PLANO DE TRABALHO

DADOS DO PLANO DE TRABALHO

Projeto de Pesquisa:	PVCM1914-2026 - Produção, caracterização química e bioatividade de óleos essenciais extraídos de espécies vegetais aplicados a peixes de interesse aquícola.
Orientador:	BRUNO TAVEIRA DA SILVA ALVES
Centro:	UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
Departamento:	CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MONTE ALEGRE
Tipo de Bolsa:	PIBIC FAPESPA 2026 (IC)
Direcionamento(s) da bolsa:	Iniciação Científica
Status do Plano:	AGUARDANDO INDICAÇÃO DE BOLSISTA
Cota:	Bolsas IC 2026 (01/09/2026 a 31/08/2027)
Edital:	(Subedital Pesquisadores Emergentes) Edital 02/2026 - Projetos de Pesquisa e Cotas de Bolsas de IC

CORPO DO PLANO DE TRABALHO

Título

Influência do estresse hídrico sobre o rendimento e a composição química do óleo essencial de Cymbopogon citratus.

Introdução e Justificativa

As plantas aromáticas produzem uma ampla diversidade de metabólitos secundários que desempenham funções ecológicas essenciais relacionadas à adaptação e sobrevivência em condições ambientais adversas. A produção desses compostos resulta da interação entre fatores genéticos e ambientais, sendo influenciada pela intensidade e duração dos estresses aos quais as plantas são submetidas. Entre os fatores abióticos, a disponibilidade de água destaca-se por exercer influência direta sobre diversos processos fisiológicos e metabólicos, podendo alterar o fechamento estomático, o crescimento vegetal, o acúmulo de solutos compatíveis e a síntese de compostos bioativos, incluindo os óleos essenciais (SINGH-SANGWAN et al., 1994; SILVA; CASALI, 2000).
Embora a deficiência hídrica normalmente reduza o crescimento das plantas, diversos estudos demonstram que níveis moderados de estresse podem estimular o metabolismo secundário, promovendo alterações quantitativas e qualitativas nos óleos essenciais. Essas modificações podem refletir tanto no rendimento quanto na composição química dos óleos, em função das respostas fisiológicas desenvolvidas pelas plantas para tolerar condições ambientais desfavoráveis. Dessa forma, o manejo da irrigação tem sido apontado como uma estratégia promissora para otimizar a produção de metabólitos de interesse econômico em espécies aromáticas e medicinais (OKWANY et al., 2012; RIPOLL et al., 2014; OSAKABE et al., 2014; SINGH-SANGWAN et al., 2001; BETTAIEB et al., 2012; AN; LIANG, 2013).
Entre as espécies aromáticas de maior importância econômica destaca-se o capim-limão (Cymbopogon citratus), uma gramínea tropical amplamente cultivada devido ao elevado rendimento de óleo essencial rico em citral, composto responsável pelo aroma característico e pela maior parte de suas propriedades biológicas. Seu óleo essencial apresenta reconhecidas atividades antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, antifúngica e inseticida, sendo amplamente empregado nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e de produtos naturais (SHAH et al., 2011; AVOSEH et al., 2015). Além de seu elevado valor comercial, espécies do gênero Cymbopogon constituem importantes fontes de metabólitos secundários utilizados na obtenção de óleos essenciais de interesse industrial, destacando-se C. citratus, C. flexuosus e C. martinii, cujo potencial biológico tem despertado crescente interesse em pesquisas voltadas ao desenvolvimento de produtos naturais e bioinsumos (CARLSON et al., 2001; KHANUJA et al., 2005; AKHILA, 2010).
Apesar dos avanços no conhecimento sobre os efeitos do estresse hídrico em plantas aromáticas, ainda são limitadas as informações sobre como diferentes regimes de disponibilidade de água influenciam simultaneamente o rendimento e a composição química do óleo essencial de Cymbopogon citratus. A geração dessas informações poderá contribuir para o estabelecimento de estratégias de manejo capazes de aumentar a eficiência da produção vegetal e fornecer óleos essenciais com maior previsibilidade química, constituindo uma etapa fundamental para estudos posteriores de avaliação biológica desenvolvidos no âmbito do projeto de pesquisa ao qual este plano de trabalho está vinculado.

Objetivos

Objetivo geral
Avaliar a influência do estresse hídrico sobre o rendimento e a composição química do óleo essencial de Cymbopogon citratus.
Objetivos específicos
Cultivar plantas de Cymbopogon citratus sob diferentes regimes hídricos para indução de estresse hídrico.
Determinar o rendimento do óleo essencial obtido das plantas submetidas aos diferentes regimes hídricos.
Caracterizar a composição química dos óleos essenciais por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM).
Correlacionar os diferentes níveis de estresse hídrico com o rendimento e a composição química do óleo essencial de Cymbopogon citratus.

Metodologia

Área de estudo
O experimento será conduzido na Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Monte Alegre, utilizando plantas de capim-limão (Cymbopogon citratus) cultivadas em vasos sob diferentes regimes hídricos.

Material vegetal e condução dos experimentos
As mudas de capim-limão (Cymbopogon citratus) serão obtidas a partir de sementes, sendo inicialmente conduzidas em bandejas de poliestireno expandido contendo substrato comercial para hortaliças. Após o estabelecimento inicial e desenvolvimento adequado das plântulas, será realizado o transplantio para vasos com capacidade aproximada de 5,5 L, preenchidos com substrato comercial Carolina Soil®.
Antes do enchimento dos vasos, será realizada a padronização da massa de substrato, a fim de garantir maior uniformidade entre as unidades experimentais. Durante o período experimental, não será realizada adubação complementar, de modo a minimizar interferências nutricionais, permitindo que as respostas observadas sejam atribuídas predominantemente aos diferentes níveis de disponibilidade hídrica.
O experimento será conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos correspondentes a diferentes regimes hídricos: 100%, 80%, 60% e 40% da capacidade máxima de retenção de água do vaso. O tratamento de 100% corresponderá à condição de irrigação adequada, enquanto os tratamentos de 80%, 60% e 40% representarão níveis crescentes de déficit hídrico. Cada unidade experimental será constituída por um vaso contendo uma planta.

Determinação da umidade gravimétrica e da capacidade máxima de retenção de água
Antes da instalação dos tratamentos hídricos, será determinada a umidade inicial do substrato pelo método gravimétrico. Para isso, uma amostra de aproximadamente 100 g do substrato será pesada para obtenção da massa úmida inicial e, posteriormente, submetida à secagem em estufa a 105 °C até massa constante. Após a secagem, a amostra será novamente pesada para obtenção da massa seca.
A umidade gravimétrica do substrato será calculada pela equação:
$UG=(MU-MS)/MS$

em que:
UG = corresponde à umidade gravimétrica do substrato;
MU = corresponde à massa úmida da amostra;
MS = corresponde à massa seca da amostra.

A partir da umidade gravimétrica, será estimada a massa de substrato seco presente em cada vaso, conforme a equação:
$MSS=MSU/(1+UG)$

em que:
MSS = corresponde à massa de substrato seco no vaso;
MSU = corresponde à massa de substrato úmido adicionada ao vaso;
UG = corresponde à umidade gravimétrica do substrato.

Em seguida, será determinada a capacidade máxima de retenção de água dos vasos. Para isso, os vasos preenchidos com massa padronizada de substrato serão saturados com água, mantidos em repouso para drenagem do excesso e posteriormente pesados. A diferença entre a massa do vaso com substrato na condição de capacidade máxima de retenção de água e a massa do vaso com substrato seco corresponderá à quantidade de água retida no sistema, considerada como 100% da capacidade máxima de retenção de água.
A capacidade máxima de retenção de água será calculada pela equação:
CMR=MSAT-MSS

em que:
CMR = corresponde à capacidade máxima de retenção de água do vaso;
MSAT = corresponde à massa do vaso com substrato saturado após drenagem;
MSS = corresponde à massa do vaso com substrato seco.
A partir desse valor, serão definidos os volumes de água correspondentes aos tratamentos de 100%, 80%, 60% e 40% da capacidade máxima de retenção de água.

Manejo da irrigação e aplicação dos tratamentos hídricos
O monitoramento da umidade será realizado diariamente pelo método gravimétrico, por meio da pesagem dos vasos. A reposição de água será calculada considerando a massa correspondente a cada tratamento hídrico, conforme a equação:
MR=MT-MA

em que:
MR = corresponde à massa de água a ser reposta;
MT = corresponde à massa-alvo do vaso em cada tratamento hídrico;
MA = corresponde à massa atual do vaso no momento da pesagem.
A irrigação será realizada diariamente, preferencialmente às 18 horas, para a reposição do volume de água. Esse procedimento visa manter a disponibilidade de água próxima aos níveis estabelecidos, reduzir perdas por evaporação e garantir maior uniformidade experimental.

Avaliações biométricas
As características morfológicas avaliadas compreenderão a altura da planta (AP), determinada da base do caule até o ápice da folha mais alta utilizando fita métrica graduada; o comprimento da maior folha (CMF), medido com régua graduada; o diâmetro da touceira (DT), obtido pela maior largura da planta; o número de folhas (NF), determinado pela contagem das folhas completamente expandidas; e o número de perfilhos (NP), obtido pela contagem dos perfilhos emitidos por cada planta.
Após a colheita, será determinada a massa fresca da parte aérea (MFPA), utilizando balança analítica imediatamente após o corte da planta. Em seguida, o material vegetal será acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA). O sistema radicular será cuidadosamente lavado em água corrente para remoção do substrato, seco superficialmente com papel absorvente e submetido às mesmas condições de secagem para determinação da massa seca das raízes (MSR).
A relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca das raízes será determinada pela seguinte equação:
RPA/R=MSPA/MSR

onde:
RPA/R = relação parte aérea/raiz;
MSPA = massa seca da parte aérea (g);
MSR = massa seca das raízes (g).

Avaliações fisiológicas
O conteúdo relativo de água (CRA) será determinado utilizando discos foliares recém-coletados. Inicialmente será obtida a massa fresca (MF) das amostras. Em seguida, os discos permanecerão imersos em água destilada por aproximadamente quatro horas, em temperatura ambiente e sob baixa luminosidade, para obtenção da massa túrgida (MT). Posteriormente, as amostras serão secas em estufa a 65 °C até massa constante para obtenção da massa seca (MS).
O conteúdo relativo de água será calculado conforme a equação:
CRA(%)=(MF-MS)/(MT-MS)×100

em que:
CRA = conteúdo relativo de água (%);
MF = massa fresca (g);
MT = massa túrgida (g);
MS = massa seca (g).

Extração e determinação do rendimento do óleo essencial
as folhas de Cymbopogon citratus serão colhidas e submetidas à extração do óleo essencial. O material vegetal será processado imediatamente após a colheita ou armazenado sob refrigeração por curto período, visando minimizar perdas de compostos voláteis.
A extração do óleo essencial será realizada por hidrodestilação, utilizando aparelho do tipo Clevenger, conforme metodologia amplamente empregada para espécies do gênero Cymbopogon. Para cada extração, será utilizada uma massa conhecida de folhas frescas, previamente trituradas, permanecendo em destilação por período de aproximadamente três horas, contado a partir do início da ebulição.
Ao término da destilação, o óleo essencial será separado da fase aquosa, submetido à remoção da umidade residual utilizando sulfato de sódio anidro e acondicionado em frascos de vidro âmbar hermeticamente fechados, sendo posteriormente armazenado sob refrigeração até a realização das análises cromatográficas.
O rendimento do óleo essencial será determinado em relação à massa fresca do material vegetal utilizado na extração, sendo expresso em porcentagem (%), conforme a seguinte equação:
R(%)=M_OE/M_FV ×100

em que:
R = rendimento do óleo essencial (%);
M_{oe} = massa de óleo essencial obtida (g);
Mfv = massa fresca do material vegetal submetido à extração (g).
Os resultados obtidos serão utilizados para comparar o efeito dos diferentes regimes hídricos sobre o rendimento do óleo essencial de Cymbopogon citratus.

Caracterização química do óleo essencial
A composição química do óleo essencial será determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), em equipamento Shimadzu GCMS-QP2020 NX da Central Analítica da RIDH/UFOPA. As amostras serão diluídas em hexano e analisadas em coluna DB-5MS ou equivalente, com hélio como gás de arraste, injeção de 1 µL em modo split, ionização por impacto de elétrons a 70 eV e faixa de aquisição de m/z 40–400. Os constituintes serão identificados pela comparação dos espectros com a biblioteca NIST e dos índices de retenção com dados da literatura. A composição relativa será expressa pela normalização das áreas dos picos. Os perfis obtidos serão comparados entre os regimes hídricos, com ênfase nos constituintes majoritários, especialmente geranial e neral.

Tratamento estatístico
O experimento será conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro regimes hídricos: 100%, 80%, 60% e 40% da capacidade máxima de retenção de água do substrato. Os dados serão submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. Atendidos os pressupostos, será aplicada ANOVA e,

havendo efeito significativo ($p < 0,05$), as médias serão comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Quando pertinente, serão realizadas análises de regressão. As análises serão conduzidas no SISVAR®.

Habilidades Adquiridas

Ao longo da execução deste plano de trabalho, o discente desenvolverá competências científicas, técnicas e profissionais relacionadas à pesquisa experimental com produtos naturais e suas aplicações na aquicultura. Entre as principais habilidades previstas destacam-se:

- Realizar levantamento bibliográfico e revisão sistemática da literatura utilizando bases de dados científicas nacionais e internacionais;
- Planejar e conduzir experimentos envolvendo o cultivo de plantas aromáticas destinadas à obtenção de óleos essenciais;
- Executar técnicas de extração de óleos essenciais por hidrodestilação e determinar seu rendimento;
- Operar equipamentos laboratoriais e seguir protocolos de boas práticas laboratoriais;
- Compreender os princípios de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) e interpretar os resultados da caracterização química dos óleos essenciais;
- Desenvolver habilidades relacionadas ao manejo, aclimatação e bem-estar de organismos aquáticos utilizados em experimentação científica;
- Aplicar protocolos experimentais para avaliação da atividade anestésica de produtos naturais em peixes;
- Organizar, tratar e analisar dados experimentais utilizando métodos estatísticos apropriados;
- Interpretar resultados científicos de forma crítica, correlacionando a composição química dos óleos essenciais com sua atividade biológica;
- Elaborar relatórios técnicos, resumos e artigos científicos, além de apresentar os resultados em eventos acadêmicos e científicos;
- Desenvolver autonomia, pensamento crítico, capacidade de resolução de problemas e trabalho em equipe, fortalecendo sua formação para atuação em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação.

Ao final do projeto, espera-se que o discente esteja apto a executar diferentes etapas de pesquisas envolvendo extração e caracterização de óleos essenciais, avaliação de bioatividade em organismos aquáticos e divulgação científica, adquirindo uma formação sólida para atuação em programas de pós-graduação e em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação voltadas aos recursos naturais da Amazônia.

Referências

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2007.

AKHILA, A. Essential oil-bearing grasses: the genus Cymbopogon. Boca Raton: CRC Press, 2010.

AN, Y. Y.; LIANG, Z. S. Drought tolerance of Periploca sepium during seed germination: antioxidant defense and compatible solutes accumulation. Acta Physiologiae Plantarum, v. 35, p. 959-967, 2013.

AVOSEH, O. N.; OYEDIRAN, I. O.; ADEWUYI, S.; EDEMA, M. O.; OMOGBEMI, O. Essential oil of Cymbopogon citratus (DC.) Stapf: a review. American Journal of Essential Oils and Natural Products, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2015.

BETTAIEB, I. R.; JABRI-KAROUI, I.; HAMROUNI-SELLAMI, I.; BOURGOU, S.; LIMAM, F.; MARZOUK, B. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (Cuminum cyminum L.) seeds. Industrial Crops and Products, v. 36, p. 238-245, 2012.

CARLSON, L. H. C.; MACHADO, R. A. F.; SPRICIGO, C. B.; PEREIRA, L. K.; BOLZAN, A. Extraction of lemongrass essential oil with dense carbon dioxide. The Journal of Supercritical Fluids, v. 21, n. 1, p. 33-39, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

KHANUJA, S. P. S.; SHASANY, A. K.; PAWAR, A.; LAL, R. K.; DAROKAR, M. P.; NAQVI, A. A.; RAJKUMAR, S.; SUNDARESAN, V.; LAL, N.; KUMAR, S. Essential oil constituents and RAPD markers to establish species relationships in Cymbopogon Spreng. (Poaceae). Biochemical Systematics and Ecology, v. 33, n. 2, p. 171-186, 2005.

NUNES, Liliane Ribeiro. Crescimento e composição de óleos essenciais em Apiaceae em função da disponibilidade hídrica. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2019.

OKWANY, R. O.; PETERS, T. R.; RINGER, K. L.; WALSH, D. B.; RUBIO, M. Impact of sustained deficit irrigation on spearmint (Mentha spicata L.) biomass production, oil yield, and oil quality. Irrigation Science, v. 30, p. 213-219, 2012.

OSAKABE, Y.; OSAKABE, K.; SHINOZAKI, K.; TRAN, L. S. P. Response of plants to water stress. Frontiers in Plant Science, v. 5, art. 86, 2014.

RIPOLL, J.; URBAN, L.; STAUDT, M.; LOPEZ-LAURI, F.; BIDEL, L. P. R.; BERTIN, N. Water shortage and quality of fleshy fruits: making the most of the unavoidable. Journal of Experimental Botany, v. 65, n. 15, p. 4097-4117, 2014.

SHAH, G.; SHRI, R.; PANDEY, S.; SHARMA, G.; SINGH, B.; MANN, A. C. Scientific basis for the therapeutic use of Cymbopogon citratus (Stapf). Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research, v. 2, n. 1, p. 3-8, 2011.

SILVA, F.; CASALI, V. W. D. Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 2000.

SINGH-SANGWAN, N. et al. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. New Phytologist, v. 128, n. 1, p. 173-179, 1994.

SINGH-SANGWAN, N.; FAROOQI, A. H. A.; SHABIH, F.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation, v. 34, p. 3-21, 2001.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. Journal of Chromatography, v. 11, p. 463-471, 1963.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytologist, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950.

Cronograma de Atividades

Atividade	2026				2027							
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	X	X	X									
AQUISIÇÃO DE MATERIAIS, PRODUÇÃO DE MUDAS E IMPLANTAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	X	X	X	X								
CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS VEGETAIS (MANEJO HÍDRICO E AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO)		X	X	X	X	X	X	X				
EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS				X	X	X	X	X	X			
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS (CG-EM)					X	X	X	X	X			
TRATAMENTO ESTATÍSTICO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS							X	X	X	X	X	
ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS, ARTIGOS CIENTÍFICOS E DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS									X	X	X	X

Parecer Consultores

Data/Hora	Parecer	Usuário
24/07/2026 15:59	O plano de trabalho apresentado atende ao propósito estabelecido.	*(c184)*

Histórico do Plano de Trabalho

Data/Hora	Situação	Tipo de Bolsa	Usuário
24/07/2026 15:59	APROVADO	PIBIC AC UFOPA	*(c184)*

Data/Hora	Situação	Tipo de Bolsa	Usuário
30/06/2026 13:55	CONCORRENDO A COTA	PIBIC AC UFOPA	BRUNO TAVEIRA DA SILVA ALVES *(bruno.alves)*

SIGAA | SUPERINTENDÊNCIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO - (00) 0000-0000 | Copyright © 2006-2026 - UFRN - jboss-sigaa-02.ufopa.edu.br.srv2sigaa