the severe drought observed during the experimental period. Therefore, complementary strategies, such as selecting more resistant species and implementing proper soil management, are essential for optimizing forest restoration and reducing irrigation costs in degraded areas of the Amazon.

RESUMO

A aplicação de hidrogel tem sido uma estratégia utilizada para mitigar o estresse hídrico em mudas implantadas em áreas degradadas. A restauração florestal na Amazônia é o principal sistema de defesa quando se trata dos danos gerados pelo estresse hídrico, ainda que os efeitos do hidrogel em espécies nativas da região, em condições sem irrigação, ainda são pouco compreendidas. Este estudo objetivava avaliar a influência do hidrogel na sobrevivência e no crescimento de cinco espécies nativas da Amazônia (*Euterpe oleracea*, *Carapa guianensis*, *Dipteryx odorata*, *Theobroma grandiflorum* e *Bactris gasipaes*) em sistemas agroflorestais, sem irrigação controlada. O experimento foi conduzido no município de Porto Velho, Rondônia, onde parcelas com e sem hidrogel foram comparadas em relação à sobrevivência e crescimento das mudas ao longo de 187 e 235 dias após o plantio, onde as espécies foram cultivadas em propriedades privadas de pequenos produtores. Os resultados mostraram que a pupunha (55,92%) e o cumaru (36,49%) tiveram as maiores taxas de sobrevivência, enquanto o açai (1,32%), o cupuaçu (1,74%) e a andiroba (7,89%) apresentaram valores significativamente menores. A análise estatística não indicou efeito significativo do hidrogel na sobrevivência das espécies testadas. No crescimento em altura e diâmetro, apenas o cumaru apresentou incremento estatisticamente significativo, sugerindo maior adaptação às condições experimentais. Os achados indicam que o hidrogel, nas condições avaliadas, não foi suficiente para mitigar o estresse hídrico das mudas, especialmente diante da seca severa observada no período experimental. Assim, estratégias complementares, como a seleção de espécies mais resistentes e o manejo adequado do solo, são essenciais para otimizar a restauração florestal e reduzir os custos com irrigação em áreas degradadas da Amazônia.

Palavras-chaves

hidrogel
estresse hídrico
espécies nativas
restauração florestal
Amazônia



INTRODUÇÃO

A Amazônia, maior floresta tropical do planeta, é foco de intensos estudos ambientais por sua biodiversidade e função climática. Trata-se de uma vasta faixa de vegetação arbórea, composta por inúmeras espécies de plantas, mamíferos, répteis, fungos e microrganismos. Mas também possui um acervo cultural inestimável devido aos vários povos que habitam este bioma, sendo aproximadamente 44 milhões de habitantes, entre eles populações tradicionais: indígenas, quilombolas e ribeirinhos (Brandão et al. 2023; Heck et al. 2005).

Contudo, essa grande biodiversidade da região amazônica está sendo impactada por ações antrópicas, como as queimadas, grilagem de terras, o desmatamento desenfreado para a produção de bovinos, produção de soja (Domingues et al. 2012) e de milho (Anjos, 2023), que se configuram como ações locais. No âmbito global, as mudanças climáticas (Couto, 2020; Organização Mundial da Saúde, 2009; Santos e Lima, 2022) possuem impactos generalizados em todo o ecossistema amazônico.

De acordo com Brandão et al. (2023), a floresta amazônica possui cerca de 800 mil km² já desmatados. Sendo que o INPE, em 2017, demonstrava cerca de 729 mil km² já desmatados, o que correspondia, na época, a 17% de todo o bioma amazônico. Este quantitativo inquietante de degradação impacta de forma direta na qualidade hídrica da região, bem como nos aspectos climáticos da floresta e seu ecossistema diverso, afetando a fauna e a flora regional.

O desmatamento, seja para a produção bovina ou para a agricultura em grande escala, pode alterar as condições climáticas localmente e globalmente. Desta forma, a remoção da vegetação nativa compromete de forma direta os ciclos biogeoquímicos, como o da água (Kayser, 2024), inibindo a formação e o deslocamento dos chamados rios voadores, afetando a principal fonte de abastecimento hídrico local e inclusive da região sul do país (Brandão et al. 2023; Monteiro, 2021).

Neste sentido, as chuvas locais podem diminuir e entrar em processo de desertificação (Morais et al. 2019), que a longo prazo inviabiliza novas plantações, tornando o ambiente infértil e improdutivo (Kayser, 2024). O aquecimento global pode impactar significativamente o ambiente amazônico. Através das mudanças de temperaturas globais, eventos extremos, como ondas de calor, enchentes, secas extremas, ventanias, dentre várias outras implicações, podem ocorrer com maior frequência, intensidade ou severidade (Nobre et al. 2010; van Passel, 2024), o que tem tornado esse ambiente cada vez mais vulnerável (Brandão et al. 2023). Essas alterações significativas estabelecem

limitações ambientais para restauração ecológica, o que exige soluções diversificadas que possam considerar o estresse hídrico e os eventos climáticos internos da própria região e os externos, como as variações climáticas ocasionadas pelo aquecimento global.

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais entram como uma forte alternativa para mitigar os efeitos destrutivos do desmatamento que a região amazônica vem sofrendo nas últimas décadas (Morais et al. 2019). Associando tecnologia, ciência e métodos de plantio, pode-se dar margem a uma nova perspectiva para a Amazônia, onde se produza sem eliminar ou degradar os componentes do ambiente. Brandão et al. (2023) e Ewert et al. (2021) mencionam que o sistema agroflorestal pode gerar valores próximos de 7 milhões anuais com o manejo florestal, o que forneceria renda para agricultores locais; todavia, ainda carece de estudos e investigações mais aprofundadas.

Frente ao cenário de mudanças climáticas e do regime de secas mais extremas, uma alternativa se torna promissora no mercado agrícola brasileiro (Klein e Klein, 2015) e na silvicultura (Monteiro Neto et al. 2017): o chamado *hidrogel*. Tal gel é capaz de reter água e alguns nutrientes que auxiliam a planta no início de seu desenvolvimento, sendo um método de baixo custo e de fácil aplicação. Ele pode ser aplicado juntamente ao solo em grânulos ou em gel, o que depende da necessidade da planta, como a baixa ou alta necessidade de água (Monteiro Neto et al. 2017). O *hidrogel* se constitui como uma alternativa rentável e objetiva no processo de restauração florestal, principalmente em condições de estresse hídrico.

Ahmed (2015) classifica os hidrogéis agrícolas conforme suas características químicas e origem. Quanto à origem, podem ser naturais ou produzidos de forma sintética. Além disso, o *hidrogel* também é classificado de acordo com suas diversas composições poliméricas, como hidrogéis homopoliméricos, hidrogéis copoliméricos, dentre outros.

A utilização do *hidrogel* também pode oferecer benefícios para o plantio de árvores, como demonstrado por Alvarez et al. (2023): eles aplicaram na espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Fabaceae), o que lhe garantiu melhor desempenho no crescimento e na resistência à seca, mantendo a sobrevivência das mudas, que permaneceram 30 dias sem o fornecimento de água.

Navroski et al. (2015) mostraram que a utilização do *hidrogel* diminuiu o uso de lâminas de água para irrigação, ou seja, o *hidrogel* foi eficiente na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*, mesmo em ambiente de estresse hídrico, além de melhorar as características químicas e físicas do

substrato utilizado. Contudo, faz-se mister a investigação e realização de novos estudos que apontem a eficácia dos hidrogéis em diferentes espécies e regiões.

O estudo propõe a busca de alternativas que possibilitem o estabelecimento de plantios florestais, visando à restauração de áreas degradadas na Amazônia em períodos de secas eminentes. Diante desse cenário, este trabalho objetiva avaliar a eficácia do uso de *hidrogel* na sobrevivência e crescimento de espécies nativas em áreas alteradas da Amazônia, mais especificamente em Porto Velho, Rondônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo, de caráter observacional e qualitativo, faz parte do projeto *Amazônia +10*, realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), na zona rural de Porto Velho, Rondônia, nas comunidades de Maravilha (8° 42' 49.2624" S, 63° 56' 41.784" W), São Domingos (8° 49' 13.926" S, 63° 59' 6.8748" W) e Riacho Azul (8° 48' 34.58" S, 64° 1' 39.99" W) (Figura 1).

De acordo com Santos et al. (2018), o solo da região é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (Moquedace et al., 2024). O clima é tropical de monção (Am, na classificação de Köppen; Alvares et al., 2014), com uma estação seca bem definida de maio a setembro, temperatura média anual de 26 °C, mínima de 22 °C e máxima de 33 °C, e precipitação média anual de 2.400 mm no período de 1991 a 2020 (INMET, 2024).

Foram selecionadas oito propriedades de produtores familiares para instalação das parcelas, cuja participação foi voluntária. Os proprietários disponibilizaram 0,5 hectare de área degradada contínua, com o mesmo tipo de degradação (pastagem degradada ou solo exposto). Cada parcela possui 0,25 hectare de sistemas agroflorestais (SAFs), medindo 50 × 50 metros. Foram utilizadas três linhas de cupuaçu (30 mudas), duas linhas de pupunha (20 mudas), três linhas de açaí (30 mudas) e cinco linhas de cumaru (10 mudas) e andiroba (10 mudas), espécies florestais.

Na instalação das parcelas, adotaram-se os seguintes procedimentos de campo:

1. Reuniões com agricultores para explicar o

- projeto e convidá-los à participação;
2. Visitas às propriedades dos participantes e seleção das parcelas com base no histórico de uso;
3. Entrevistas com os agricultores sobre o manejo das áreas e preferência por espécies;
4. Seleção das espécies mais preferidas e disponíveis nos viveiros parceiros para compor o conjunto de espécies utilizadas;
5. Coleta de amostras de solo para caracterização química e física;
6. Limpeza das áreas;
7. Coveamento;
8. Calagem por cova;
9. Produção das mudas de pupunha, cupuaçu, açaí, andiroba e cumaru no viveiro da ONG parceira RioTerra;
10. Plantio com as cinco espécies (descritas acima), realizado na semana de 19 de fevereiro de 2024;
11. Junto ao plantio, foi realizada a adição do hidrogel — os tratamentos utilizados foram com e sem hidrogel. Na metade da parcela foram adicionados 2 litros de hidrogel (*Titanium Sollus®*, Solo Rico Agrociências) por cova, com diluição de 5 g/L;
12. O levantamento inicial dos dados de crescimento ocorreu entre 1º e 2 de abril de 2024. Para avaliar o crescimento em diâmetro e altura, realizaram-se aferições da altura das plantas (cm), com fita métrica, e do diâmetro do caule (mm), a 10 cm do solo, utilizando-se paquímetro (Haase, 2008; Clement, 2000);
13. Passados cinco meses, em 24 de agosto de 2024, cumpridos 187 dias de instalação do experimento, foram realizados o levantamento de sobrevivência e o replantio de mudas;
14. A coleta final dos dados de crescimento — diâmetro do colo (cm) e altura (cm) das plantas sobreviventes — foi realizada em 11 de outubro de 2024, aos 235 dias após a instalação do experimento.

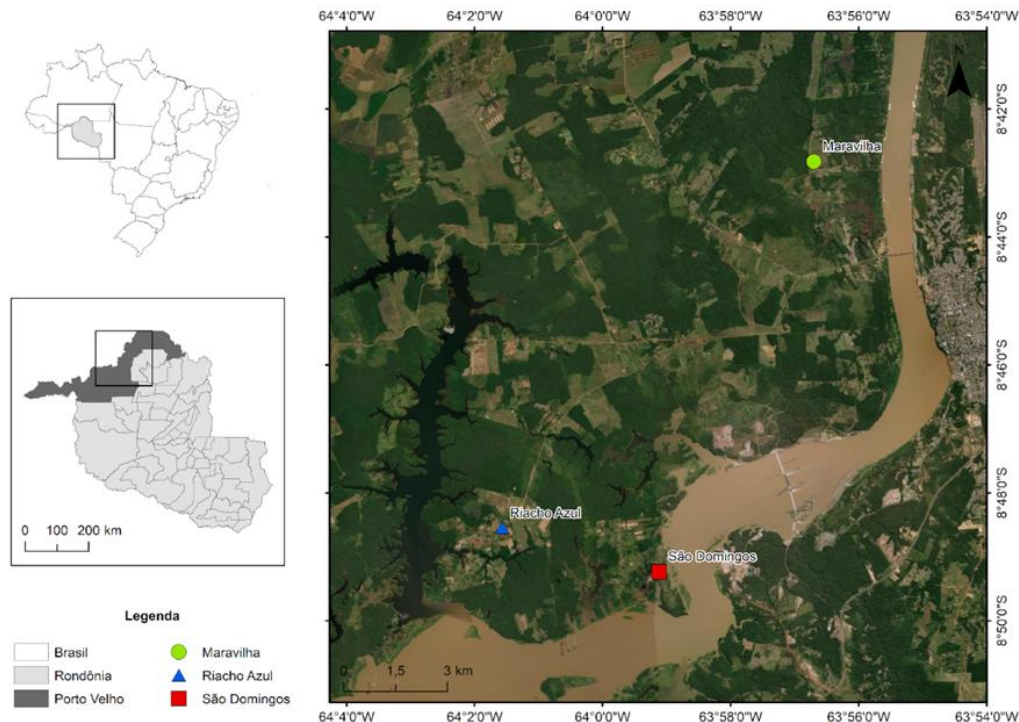


Figura 01- Localização das comunidades de inserção do Projeto Amazônia + 10 (Rondônia).

ESPÉCIES SELECIONADAS

Foram selecionadas, em conjunto com os agricultores, cinco espécies de árvores nativas: *Açaí* (*Euterpe oleracea* Mart.), *Andiroba* (*Carapa guianensis* Aubl.), *Cumaru* (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. S), *Cupuaçu* (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e *Pupunha* (*Bactris gasipaes* Kunth).

Os desenhos do plantio foram compostos por dez linhas (Figura 2): duas linhas de *Pupunha*, três linhas de *Açaí*, três linhas de *Cupuaçu* e duas linhas mistas de *Andiroba* e *Cumaru*, com espaçamento de cinco metros entre as plantas. Como plantas de cobertura, foram semeadas, ao redor das mudas de *Açaí* e *Cupuaçu*, sementes de *Guandu* (*Cajanus cajan*), em quatro covas ao redor de cada planta, com cinco sementes por cova. Nas entrelinhas, também foram semeadas sementes de *Feijão-de-porco* (*Canavalia ensiformis*), a 1,5 metro de distância da linha principal das plantas, distribuindo-se cinco sementes por metro (Figura 2).

A *Pupunha* (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmeira alta, com múltiplos caules, que pode atingir até 20 m de altura. Seu sistema radicular se estende até 7 m na horizontal e 2 m na vertical. O diâmetro do caule, quando adulta, varia de 15 a 30 cm (Oliveira e Brandão, 2022). A importância de se testar a pupunha no sistema agroflorestal está atrelada à sua função econômica, pela produção de frutos comestíveis e pela capacidade de suprir a

demanda de palmito, reduzindo a pressão sobre a extração predatória. Devido a essas características, a pupunheira pode ser cultivada na agricultura familiar, inclusive em monocultivo, de forma sustentável do ponto de vista social e econômico (Embrapa, 2022).

O *Açaí* (*Euterpe oleracea* Mart.) apresenta estipes de 3 a 20 m de altura e de 7 a 18 cm de diâmetro. Os dois principais produtos utilizados na alimentação humana são o palmito e os frutos. No setor industrial e artesanal, a polpa do açaí é amplamente utilizada na produção de sorvetes, geleias e licores (Nascimento, 2024). O cultivo e a extração do açaí são importantes para o meio ambiente, pois permitem a preservação da floresta amazônica. Grande parte dessas atividades é realizada por populações tradicionais e agricultores familiares (Embrapa, 2022). O açaí apresenta alta exigência hídrica e manifesta sensibilidade a déficits de água, com queda drástica na produtividade e no crescimento quando submetido a estresse hídrico, exigindo manejo cuidadoso da irrigação.

A *Andiroba* (*Carapa guianensis* Aubl.) é uma das espécies mais valiosas da Amazônia, atingindo de 20 a 30 m de altura e troncos de 50 a 120 cm de diâmetro (Costa e Moraes, 2013). Seus usos são múltiplos: a madeira e o óleo extraído das sementes são os principais produtos. A espécie é explorada intensivamente em sistemas extrativistas, mas pode formar reflorestamentos em consórcios ou monocultivos destinados à produção de madeira

e/ou fins medicinais (Da Fonseca, 2021). Ecologicamente, apresenta forte adaptação aos ecossistemas de várzea e igapó (florestas inundáveis), sendo espécie-chave na regeneração e manutenção da estrutura florestal.

O *Cupuaçu* (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) possui casca marrom e dura, altura entre 8 e 18 m e diâmetro de copa de 6 a 8 m. Nativo da Amazônia, tem polpa e sementes amplamente utilizadas pela indústria (Lima-Primo, 2017). Sua importância econômica e ambiental decorre da integração aos Sistemas Agroflorestais (SAFs), que combinam árvores, culturas agrícolas

e, às vezes, criação de animais, imitando a estrutura natural da floresta. Esse manejo contribui para a restauração de áreas degradadas, melhora a qualidade do solo e ajuda a preservar a biodiversidade, além de gerar renda e emprego local com baixo impacto ambiental.

O *Cumarú* (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. S) pode atingir até 40 m de altura e 150 cm de diâmetro quando adulto. Suas sementes contêm um óleo essencial aromático amplamente utilizado para fins medicinais, e sua madeira é empregada na construção civil (Carvalho, 2009; Embrapa, 2017).

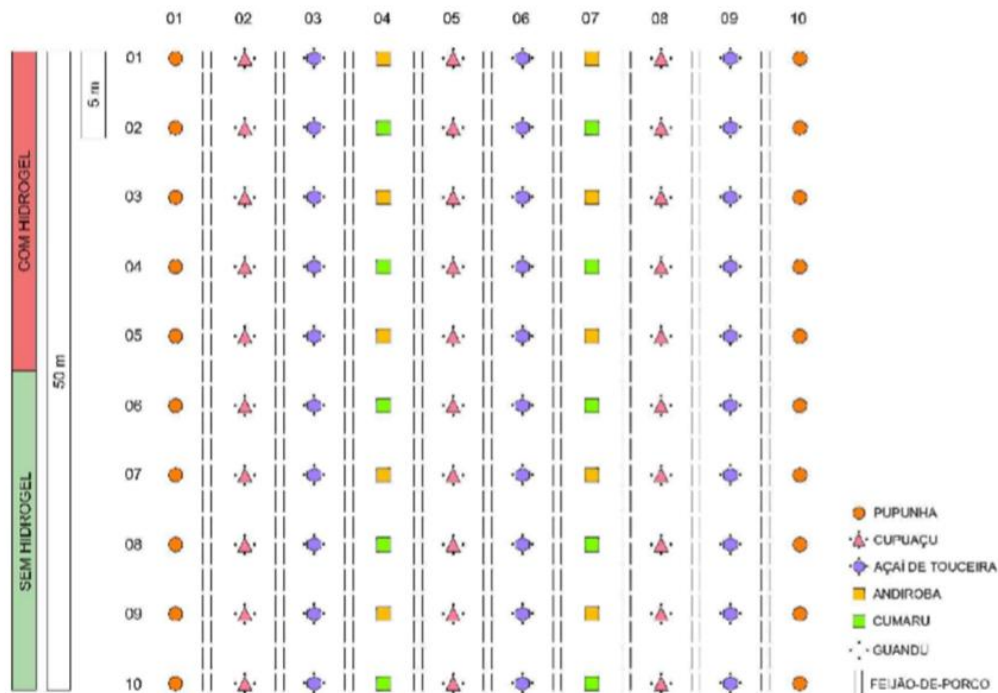


Figura 2 - Croqui das parcelas do sistema agroflorestal instaladas.

ANÁLISE DE DADOS

Foram realizadas estatísticas descritivas para sumarizar os dados de sobrevivência. A normalidade dos dados foi testada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para avaliar a associação entre a aplicação do hidrogel e a sobrevivência, utilizou-se o teste do Qui-quadrado. A comparação das médias de crescimento em altura e diâmetro entre os tratamentos foi feita por meio da análise t-pareado. Todas as análises foram conduzidas nos softwares PAST (Hammer, 2024) e GraphPad Prism (GraphPad 8.1, 2024). O mapa de localização foi elaborado no programa ArcGIS 10.8 (ArcMap, 2020), e o croqui das plantas foi desenvolvido no software AutoCAD 2019 (Autodesk, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Taxa de sobrevivência

Durante o ano de 2024, observou-se um contexto de seca regional que afetou diretamente a eficácia do hidrogel, cuja efetividade depende de sua capacidade de retenção hídrica. Diante da estiagem, essa capacidade foi comprometida. A avaliação da taxa de sobrevivência de cinco espécies nativas da Amazônia (Pupunha, Cumarú, Açaí, Cupuaçu e Andiroba) — plantadas sob condições de campo em áreas de recuperação de pastagens degradadas, sem irrigação controlada e com uso do hidrogel — teve como objetivo simular condições naturais de regeneração ambiental.

Contrariando a expectativa inicial, após 187 dias do plantio (24/08/2024), os dados indicaram variações significativas na capacidade de sobrevivência entre as espécies (teste do Qui-quadrado: $\chi^2 = 272,21$; $p < 0,000001$). Pupunha

(55,92%) e Cumaru (36,49%) destacaram-se como as espécies mais resilientes. Em contraste, Açaí, Cupuaçu e Andiroba apresentaram baixas taxas de sobrevivência — 1,32%, 1,74% e 7,89%, respectivamente (Tabela 1).

A análise da associação entre o uso de hidrogel e a sobrevivência aos 187 dias mostrou que, nas condições implementadas, o hidrogel não teve efeito significativo em nenhuma das espécies (teste do Qui-quadrado, $p > 0,05$ para todas). No entanto, a observação qualitativa sugere que o uso do hidrogel pode orientar estudos futuros sobre estratégias de preservação de espécies nativas sob condições ambientais e climáticas adversas.

Os resultados indicam que Pupunha e Cumaru apresentaram maior resiliência às condições de seca nas áreas em recuperação, enquanto as demais espécies foram severamente impactadas pela falta de chuvas, apresentando baixíssima sobrevivência. O Cupuaçu, em particular, não reagiu positivamente ao uso de hidrogel, o que pode estar relacionado às suas exigências ecológicas — solos de alta umidade, bem drenados e com sombreamento parcial. Assim, o hidrogel, nas condições testadas, não demonstrou eficácia significativa em aumentar as taxas de sobrevivência, indicando que sua aplicação, isoladamente, não foi capaz de mitigar o estresse hídrico das plantas.

Esses achados reforçam a necessidade de estratégias complementares para aumentar o sucesso da regeneração ambiental, especialmente para espécies menos tolerantes à seca.

O desempenho observado está diretamente associado à seca severa que caracterizou o ano de 2024 na Amazônia (Figura 5), fenômeno que

agravou as dificuldades de regeneração em áreas degradadas. O experimento, conduzido em pasto abandonado sob condições naturais e sem irrigação controlada, evidenciou grande variação entre as espécies quanto à sobrevivência — com destaque para a Pupunha (55,92%) e o Cumaru (36,49%) como as mais tolerantes ao estresse hídrico extremo. Já Açaí (1,32%), Cupuaçu (1,74%) e Andiroba (7,89%) apresentaram sobrevivência drasticamente reduzida.

O ano de 2024, marcado por uma seca intensa, coincidiu com a implementação do experimento e agravou o déficit hídrico no solo (Figura 6), reduzindo a disponibilidade de água para as plantas. Embora o hidrogel seja uma tecnologia voltada à retenção de umidade, os resultados mostraram que sua aplicação não teve efeito significativo na sobrevivência de nenhuma das espécies avaliadas, tanto aos 187 dias (24/08/2024) quanto aos 235 dias (11/10/2024) após o plantio. Isso indica que, sob condições climáticas extremas como as enfrentadas em 2024, o hidrogel pode não ser suficiente para compensar a escassez de chuvas.

A análise final, realizada nove meses após o plantio (11/10/2024), revelou uma drástica redução no número de plantas sobreviventes — apenas 29 indivíduos de Pupunha e 17 de Cumaru permaneceram vivos, enquanto as demais espécies apresentaram mortalidade total. Esses resultados reforçam a hipótese de que a resiliência à seca é espécie-específica e que fatores adicionais — como características morfológicas do sistema radicular, tipo de solo, fisiologia das espécies e adaptações ao estresse hídrico — influenciam o desempenho superior observado em Pupunha e Cumaru.

Tabela 01 - Dados de sobrevivência das 05 espécies aos 187 dias da instalação do Experimento

Espécie	Espécie	Espécie	Espécie	Sobrevivência (%)
Pupunha	85	67	7	55,92
Açaí	3	225	5	1,32
Cupuaçu	4	226	5	1,74
Andiroba	6	70	9	7,89
Cumaru	0,11	154	4	19,88

Tabela 2: Resultados do teste de associação entre a aplicação do hidrogel e a sobrevivência para cada uma das espécies do experimento. Teste de Chi quadrado (χ^2) na sobrevivência dos 187 dias do experimento.

Espécie	χ^2	p	Significância
Pupunha	2,16	0,14	ns
Açaí	0,34	0,56	ns
Cupuaçu	1,05	0,30	ns
Andiroba	0,07	0,78	ns
Cumaru	0,08	0,77	ns

ns: Não significativa

De acordo com os dados coletados 235 dias após a implantação do experimento, observou-se uma drástica redução no número de plantas sobreviventes. Verificou-se que apenas 29 indivíduos de *Pupunha* e 17 de *Cumaru* permaneceram vivos, enquanto todas as plantas das demais espécies morreram. Mais uma vez, não foi detectada associação significativa entre o uso do hidrogel e a sobrevivência das plantas, tanto para a *Pupunha* (teste do Qui-quadrado: $\chi^2 = 0,38$; $p = 0,54$) quanto para o *Cumaru* (teste do Qui-quadrado: $\chi^2 = 0,71$; $p = 0,40$).

Esses resultados reforçam a necessidade de considerar eventos climáticos extremos, como secas severas, na formulação de estratégias de recuperação ambiental na Amazônia. A baixa taxa geral de sobrevivência, agravada pela ineficácia do hidrogel nas condições testadas para mitigar o estresse hídrico, destaca a importância de medidas integradas, como o uso de espécies mais tolerantes à seca, o planejamento adequado do local de plantio e a implementação de sistemas de irrigação ou de retenção de água mais eficazes. Em cenários de mudanças climáticas, tais estratégias tornam-se essenciais para aumentar a eficiência de projetos de restauração ecológica e mitigação dos impactos ambientais.

Crescimento em diâmetro

O estudo também avaliou o efeito do hidrogel no crescimento em diâmetro das plantas estabelecidas em sistemas agroflorestais implantados em áreas degradadas. Considerando que apenas duas espécies — *Pupunha* e *Cumaru* — sobreviveram até a coleta final de dados, aos 235 dias após o plantio, os resultados apresentaram comportamentos contrastantes entre espécies e

tratamentos.

Para a *Pupunha*, aos 235 dias após o plantio, as plantas sem hidrogel apresentaram diâmetro do colo significativamente maior do que aquelas com hidrogel ($1,0 \pm 0,22$ cm vs. $0,8 \pm 0,21$ cm; teste t pareado: $t = 2,47$; $p = 0,02$; Tabela 3), contrariando a hipótese inicial. Apesar da diferença ser pequena (0,2 cm), o resultado sugere que, nas condições do experimento, o hidrogel pode não ter favorecido o crescimento em diâmetro desta espécie. É possível que o desempenho contrário à expectativa esteja relacionado às condições iniciais de plantio e ao tamanho reduzido da amostra ($n = 16$ com hidrogel e $n = 13$ sem hidrogel), já que apenas os indivíduos sobreviventes até o final foram incluídos na análise estatística.

No caso do *Cumaru*, aos 235 dias, as plantas com hidrogel apresentaram diâmetros ligeiramente maiores do que as sem hidrogel ($0,73 \pm 0,22$ cm vs. $0,62 \pm 0,12$ cm; Tabela 3). Entretanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa (teste t pareado: $t = 1,36$; $p = 0,19$). Mesmo assim, o comportamento observado sugere um possível efeito positivo do hidrogel sobre o crescimento do *Cumaru*, ainda que não suficientemente robusto para ser comprovado estatisticamente (Figura 4C e 4D).

As médias de crescimento em diâmetro e altura foram comparadas entre T1 (42 dias após o plantio) e T2 (235 dias após o plantio). Para descartar qualquer influência do viveiro sobre o crescimento inicial, comparou-se o diâmetro das plantas nas medições iniciais (T1). As medidas de altura em T1 e T2 não apresentaram variações significativas entre os tratamentos, indicando que não houve diferença expressiva no tamanho das plantas entre os grupos. O efeito observado foi pequeno, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 3: Comparação da altura e diâmetro da pupunha e cumaru entre tratamentos com e sem hidrogel aos 235 dias da implantação do experimento (11/10/2024).

Espécies	Variável	Tempo		Teste t pareado	
		T1	T2	t	p
Pupunha	Altura	$34,7 \pm 11,2$	$33,4 \pm 11,7$	0,3055	0,76
	Diâmetro	$0,8 \pm 0,21$	$1 \pm 0,22$	2,47	0,02*
Cumaru	Altura	$45,8 \pm 17,03$	$46,25 \pm 12,28$	0,049	0,96
	Diâmetro	$0,62 \pm 0,12$	$0,73 \pm 0,22$	1,36	0,19

Para o *Cumaru*, o crescimento em diâmetro, entre o medida inicial (T1 = 42 dias após o plantio) e medida final (T2 = 235 dias após o plantio), foi significativo, passando de $0,68 \pm 0,18$ cm em T1

para $0,86 \pm 0,20$ cm em T2 ($p = 0,004$). Este resultado demonstra uma maior capacidade do *Cumaru* de acumular biomassa em diâmetro ao longo do tempo, o que reflete sua maior resiliência

em relação às condições experimentais (Tabela 4).

No entanto, as medidas de diâmetro da Pupunha entre o T1 e T2 mostraram incremento de $0,87 \pm 0,24$ cm para $0,89 \pm 0,24$ cm (Figura 3 A e B). No entanto, esta diferença não foi significativa (Teste

de t pareado, $t = 0,34$, $p = 0,73$), indicando que o crescimento em diâmetro foi negligível ao longo do período avaliado (Tabela 4).

Tabela 4: Comparação no crescimento entre T1 (42 dias após data de plantio-01/04/2024) e T2 (235 dias após data de plantio – 11/10//2024) em altura e diâmetro da Pupunha e Cumarú.

Espécies	Variável	Tempo		Teste t pareado	
		T1	T2	t	p
Pupunha	Altura	$27,97 \pm 11,01$	$34,10 \pm 11,24$	-1,90	0,07 ns
	Diâmetro	$0,87 \pm 0,24$	$0,89 \pm 0,24$	0,34	0,73 ns
Cumarú	Altura	$46,6 \pm 14,53$	$56,76 \pm 22,97$	-2,72	0,015*
	Diâmetro	$0,68 \pm 0,18$	$0,86 \pm 0,20$	-3,35	0,004**

ns: Não significativa $p \leq 0,5^*$, $p \leq 0,1^{**}$, $p \leq 0,01^{***}$.

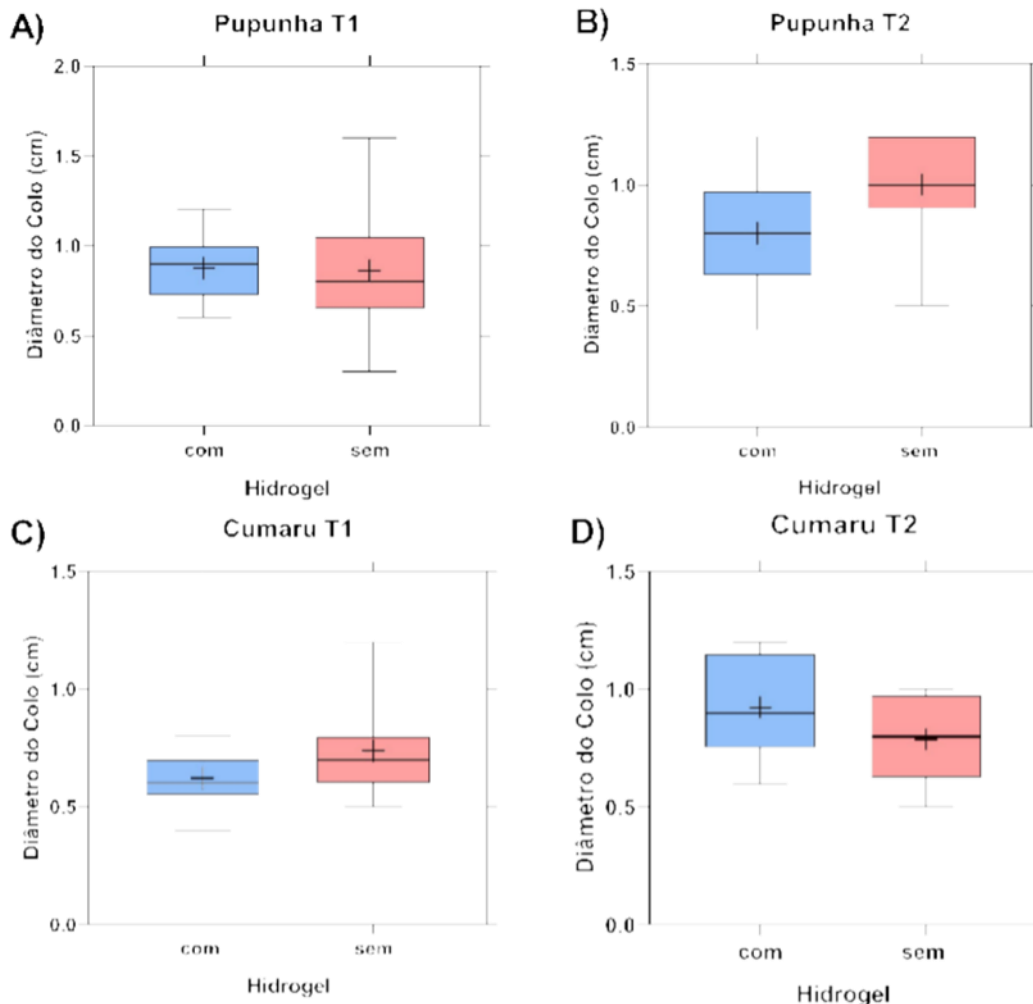


Figura 3: Comparação do diâmetro entre os tratamentos com e sem hidrogel da Pupunha e Cumarú. T1 = aos 42 dias após o plantio, T2 = aos 235 dias após o plantio. A) Pupunha aos 42 dias após o plantio; B) Pupunha aos 235 dias após o plantio; C) Cumarú 42 dias após o plantio; D) Cumarú aos 235 dias após o plantio.

Crescimento em diâmetro

Em relação ao crescimento em diâmetro da

Pupunha e do Cumarú sob as condições avaliadas, os resultados sugerem que o hidrogel exerceu impacto limitado sobre o crescimento inicial.

Fatores como o número reduzido de amostras, as características do solo e as condições climáticas severas podem ter contribuído para os resultados observados. No entanto, estudos futuros com maior número de repetições e conduzidos em diferentes

contextos ambientais e climáticos poderão esclarecer com mais precisão o papel do hidrogel no crescimento dessas espécies em áreas degradadas.

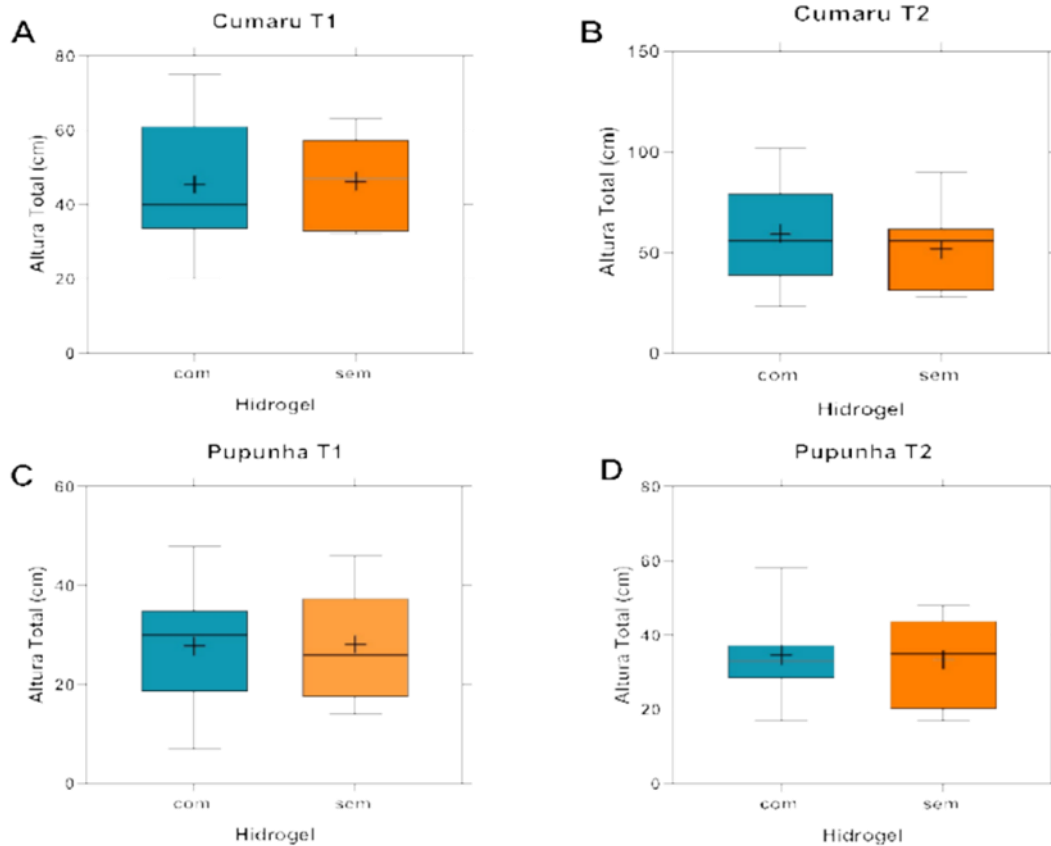


Figura 4 - Comparação da altura entre os tratamentos com e sem hidrogel do Cumarú e Pupunha. T1 = aos 42 dias após o plantio, T2 = aos 235 dias após o plantio. A) Cumarú aos 42 dias após o plantio; B) Cumarú aos 235 dias após o plantio; C) Pupunha aos 42 dias após o plantio; D) Pupunha aos 235 dias após o plantio.

significativas no crescimento em altura para ambas as espécies, tanto em T1 quanto em T2. Isso sugere que o uso do hidrogel não influenciou significativamente o desenvolvimento em altura sob as condições do experimento. O Cumarú demonstrou maior crescimento em altura e diâmetro entre T1 e T2, com resultados significativos para ambas as variáveis, enquanto que a Pupunha não apresentou crescimento relevante, essas diferenças podem mostrar diferenças na resistência à seca de diferentes espécies. O uso do hidrogel nas condições implementadas, não teve impacto significativo na sobrevivência e limitadamente no crescimento do Cumarú nem no diâmetro. Esses achados sugerem que estratégias adicionais, além do uso de hidrogel, são necessárias para otimizar o crescimento de plantas nativas em áreas de recuperação.

Fatores que afetaram a sobrevivência e crescimento

Esperava-se que o hidrogel tivesse um efeito positivo sobre as plantas, mas a maioria delas morreram e há vários fatores que podem ter influenciado estes resultados. Em 2024 a região Amazônica experimentou uma seca intensa e duradoura, causada pelo El Niño (Azevedo, 2024).

As mudanças climáticas e atividades humanas, como o desmatamento e as queimadas contribuíram negativamente a sobrevivência e o crescimento das plantas, temos que destacar que em 2024 teve poucas chuvas devido a estiagem prolongada causadas por fenômenos naturais. Como se observa na Figura 5 nota-se que se teve alerta de seca em todos os meses de execução do experimento (Janeiro a Outubro) em nossa região ao norte do estado de Rondônia se manteve em alerta nível 2 e

3 durante todo o período e inclusive desde 2023 (Monitor da Seca 2024). As precipitações na região não só estavam abaixo das médias históricas de entre 1981-2000, mais inclusive muito abaixo das mínimas históricas (Figura 6), está seca extrema

causou muitos problemas sociais econômicos e ecológicos como a interrupção das rotas fluviais no Rio Madeira, das comunidades ribeirinhas e problemas na produção agrícola (Azevedo 2024).

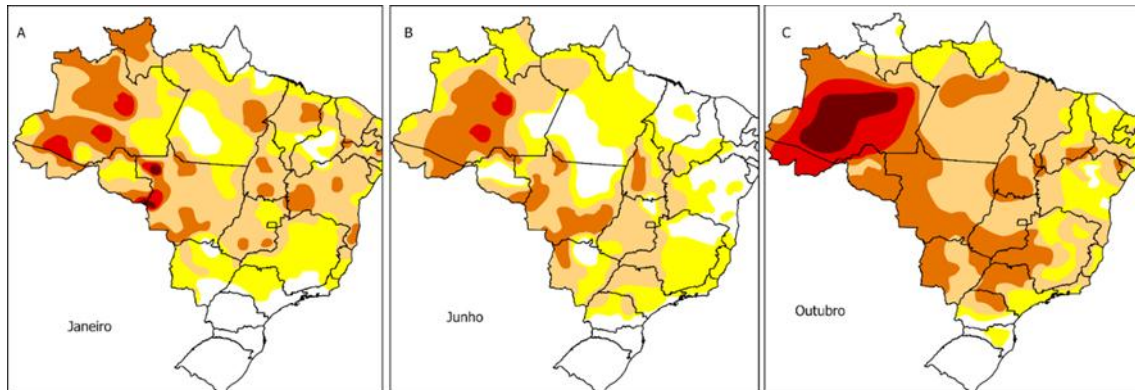


Figura 5: Evolução das secas no Brasil, para A) Janeiro, B) Junho, C) Outubro 2024. Amarelo: Seca menor Nível 1, Laranja: Seca média, Nível 2, Laranja obscuro: Seca média, Nível 3, Vermelho: Seca extrema, Nível 4.

Fonte: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=10&ano=2024>

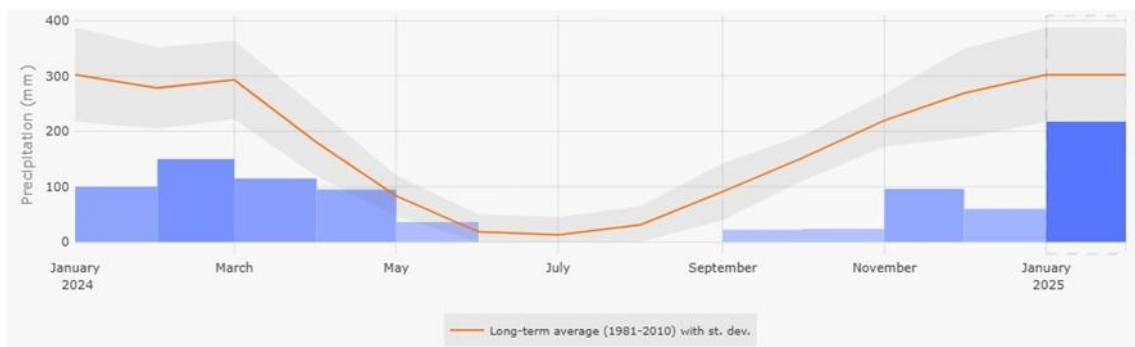


Figura 6: Precipitação em Rondônia de janeiro a dezembro 2024 (em azul) comparada com a média histórica (1981-2010) e seu intervalo mínimo e máximo (zona gris)

Fonte: <https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/gdo/report/?lon=-62.5826&lat=-11.1128&date=2024-06-21>

Outro fator que pode ter afetado os resultados do experimento é a quantidade de hidrogel aplicado. A quantidade utilizada neste experimento foi de 2 litros de hidrogel por planta, aplicada em metade da parcela, sem utilização de irrigação. A maioria dos experimentos com hidrogel é conduzida em viveiros, com mudas em tubetes, utilizando o hidrogel em pó misturado ao substrato (Navroski et al. 2015, Bernardini et al. 2012, Menegatti et al. 2017). Nos poucos trabalhos que testaram o hidrogel hidratado em condições de campo, como neste experimento, foram usadas quantidades entre 400 mL e 2 L (Monteiro et al. 2015, Monteiro-Neto et al. 2020, Gomes et al. 2021), com concentrações de hidrogel variando entre 2 e 6 g/L — valores comparáveis aos utilizados neste estudo (5 g/L).

Os resultados desses trabalhos também mostram grande variedade de respostas entre espécies.

Monteiro et al. (2015) testaram o hidrogel em 11 espécies do Cerrado e concluíram que 400 mL de hidrogel, com concentração de 2,5 g/L, foram insuficientes para afetar significativamente a sobrevivência e o crescimento das plantas testadas. Por outro lado, Monteiro-Neto et al. (2020) testaram 750 mL de hidrogel, a uma concentração de 6 g/L, em mudas de diferentes tamanhos de *Myrciaria dubia* (camu-camu) em Roraima, e verificaram que o hidrogel foi efetivo para mudas nos estágios iniciais de crescimento, especialmente quando combinado com quantidades moderadas de fertilizantes. Finalmente, Gomes et al. (2021) avaliaram o efeito do hidrogel e do *mulching* em três espécies, utilizando 2 L de hidrogel a uma concentração de 2 g/L, e observaram respostas diferenciadas entre as espécies, mas sem efeito significativo na sobrevivência nem no crescimento,

ainda que tenham ocorrido variações conforme a espécie.

Rita et al. (2020) avaliaram a eficácia do hidrogel na sobrevivência de plantas em sistemas agroflorestais sujeitos a estresse hídrico prolongado. No caso de *Anacardium occidentale*, doses mais elevadas do polímero apresentaram impacto significativo na redução do percentual de murcha em comparação com plantas irrigadas, evidenciando seu potencial como estratégia de enfrentamento à escassez hídrica.

Também pode haver variação na vulnerabilidade das espécies à seca. Cassimiro et al. (2017) avaliaram o uso do hidrogel em espécies nativas da Caatinga e concluíram que aquelas cultivadas sem hidrogel tiveram desempenho similar ou superior às tratadas com o polímero, confirmando sua resistência à escassez hídrica. Além disso, não foram observadas vantagens fisiológicas significativas para plantas submetidas a maiores quantidades de hidrogel durante trinta dias de avaliação.

Algumas espécies também se mostraram mais resistentes ao efeito do hidrogel nos experimentos de Monteiro, Souza e Venturoli (2016), que classificaram o hidrogel como ferramenta eficiente para garantir a sobrevivência de diversas espécies arbóreas, incluindo *Acacia tenuifolia*, *Myracrodruon urundeuva* e *Hymenaea courbaril*, especialmente quando associado à cobertura com *Urochloa brizantha*. Os autores destacaram ainda a importância do polímero na redução de custos e no uso racional da água.

Barbosa et al. (2013) testaram a efetividade do hidrogel em 30 espécies do Cerrado e observaram grandes variações na taxa de mortalidade, dependendo da espécie e do tipo de recipiente usado para cultivar as mudas. Na região amazônica, mais estudos são necessários para identificar quais espécies apresentam melhor resposta ao uso do hidrogel.

Outros fatores, como a época de aplicação, também podem ter influenciado os resultados. Fonseca et al. (2017) sugerem o plantio no final da estação seca com uso de hidrogel como alternativa viável para reduzir a mortalidade de mudas e mitigar o estresse hídrico pós-transplante.

Evidências de outros estudos indicam que o hidrogel apresenta efeito mais pronunciado apenas durante o início do estabelecimento das plântulas (Monteiro-Neto et al. 2020). A partir do desenvolvimento das raízes, as plantas passam a depender menos do polímero e mais da disponibilidade natural de água.

Faller et al. (2020) analisaram o impacto do hidrogel no desenvolvimento inicial de *Hymenaea courbaril* sob sombreamento e concluíram que as

variáveis morfométricas foram positivamente influenciadas pelo polímero. A combinação de poda de raiz de 25% com aplicações de hidrogel entre 3,0 e 4,0 g/L demonstrou benefícios no crescimento das mudas, sendo uma técnica viável para viveiristas prolongarem o período de manutenção das plantas.

O tipo de solo também pode ter influenciado os resultados. Saad et al. (2009) avaliaram o uso de hidrogel na sobrevivência de *Eucalyptus urograndis* em dois tipos de solo e constataram maior sobrevivência em solo arenoso, ainda que sem significância estatística. O hidrogel proporcionou maior flexibilidade para intervenções com novas irrigações.

CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou a eficácia do hidrogel na sobrevivência e crescimento de cinco espécies nativas da Amazônia (*Euterpe oleracea*, *Carapa guianensis*, *Dipteryx odorata*, *Theobroma grandiflorum* e *Bactris gasipaes*) em áreas degradadas. Após 187 dias do plantio, observou-se que a Pupunha (55,92%) e o Cumaru (36,49%) apresentaram maior taxa de sobrevivência, enquanto a Andiroba (7,89%), o Cupuaçu (1,74%) e o Açaí (1,32%) tiveram desempenho inferior. Esses resultados indicam que a resiliência ao estresse hídrico varia entre as espécies, sendo essencial considerar suas características ecofisiológicas e adaptativas na seleção de espécies para restauração ambiental. Apesar do potencial do hidrogel na retenção de água e mitigação do estresse hídrico, os dados obtidos não evidenciaram efeito significativo do polímero na sobrevivência das espécies testadas. Resultados semelhantes foram relatados por Navroski et al. (2015), que observaram melhoria na retenção de água, mas sem impacto significativo no crescimento inicial de *Eucalyptus dunnii* em condições de déficit hídrico. Além disso, Monteiro, Souza e Venturoli (2016) destacam que o hidrogel pode ser eficiente na sobrevivência de algumas espécies, especialmente quando combinado com cobertura vegetal; no presente estudo, embora tenha sido implantada cobertura vegetal, a seca extrema também comprometeu o desenvolvimento dessas espécies. No que diz respeito ao crescimento em altura e diâmetro, apenas o Cumaru apresentou incremento estatisticamente significativo, sugerindo que sua adaptação ao ambiente contribuiu mais para seu desenvolvimento do que o uso do hidrogel. Esse achado reforça as conclusões de Feller et al. (2020), que identificaram efeitos positivos do polímero no crescimento inicial de *Hymenaea courbaril*, mas apenas quando associado a técnicas

complementares, como poda de raiz. Os resultados evidenciam que, em condições extremas de seca, o hidrogel, isoladamente, pode não ser suficiente para garantir o estabelecimento de mudas em áreas degradadas. Assim, estratégias adicionais, como a escolha de espécies mais tolerantes, manejo adequado do solo e irrigação complementar, são fundamentais para otimizar os esforços de restauração florestal na Amazônia e minimizar os custos com irrigação a longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa)/Núcleo de Apoio à Pesquisa em Rondônia, pela oportunidade de desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso com esta pesquisa, e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Rondônia (Fapero), pelo apoio financeiro por meio da Chamada 003/2022 – Iniciativa Amazônia+10, Projeto “Modelos de restauração florestal: geração de renda, redução do desmatamento e valorização dos remanescentes florestais de agricultores familiares e comunidades indígenas amazônicas”.

REFERÊNCIAS

- Alvares CA et al. Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref
- Alvarez SF, Vasconcelos WA, Souza PB. Análise de crescimento inicial de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* em função de doses de gel hidrofílico natural e sob estresse hídrico. *Observatorio de la economía latino-americana*, v. 21, n. 9, p. 10514–10527, 4 set. 2023.
- Almed EM. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*, v. 6, p. 105–121, 2015.
- Araújo M, Sarmiento W, Santos P, Rodrigues M, Feitosa S. Sobrevivência de espécies nativas sob efeitos de hidrogel. *Revista de Agroecologia no Semiárido*, v. 3, n. 3, p. 12–12, 16 jan. 2020. <https://doi.org/10.35512/ras.v3i3.3633>
- Azevedo R. Governo de RO decreta situação de emergência em virtude da seca severa causada pelo El Niño [Internet]. Governo de Rondônia. 2024 [último acesso em 10/11/2024]. Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/governo-de-ro-decreta-situacao-de-emergencia-em-virtude-da-seca-severa-causada-pelo-el-nino/>.
- Anjos VN. Análise da evolução e participação dos custos de produção na cultura do milho em uma propriedade rural. 2023. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2023. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/17589>
- AutoCAD – software de projeto e desenho. Disponível em: <https://www.autodesk.com/>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- ArcGIS Online – software de mapeamento. Disponível em: <https://www.arcgis.com/home/index.html>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- Brandão D, Arieira J, Nobre C. Desafios e soluções para enfrentar a crise climática e a perda de biodiversidade na Amazônia. Disponível em: <https://nacla.org/desafios-solucoes-biodiversidade-amazonia>.
- Couto RCS. Saúde e ambiente na Amazônia brasileira. v. 23, n. 3, p. 167–178, set.–dez. 2020. ISSN 1516-6481 / 2179-7536.
- Carvalho P. Comunicado Técnico Cumaru-Ferro *Dipteryx odorata*. EMBRAPA, 8 p. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2010/46374/1/CT225.pdf>.
- Cassimiro CAL, Filho FSO, Silva EA, Alencar LVC, Feitosa SS. Tecnologia mitigadora dos efeitos da seca em diferentes espécies da Caatinga com vistas à restauração de ecossistemas alterados. *Anais do II CONÍDIOS – II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido*, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33883>
- Costa J, Morais R. *Carapa guianensis* Aubl. (Andiroba) em sistemas agroflorestais. Itacoatiara, AM: EMBRAPA, 32 p., 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1007435/1/Doc112A5.pdf>.
- Clement CR, Bovi MLA. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheira para palmito. *Acta Amazonica*, v. 30, p. 349–349, 2000. <https://doi.org/10.1590/1809-43922000303362>
- Domingues M, Bermann C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente & Sociedade*, v. 15, p. 1–22, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000200002>
- Ewert M, Arco-Verde MF, Palma VH, Kazama DCS. Avaliação financeira e desempenho produtivo de sistemas agroflorestais de agroecologia. v. 10, n. 5, p. 15, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15163>
- Fonseca L, Roitman I, Jacobson TKB, Ogata RS, Solari RAF, Ribeiro RJC. Viabilidade do hidrogel na recuperação de Cerrado *sensu stricto* com espécies nativas. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.022716>
- Faller B, Amorin R, Oliveira I, Jardim I. Efeito da poda radicular e do hidrogel no crescimento de mudas de jatobá. *Nativa*, v. 8, n. 4, p. 476–483, 31 jul. 2020. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.8370>
- Fonseca F. Manejo florestal Andiroba [Internet]. Embrapa, 2021 [último acesso 13/05/2024]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/manejo-florestal/manejo-florestal-nao-ma-deireiro/andiroba>.
- Gomes GC et al. Uso de hidrogel e *mulching* na sobrevivência e crescimento de espécies arbustivas e arbóreas. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 9, n. 2, p. 26–34, 2021. <https://revistas.ufpel.edu.br/index.php/rbes/article/view/1503>

- Haase D. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes*, v. 52, p. 24–30, 2008.
- Hammer O. Past 4 – Statistical package v. 4.12. Disponível em: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- Heck E, Loebens F, Carvalho P. Amazônia indígena: conquistas e desafios. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, p. 237–255, 2005. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142005000100015>
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: www.inpe.br. <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=6#:~:text=At%C3%A9%20agora%2C%20cerca%20de%20729>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 21 jun. 2024.
- Kayser A. Desmatamento e crise hídrica. *Educação Ambiental em Ação*, v. XX, n. 76, 18 ago. 2021. Disponível em: <http://www.revistaespa.org/artigo.php?idartigo=4177>
- Klein C, Klein V. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas*, v. 19, n. 1, p. 21–29, 2015.
- Lima-Primo HE. Técnicas para o cultivo do cupuaçuzeiro. Brasília, DF: EMBRAPA, 64 p., 2017. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171060/1/CARTILHA-CUPUACU-ISBN-FINAL-2.pdf>
- Menegatti RD et al. Formation of seedlings of guatambu on substrate with hydrogel and controlled release fertilizer. *Espacios*, v. 38, 2017. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n22/17382235.html>
- Monteiro V. Você sabia que a floresta Amazônica influencia a chuva ao redor do mundo? [Internet]. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2021 [último acesso 13/05/2024]. Disponível em: https://novo.ufra.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2824&catid=17&itemid=121
- Monteiro M, Souza D, Venturoli F. Influência de polímero hidroabsorvente na recuperação ecológica de latossolo recoberto com braquiária no Cerrado. *Revista de Biologia Neotropical*, v. 12, n. 1, p. 20–25, 2015. <https://doi.org/10.5216/rbn.v1i1.27349>
- Monteiro Neto J, Araújo W, Chagas E, Siqueira R, Oliveira G, Abanto-Rodríguez C. Hidrogel na agricultura brasileira. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 11, n. 4, p. 347–360, 2017. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4130>
- Monteiro Neto J et al. Slow-release fertilizer and hydrogel on the initial growth of camu-camu under different water conditions in a Savannah soil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 15, p. 1–11, 2020. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i3a8139>
- Moquedace CM et al. High-resolution mapping of soil carbon stocks in the western Amazon. *Geoderma Regional*, v. 36, p. e00773, 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352009424000208>
- Nascimento W. Informativo Técnico da Rede de Sementes da Amazônia: Açaí *Euterpe oleracea* Mart. Belém, PA: EMBRAPA, 2 p., 2008. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/660769/1/Informativo-daRSA000gbz50dd802wx5ok01dx9lc8peulnc.pdf>
- Nobre C, Young A, Marengo J, Saldiva P. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264383509_Vulnerabilidades_das_megacidades_brasileiras_as_mudancas_climaticas_Regiao_Metropolitana_de_Sao_Paulo_-_Relatorio_Final. Acesso em: 13 jun. 2024.
- Navroski MC, Araújo MM, Fior CS, Cunha FS, Berghetti ALP, Pereira MO. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467–476, jun. 2015.
- Oliveira M, Brandão C. Produção de mudas de pupunheira para o consumo de frutos. PA: EMBRAPA, 40 p., 2023. ISSN 1983-051.
- Organização Mundial da Saúde (OMS). Adota plano de ação contra mudanças climáticas. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2009/05/1305561>
- Embrapa. Pupunha. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pupunha>. Acesso em: 13 maio 2024.
- Embrapa. Açaí. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/acaai>. Acesso em: 13 maio 2024.
- Embrapa. Cumaru, *Dipteryx odorata*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/408641/cumaru-dipteryx-odorata>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- Santos AB, Lima TL. A ineficácia da legislação brasileira no combate às queimadas ilegais e incêndios na floresta Amazônica. *Revista Nativa Americana de Ciências, Tecnologia & Inovação*, v. 2, n. 1, 2022. ISSN 2764-1295. Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná – UniSUL.
- Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 358 p. ISBN 978-85-7035-800-4.
- Saad JCC, Lopes JLW, Santos TA. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 404–411, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000300007>
- Van Passel J et al. Critical slowing down of the Amazon forest after increased drought occurrence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 121, n. 22, 2024. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2316924121>