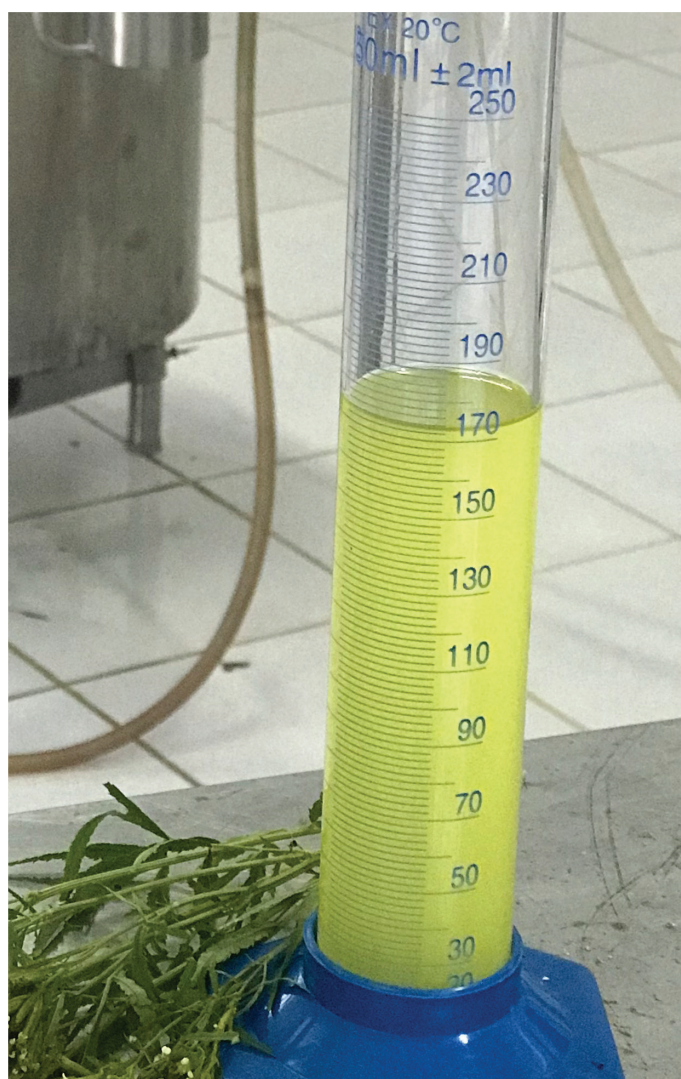




Coeficientes técnicos, rendimento e custos de obtenção
do óleo essencial no extrativismo de *Tagetes minuta* L.



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura e Pecuária***

BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 370

Coeficientes técnicos, rendimento e custos de obtenção
do óleo essencial no extrativismo de *Tagetes minuta* L.

Gustavo Schiedeck

***Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2023***

Embrapa Clima Temperado

BR-392, km 78, Caixa Postal 403
96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Clima Temperado

Comitê Local de Publicações

Presidente

Luis Antônio Suita de Castro

Vice-presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Nathália Santos Fick

Foto da capa

Gustavo Schiedeck

1ª edição

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

S332c Schiedeck, Gustavo

Coefficientes técnicos, rendimento e custos de obtenção
do óleo essencial no extrativismo de *Tagetes minuta* L./
Gustavo Schiedeck. – Pelotas: Embrapa Clima
Temperado, 2023.

17 p. (Boletim / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1981-5980 ; 370)

1. *Tagetes minuta*. 2. Óleo essencial. 3. Extrato
vegetal. 4. Produtividade. 5. Rendimento.
I. Título. II. Série.

CDD 633.8

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e métodos7

Resultados e discussão.....9

Conclusões.....15

Agradecimentos.....15

Referências15

Coeficientes técnicos, rendimento e custos de obtenção do óleo essencial no extrativismo de *Tagetes minuta* L.

Gustavo Schiedeck¹

Resumo — *Tagetes minuta* é uma espécie vegetal naturalizada no Brasil, cujo óleo essencial tem mostrado potencial para uso em diferentes áreas de aplicação, tais como Farmácia, Veterinária e Agricultura. Contudo, provavelmente, a obtenção do óleo ainda seja realizada a partir de extrativismo de populações espontâneas. O objetivo deste trabalho foi avaliar coeficientes técnicos, rendimento e custos variáveis relacionados ao extrativismo do óleo essencial de *T. minuta*. As plantas foram colhidas entre abril e junho de 2022 nos campos experimentais da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. O óleo foi extraído por arraste a vapor em equipamento com capacidade para 20 kg. Foi realizada a avaliação de cada fase do processo e então mensurados os custos variáveis de mão de obra, insumos e rendimento de óleo essencial. A mão de obra necessária para o beneficiamento das plantas e destilação representou 49% e 30% do custo variável, respectivamente. O rendimento de óleo essencial variou entre 0,46% e 2,88%, enquanto o custo variável oscilou entre R\$ 2,16/mL e R\$ 0,48/mL. Para melhorar o retorno da atividade nesse contexto, é necessário desenvolver ou adaptar equipamentos ou estratégias que agilizem o beneficiamento das plantas, identificar o estágio fenológico adequado para a colheita e avaliar o efeito da secagem no rendimento e composição do óleo essencial.

Termos para indexação: plantas bioativas; destilação; custos variáveis.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Technical coefficients, yield and extraction costs of essential oil in *Tagetes minuta* L. extractivism

Abstract — *Tagetes minuta* is a naturalized plant species in Brazil whose essential oil has shown potential for use in different application areas, such as Pharmacy, Veterinary Medicine and Agriculture. However, the oil extraction is probably still carried out by extractivism of natural populations. The aim of this study was to assess the technical coefficients, yield and variable costs related to the extractivism of *T. minuta* essential oil. The plants were harvest between April and June 2022 at Embrapa Temperate Agriculture, in Pelotas, RS, and oil was extracted by steam distillation in a unit with capacity of 20 kg. Each phase was evaluated, and the variable costs of labor, inputs and essential oil yield were measured. The labor required for processing and distillation of plants represented 49% and 30% of the variable cost, respectively. The essential oil yield varied between 0.46% and 2.88%, while the variable cost oscillated between R\$ 2.16/mL and R\$ 0.48/mL. In order to improve the gain in this context, it is necessary to develop or adapt equipment or strategies that speed up the plants processing; identify the appropriate phenological stage of harvest; and evaluate the effect of drying on the yield and composition of the essential oil.

Index terms: bioactive plants; distillation; variable costs.

Introdução

Tagetes minuta L. é uma espécie vegetal nativa da América do Sul, amplamente distribuída por países como Argentina, Uruguai, Paraguai, Chile, Bolívia e Peru, e encontrada em praticamente todas as regiões do Brasil, principalmente no Sul, Sudeste e Centro-Oeste (Carneiro; Ritter, 2018). Atualmente está dispersa em diversos países, sendo por alguns considerada uma invasora (Hulina, 2008; Ngondya et al., 2016) e por outros como uma espécie com grande potencial econômico, pelas propriedades biológicas do seu óleo essencial (Singh et al., 2003; Walia; Kumar, 2020). Trabalhos têm indicado propriedades antioxidantes e antifúngicas (Oliveira et al., 2019), nematicida (Massuh et al., 2017a), inseticida (Modise; Ashafa, 2016), antibacteriana (Igwaran et al., 2017), entre outras (Bandana et al., 2018; Gakuubi et al., 2016).

Na Índia, o cultivo de *T. minuta* tem sido estimulado entre agricultores familiares para a obtenção de óleo essencial, a ponto de já haver cultivares registradas em institutos de pesquisa (Walia; Kumar, 2021).

Apesar do recente interesse científico sobre o óleo essencial de *T. minuta* no Brasil em áreas como Medicina Veterinária (Barros et al., 2019; Chagas et al., 2016), Agronomia (Zimmermann et al., 2021) e Farmácia (Birmann et al., 2022; Oliveira et al., 2019; Santos et al., 2021), há poucas informações sobre a sua obtenção ou índices de rendimento. Publicação não científica de Craveiro et al. (1988), citada frequentemente em artigos científicos, tem colocado o país, de forma equivocada, como um dos maiores produtores de óleo essencial de *T. minuta* do mundo. Contudo, sequer existem cultivos comerciais da espécie no Brasil e as informações técnicas disponíveis ainda são incipientes.

Assim, é provável que grande parte das pesquisas realizadas no Brasil atualmente obtenham o óleo essencial de *T. minuta* por meio do extrativismo das plantas que ocorrem espontaneamente em áreas antropizadas, geralmente onde o solo foi revolvido, expondo o banco de sementes.

As atividades realizadas neste trabalho levantam informações sobre o rendimento, práticas, coeficientes técnicos e custos variáveis de operação relacionadas ao extrativismo de *T. minuta* para obtenção do óleo essencial, considerando-se a extração em pequena escala. Tais informações poderão subsidiar novas pesquisas para o desenvolvimento agrônomo e industrial do processo de obtenção do óleo essencial da espécie.

Ao avaliar alguns parâmetros da exploração por extrativismo, o estudo realizado contribui para o alcance das metas da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (ODS), propostas pela ONU. Na escala em que foi desenvolvido, o tema tem aderência às atividades da agricultura familiar, estimulando a inovação para o aproveitamento de um recurso vegetal disponível e, ao mesmo tempo, otimizando a gestão dos processos, o uso de recursos naturais e a geração de resíduos (ODS 9) e produção e consumo sustentáveis (ODS 12). Além disso, ao identificar coeficientes técnicos para o extrativismo e processo de destilação, o trabalho antecipa expectativas e incentiva o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de produção dos ecossistemas terrestres evitando a perda da biodiversidade e a degradação dos solos (ODS 15).

Material e métodos

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas RS, entre abril e junho de 2022. As plantas foram coletadas em área (-31°37'24,34" S; -52°31'37,21" O) de campo com vegetação espontânea, onde o solo havia sido lavrado no ano anterior, sendo cortadas a 15 cm do solo e levadas imediatamente para o local de beneficiamento, a 450 m de distância, onde permaneceram à sombra (Figura 1).

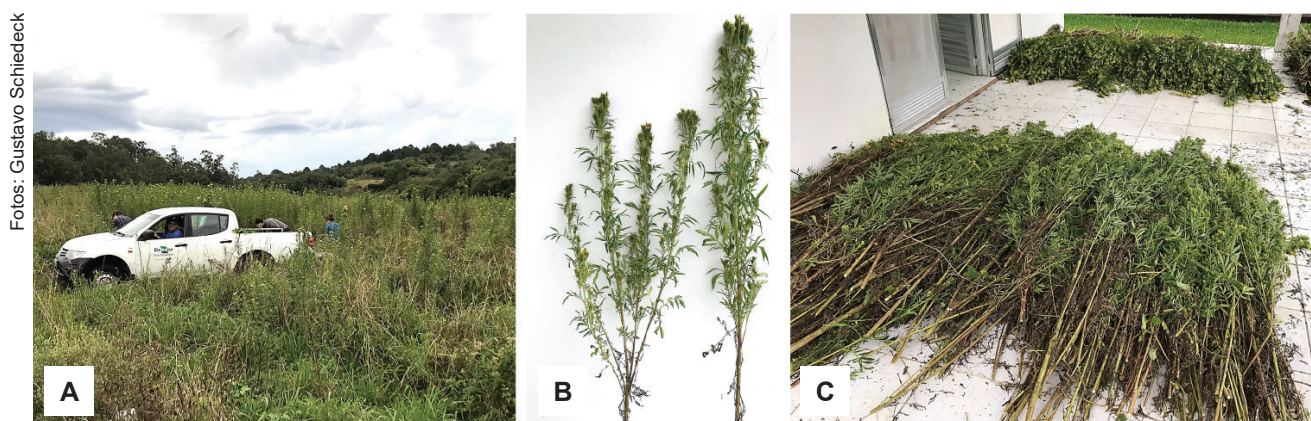


Figura 1. Coleta de plantas de *Tagetes minuta* durante o período de abril a junho de 2022, na Estação Experimental Cascata (Embrapa Clima Temperado), no município de Pelotas, RS. Área de extrativismo de *T. minuta* (A), morfologia da parte aérea das plantas colhidas (B) e plantas armazenadas à sombra, antes do beneficiamento (C).

As plantas coletadas apresentaram variações morfológicas, mas condizentes com a variabilidade genética da espécie para as populações de ocorrência espontânea (Massuh et al., 2017b). No beneficiamento, o caule e ramos secundários mais grossos e lenhosos foram separados manualmente com tesouras de poda, e as partes herbáceas fracionadas em pedaços de 5 cm a 8 cm, evitando esmagar as estruturas de produção e armazenamento de óleo existentes nas folhas e nas flores. As folhas, pecíolos, flores e ramos secundários herbáceos foram armazenados em caixas plásticas e pesados, na sequência. Os caules e ramos lenhosos descartados também foram pesados para avaliar a proporção de biomassa útil em relação à biomassa total.

O tempo e o número de pessoas que auxiliavam nas atividades foram registrados para avaliar o rendimento em cada etapa do processo. No total foram realizadas 5 colheitas, 9 sessões de beneficiamento e 12 sessões de extração, em que o número de pessoas envolvidas e tempo despendido variava conforme a disponibilidade.

O destilador utilizado foi do tipo arraste a vapor, com câmara de evaporação interna, marca Linax, modelo D20. O equipamento é construído em aço inox e formado por uma dorna de 100 L, com capacidade para 20 kg de material vegetal, um condensador do tipo tubular e vaso separador. O aquecimento é realizado com gás liquefeito de petróleo (GLP) através de um queimador de alta pressão com oito caulins. O nível de água no interior do destilador é regulado automaticamente por um registro tipo boia, confeccionado em latão para suportar a temperatura de aquecimento da água. O destilador por arraste a vapor utilizado, a colocação da biomassa e a sua retirada ao final da extração são apresentados na Figura 2.



Figura 2. Aspecto externo do destilador utilizado na Estação Experimental Cascata para obtenção de óleo essencial de *Tagetes minuta* (A), colocação da biomassa beneficiada (B) e retirada da biomassa no final da extração (C).

O custo do processo de extração do óleo essencial foi obtido por meio da mensuração dos custos operacionais variáveis, envolvendo as atividades de colheita, beneficiamento e destilação. Para tanto foi estabelecido o valor da mão de obra em R\$ 12,00/hora (considerando-se 1,5 salário mensal, equivalente a 220 horas, conforme valores firmados na convenção coletiva de trabalho pela Federação dos Trabalhadores Assalariados Rurais no Rio Grande do Sul e Sindicato Rural de Pelotas) e o tempo envolvido em cada etapa, além do consumo de gás para o aquecimento do destilador (vazão constante de 450 g/hora de GLP e valor de R\$ 9,58/kg a partir de um botijão P45) e o consumo de água para o condensador (vazão variável medida em cada sessão e valor de R\$ 5,03/m³, de acordo com a matriz tarifária municipal para a categoria comercial/serviços). Como algumas colheitas produziram mais de uma sessão de destilação, o valor da mão de obra foi dividido de forma linear para compor o custo de cada destilação. Não foram considerados os custos fixos, como transporte, depreciação, energia elétrica, administração etc.

Resultados e discussão

Colheita, beneficiamento, destilação e rendimento de óleo essencial

As colheitas foram realizadas entre abril e junho de 2022, estabelecendo a frequência aproximada de uma colheita por semana, conforme a disponibilidade de plantas a campo e a capacidade de processamento das etapas de beneficiamento e destilação. As colheitas de 16 de maio e de 2 de junho não foram registradas adequadamente quanto ao tempo para essa operação e a biomassa fresca colhida, e por isso não foram consideradas (Tabela 1).

Tabela 1. Colheita de plantas de *Tagetes minuta* em área de ocorrência espontânea. Número de pessoas envolvidas, tempo de colheita, quantidade total de biomassa fresca colhida e estimativa da quantidade colhida por pessoa por hora. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Abril a maio de 2022.

Data da colheita	Nº de pessoas	Tempo (minutos) ⁽¹⁾	Biomassa fresca (kg)	kg/pessoa/hora
25 de abril	6,00	30	123,98	41,33
2 de maio	4,00	25	133,23	79,94
10 de maio	4,00	35	81,90	35,10
Média	4,67	30	113,04	52,12

⁽¹⁾ Tempo entre a colheita e o carregamento do veículo de transporte da biomassa vegetal.

Em média, no sistema extrativista avaliado, cada pessoa foi capaz de colher pouco mais de 52 kg/hora de biomassa fresca de *T. minuta*. É importante salientar que, na colheita extrativista, há uma perda de eficiência em tempo, pelo fato das plantas estarem dispersas pela área e rodeadas de outras espécies, muitas vezes trepadeiras, que precisam ser separadas no momento do corte para facilitar as etapas posteriores. Alguns estudos indicam que a competição com plantas espontâneas tem correlação negativa significativa com a produção de biomassa de *T. minuta* (Walia et al., 2021), impactando sobremaneira na produtividade de óleo essencial (Walia; Kumar, 2021).

Entre a primeira e a segunda colheita, o rendimento em biomassa colhida por pessoa aumentou 1,9 vezes, e entre a segunda e a terceira colheita esse valor foi reduzido para menos da metade. Esse fato pode ser atribuído, num primeiro momento, ao melhor conhecimento da área e da dinâmica da colheita, uma vez que essa etapa envolveu sempre o mesmo grupo de pessoas. Posteriormente, o rendimento pode ter caído devido ao menor número de plantas e maior distanciamento entre elas pela área de colheita. A etapa de colheita tende a ser otimizada em cultivos de *T. minuta*, uma vez que as plantas ficam em uma área

concentrada, o manejo das invasoras reduz a mistura de espécies e há maior proximidade com o veículo de transporte. Em geral, cultivos realizados na Índia, um dos maiores produtores comerciais de óleo essencial da espécie, utilizam densidades que variam de 37 mil plantas por hectare até 222 mil plantas por hectare, sendo a mais comum 74 mil plantas por hectare, em um espaçamento de 30 cm por 45 cm (Kumar et al., 2014; Sood et al., 2020; Walia; Kumar, 2020).

O beneficiamento das plantas é necessário para a extração do óleo essencial. *T. minuta* tem o caule principal bastante lenhoso e sua colocação no destilador reduz o rendimento do processo, especialmente em extratores de menor capacidade. O caule é uma fração representativa da planta, mas que, além de produzir muito pouco óleo essencial (Singh et al., 2006), pode formar bolsões de ar dentro do extrator. O vapor d'água tende a fluir por esses bolsões de ar, pois são áreas de menor resistência e, com isso, deixam de passar por toda a biomassa dentro de destilador. Modelos matemáticos para estimar a máxima eficiência da extração com menor custo energético assumem, entre outras premissas, que a porosidade da biomassa dentro do destilador deve ser uniforme e estável durante todo o processo, permitindo que o vapor d'água passe por todo o material de forma constante (Meziane et al., 2019; Valderrama; Ruiz, 2018).

Apesar de necessário para otimizar o rendimento, o processo de separação da biomassa em folhas, flores, pecíolos e ramos finos também se mostrou a etapa mais onerosa em tempo, exigindo a dedicação de muitas pessoas para preencher uma dorna de extração. Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes de tempo e rendimento por pessoa em cada data de beneficiamento.

Tabela 2. Beneficiamento da biomassa de *Tagetes minuta*. Biomassa fresca beneficiada por pessoa, rendimento de beneficiamento de biomassa fresca por pessoa por hora e estimativa do número de pessoas necessárias para beneficiar 20 kg de biomassa. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Abril a junho de 2022.

Data do beneficiamento	kg/pessoa	kg/pessoa/hora	Nº estimado de pessoas/hora para preparar 20 kg ⁽²⁾
25 de abril	3,01	3,61	6
26 de abril	5,38	2,22	9
27 de abril	3,75	1,49	14
2 de maio	4,38	3,64	6
3 de maio	3,02	2,60	8
11 de maio	4,39	2,71	8
12 de maio	2,61	2,61	8
25 de maio ⁽¹⁾	1,49	0,96	21
2 de junho ⁽¹⁾	1,93	1,50	14
Média	2,95	2,12	10

⁽¹⁾ Plantas secas à temperatura ambiente em casa de vegetação.

⁽²⁾ Número arredondado para o valor inteiro superior.

Em geral, cada colheita disponibilizou biomassa suficiente para mais de uma sessão de extração, que, por sua vez, resultou em um número maior de sessões de beneficiamento. Assim, houve a participação de vários colaboradores e grande rotatividade entre eles. Esse fato pode explicar em parte a variação no rendimento (kg) beneficiado por pessoa e por tempo. Como cada pessoa foi capaz de beneficiar pouco mais de 2 kg de biomassa por hora, isso significaria a necessidade de aproximadamente 10 pessoas, trabalhando durante 1h, para preencher uma dorna de destilação. Em determinadas condições, tal demanda por mão de obra poderia inviabilizar a extração do óleo essencial como uma atividade econômica. Não obstante, nesse ritmo médio de trabalho, 4 pessoas, durante 2h 30min conseguiriam preparar cerca de 21 kg de biomassa, o que seria mais factível.

Após o beneficiamento, a biomassa útil foi pesada e colocada no destilador, por tempo que variou entre 3h 20min e 6h, conforme a quantidade e teor de umidade da biomassa vegetal e a temperatura do ar do dia da destilação. Em dias mais frios, a água utilizada no processo de arraste a vapor e a própria estrutura metálica do destilador demoraram mais tempo para atingir a temperatura necessária para a destilação. Na Tabela 3 são apresentados os dados obtidos na destilação de *T. minuta*.

Tabela 3. Tempo entre o beneficiamento e a destilação; biomassa beneficiada, destilada e descartada; produção e rendimento de óleo essencial de *Tagetes minuta*. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Abril a junho de 2022.

Data da colheita	Tempo entre o beneficiamento e a destilação	Biomassa beneficiada	Biomassa destilada		Biomassa descartada		Óleo essencial	
							Produção	Rendimento
	(horas)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(mL)	(%)
Plantas frescas ou secas à sombra								
25 de abril	0	39,40	21,08	53,50	18,32	46,50	97,00	0,46
	24	45,01	21,50	47,77	23,51	52,23	122,00	0,57
	48	39,57	17,58	44,43	21,99	55,57	130,00	0,74
Média		41,33	20,05	48,57	21,27	51,43	116,33	0,59
Total		123,98	60,16	-	63,82	-	349,00	-
2 de maio	0	31,70	18,33	57,82	13,37	42,18	95,00	0,52
	24	29,36	15,09	51,40	14,27	48,60	85,00	0,56
	28	34,26	17,20	50,20	17,06	49,80	115,00	0,67
	48	37,91	19,03	50,20	18,88	49,80	101,00	0,53 ⁽¹⁾
Média		33,31	17,41	52,40	15,90	47,60	99,00	0,57
Total		133,23	69,65	-	63,58	-	396,00	-
10 de maio	24	41,69	21,95	52,65	19,74	47,35	172,00	0,78
	48	40,21	21,55	53,59	18,66	46,41	174,00	0,81
Média		40,95	21,75	53,12	19,20	46,88	173,00	0,80
Total		81,90	43,50	-	38,40	-	346,00	-
Plantas secas em casa de vegetação								
16 de maio	240	28,02	8,58	30,62	19,44	69,38	211,00	2,46
2 de junho	120	23,84	9,53	39,97	14,31	60,03	274,00	2,88
	124	24,46	9,78	39,98	14,68	60,02	281,00	2,87
Média		24,15	9,66	39,98	14,50	60,02	277,50	2,87
Total		48,30	19,31	-	28,99	-	555,00	-
Total geral		415,43	201,20	48,43	214,23	51,57	1.857,00	1,15

⁽¹⁾ Houve perda de óleo essencial no momento do recolhimento.

(-) Não aplicável.

O tempo entre o beneficiamento e a destilação decorre pelo fato de o preparo da biomassa útil ser uma etapa mais rápida do que a extração do óleo. Em geral, o fracionamento das plantas levava em torno de 2h para obter biomassa suficiente para preencher a dorna do extrator. Devido às baixas temperaturas na época em que o trabalho foi executado, o tempo médio entre o acendimento do queimador e o início da destilação foi em média de 1h 20min. Após iniciada a destilação, o tempo médio até o desligamento do queimador foi de 3h 40min, totalizando um ciclo de aproximadamente 5h. Assim, quando havia biomassa beneficiada em quantidade suficiente do dia anterior, era possível realizar dois ciclos de destilação, um pela manhã e outro de tarde. Nesses dias, o tempo para o início da segunda sessão de destilação era reduzido para 25 minutos em média, uma vez que o destilador e a água na câmara já estavam aquecidos da destilação anterior. Apesar

da grande maioria dos estudos com a extração de óleo essencial de *T. minuta* ser realizada em escala laboratorial, através de hidrodestilação com aparelho de Clevenger, o tempo total de destilação é reportado em valores que variam entre 2h e 4h (Kumar et al., 2020; Lizarraga et al., 2017; Walia et al., 2020). Cabe salientar que na hidrodestilação com aparelho de Clevenger os volumes a serem aquecidos são muito menores e, portanto, requerem menor tempo de duração.

Com relação ao rendimento de óleo essencial, é possível notar discreta tendência de aumento nas destilações realizadas 24h e 48h após o beneficiamento, bem como nas colheitas mais tardias. O maior rendimento em óleo essencial após algumas horas da colheita pode ser atribuído à perda de umidade da biomassa. Esse efeito só não foi mais pronunciado porque as plantas colhidas entre 25 de abril e 10 de maio ficaram armazenadas à sombra e em uma sequência de dias com baixa temperatura média do ar (15 °C) e alta umidade relativa do ar (87%) durante o período. Dessa forma, com a baixa demanda atmosférica de água para o ar, as plantas conservaram mais a umidade dos tecidos. De acordo com Walia et al. (2020), a secagem de *T. minuta* ao sol até 72h aumenta o rendimento da extração de óleo e reduz os custos do processo, entretanto também afeta a proporção dos compostos majoritários do óleo essencial e, para fins industriais, deve-se destilar o óleo entre 48h e 60h após a colheita.

Quanto à época de colheita, o rendimento médio nos dias 25 de abril e 2 de maio foi semelhante, entretanto, na quarta extração da segunda colheita, ocorreu perda de óleo no momento do recolhimento final, o que pode influenciar a comparação entre as duas épocas. No dia 10 de maio, o rendimento foi, em média, 37% maior em comparação às datas anteriores, possivelmente devido ao estágio fenológico da planta. Alguns trabalhos indicam que os maiores rendimentos de óleo essencial são obtidos mais para o final do ciclo da planta, entre a floração plena e a formação do fruto (Rathore et al., 2018; Thappa et al., 1993; Tiwari et al., 2016), embora outros afirmem ser no início da floração (Moghaddam et al., 2007). Porém, as flores contêm maior quantidade de óleo do que as folhas (Chalchat et al., 1995; Kumar et al., 2012) e, à medida que o ciclo avança, aumenta sua proporção em relação a outras partes da planta (Singh et al., 2006), o que justifica o maior rendimento de óleo essencial nos estádios finais do florescimento.

As plantas de *T. minuta* colhidas nos dias 16 de maio e 2 de junho apresentavam aspecto característico de final de ciclo, com poucas folhas verdes e maior proporção de flores em relação às folhas. Nesse período, não houve disponibilidade de pessoal para fazer o beneficiamento imediato das plantas, e a biomassa foi armazenada em casa de vegetação por 10 e 5 dias, respectivamente às datas supracitadas. Quando a destilação foi realizada, as flores e folhas remanescentes estavam quebradiças e, embora o volume de cada extração tenha preenchido dois terços do volume da dorna, a massa destilada em cada sessão não atingiu 10 kg. Tal fato evidencia que a perda de água foi bastante acentuada nessas amostras, mas também que a maior parte da biomassa útil era formada pelas flores. Apesar disso, o rendimento médio em óleo essencial dessas amostras foi 4,4 vezes superior à média obtida nas destilações anteriores. Esse tempo de secagem entre a colheita e a destilação, juntamente com o estágio fenológico mais avançado das plantas, sugere existir um ponto de equilíbrio entre os dois fatores para a maximização do rendimento e da produtividade do óleo essencial. Contudo, esse tema deve ser objeto de um estudo mais detalhado, uma vez que a composição do óleo essencial se altera conforme a secagem e o estágio de desenvolvimento das plantas (Kumar et al., 2020; Walia et al., 2020).

Custos variáveis das diferentes etapas para obtenção do óleo essencial

O custo variável para obtenção do óleo essencial foi de R\$ 2,16/mL na primeira destilação e de R\$ 0,48/mL na última (Tabela 4). A mão de obra foi o item que mais impactou no custo por mililitro de óleo essencial obtido, sendo as etapas de beneficiamento e de destilação responsáveis por 83% do total.

Tabela 4. Custo da mão de obra nas diferentes etapas, custo dos principais insumos necessários para a extração de óleo essencial do extrativismo de *Tagetes minuta* e custo estimado para obtenção de 1 mL de óleo essencial. Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Abril a junho de 2022.

Data da destilação	Mão de obra ⁽¹⁾ [A]			Insumos [B]			Custo [A+B]		Óleo essencial	
	Colheita ⁽²⁾ (R\$)	Beneficiamento (R\$)	Destilação (R\$)	GLP ⁽³⁾		Água ⁽⁴⁾ (L)	(R\$)	(R\$)	(mL)	(R\$/mL)
				(g)	(L/hora)					
25 de abril	12,00	119,32	48,00	1.800	643	2.571	17,24	12,93	97	2,16
26 de abril	12,00	121,70	59,00	2.213	643	3.160	21,20	15,89	122	1,88
27 de abril	12,00	99,51	56,00	2.100	643	2.999	20,12	15,09	130	1,56
2 de maio	5,04	103,75	59,00	2.213	427	2.101	21,20	10,57	95	2,10
3 de maio	5,04	85,42	41,00	1.538	493	1.683	14,73	8,47	85	1,82
3 de maio	5,04	97,36	42,00	1.575	493	1.725	15,09	8,67	115	1,46
4 de maio	5,04	107,72	61,00	2.288	478	2.429	21,91	12,22	101	2,06
11 de maio	13,92	124,25	73,00	2.738	428	2.602	26,23	13,09	172	1,46
12 de maio	13,92	121,98	68,00	2.550	479	2.716	24,43	13,66	174	1,39
26 de maio	6,00	48,57	73,00	2.738	428	2.601	26,23	13,08	211	0,79
7 de junho	4,50	53,94	67,00	2.513	448	2.500	24,07	12,57	274	0,59
7 de junho	4,50	55,36	49,00	1.838	448	1.828	17,60	9,20	281	0,48
Média	8,25	94,91	58,00	2.175	504	2.410	20,84	12,12	155	1,48
Total	99,00	1.138,88	696,00	26.100	-	28.915	250,04	145,44	1.857	-
%	4,25	48,89	29,88	-	-	-	10,73	6,24	-	-

⁽¹⁾ Considerando um valor de R\$ 12,00/hora trabalhada pelo número de pessoas que participaram nas diferentes operações e em cada dia.

⁽²⁾ O custo da mão de obra de cada colheita foi dividido entre o número de dias nos quais a biomassa foi destilada.

⁽³⁾ Considerando uma vazão constante de 450 g/hora de gás liquefeito de petróleo (GLP) e um valor de R\$ 9,58/kg a partir de um botijão P45.

⁽⁴⁾ Considerando a vazão de água medida em cada sessão de destilação e um valor de R\$ 5,03/m³ conforme a matriz tarifária municipal para a categoria comercial/serviços.

(-) Não aplicável.

Somente o beneficiamento da biomassa representou quase 50% do custo do óleo essencial, decorrente, sobretudo, da atividade manual de separação e fracionamento da biomassa útil. Na Índia, Singh et al. (2003) informam que a biomassa vegetal pode ser picada com um picador forragem e o caule descartado, para facilitar o preenchimento da dorna do destilador e reduzir o custo da destilação. Contudo, os trituradores elétricos atuais fracionam e esmagam as estruturas que armazenam o óleo essencial, ocasionando perda de rendimento. Ao trabalhar com erva-baleeira, Tonial et al. (2020) trituraram as plantas em moinho de facas e, além de não observarem diferença no tempo total da destilação, constataram que o rendimento de óleo essencial foi 20% inferior em comparação com as plantas inteiras. Nesse sentido, equipamentos capazes de otimizar o tempo do beneficiamento e que não provoquem a perda de óleo essencial precisam ser adaptados ou desenvolvidos.

Na etapa da destilação, e para o modelo de destilador utilizado, foram necessárias pelo menos duas pessoas para a colocação e a retirada da biomassa da dorna. Entretanto, durante o tempo em que ocorre a destilação, é necessária a presença de apenas uma pessoa para monitorar o fluxo de água, o queimador de gás e determinar o final do processo. Nesse período, a pessoa encarregada pode executar outras funções, como o próprio beneficiamento da biomassa ou a limpeza do local, diluindo o custo da mão de obra dentro do processo.

Os custos do GLP e da água usada durante a destilação representaram cerca de 17% do total dos custos variáveis de produção. Tais fatores são diretamente dependentes do tempo em que o equipamento fica em funcionamento. Nesse sentido, estratégias para acelerar o aquecimento dos equipamentos e a determinação do momento adequado para finalizar a destilação podem contribuir para a redução dos custos desses fatores. De forma prática, a medição em intervalos regulares (a cada 30 minutos, por exemplo) do volume de óleo essencial recolhido em um determinado volume destilado pode ser feita com o auxílio de um funil de separação e de uma proveta, permitindo estimar o momento de desligar o destilador.

O custo médio da extração de óleo essencial de *T. minuta* após 12 seções de destilação foi de R\$ 1,48/mL, mas, considerando apenas as últimas três destilações, quando as plantas estavam teoricamente em um estágio fenológico mais adequado, com menor teor de umidade, e havia maior conhecimento do processo, o custo médio foi de R\$ 0,62/mL. Embora não haja muitas informações sobre o mercado desse óleo, algumas empresas oferecem opções de venda na internet, com valores a granel variando entre R\$ 0,39/mL e R\$ 0,72/mL e valores do óleo envasado entre R\$ 3,56/mL e R\$ 10,58/mL. Na Tabela 5, são apresentados alguns indicadores de cotação do óleo essencial de *Tagetes minuta* no mercado internacional.

Tabela 5. Empresas que comercializam óleo essencial de *Tagetes minuta*, equivalência de valores para reais e preço de venda por mililitro do produto no mercado.

Empresas	Origem	Unidade ⁽²⁾	Valor	Valor equivalente em 10 de maio de 2022 (R\$/mL)
Nature in Bottle (2023)	Estados Unidos	US\$/kg	110,09	0,51 ⁽¹⁾
Kanta Enterprises Private Limited (2023)	Índia	Rs/kg	12.000,00	0,72 ⁽¹⁾
Yathaavat Aromatics (2023)	Índia	Rs/kg	6.500,00	0,39 ⁽¹⁾
Penny Price Aromatherapy (2023)	Reino Unido	£/100 mL	167,38	10,58
Lotus Garden Botanicals (2023)	Estados Unidos	US\$/16 oz	388,00	4,21
Mountain Rose Herbs (2023)	Estados Unidos	US\$/16 oz	328,00	3,56

⁽¹⁾ Os valores em quilograma foram convertidos para mililitro considerando a densidade de 0,861 g/cm³ do óleo de *T. minuta*, de acordo com a European Chemicals Agency (2023).

⁽²⁾ US\$, dólar americano; Rs, rúpia indiana; £, libra esterlina; oz, onça

Conclusões

Nas condições deste estudo, a obtenção de óleo essencial de *Tagetes minuta* por extrativismo revela dificuldades a serem superadas e oportunidades para serem aproveitadas. A coleta de plantas de ocorrência espontânea pode dificultar o acesso à área, a uniformidade e frequência da colheita, o transporte até o local de destilação e a operacionalização do beneficiamento. Para tanto, são necessários estudos agrônômicos que viabilizem um sistema de cultivo de baixo custo capaz de facilitar o planejamento de produção, seu manejo e colheita.

Dentre os custos fixos, a separação manual das flores e folhas do caule e dos ramos lenhosos são como o principal gargalo ao aumento de escala da atividade. É necessário desenvolver ou adaptar equipamentos que fracionem a biomassa útil sem triturar ou esmagar as estruturas de armazenamento do óleo essencial, melhorando o rendimento operacional sem comprometer o rendimento produtivo da destilação. Máquinas semelhantes aos antigos “picadores de trato” ou de forragem animal podem ser um ótimo ponto de partida para a otimização do processo.

O custo variável do óleo essencial obtido por extrativismo, e nas condições experimentais em que foi desenvolvido, quando comparado com o valor de venda de grandes volumes, mostra que ainda há uma grande distância a ser percorrida em termos agrônômicos e industriais. Entretanto, na perspectiva do varejo, mesmo não se considerando os custos fixos de produção, os valores alcançados neste trabalho permitem vislumbrar um potencial de utilização do óleo essencial de *T. minuta*. Esse potencial, por sua vez, deve depender também das suas características químicas e do potencial de oportunidade em diferentes segmentos de aplicação.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs), pelo apoio financeiro para realização deste trabalho.

Referências

- BANDANA, K.; RAINA, R.; KUMARI, M.; RANI, J. *Tagetes minuta*: an overview. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 2, p. 3711-3717, 2018.
- BARROS, J. C.; GARCIA, M. V.; ANDREOTTI, R. Óleo essencial de *Tagetes minuta* como fitoterápico no controle dos carrapatos. In: ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. **Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 169-180.
- BIRMANN, P. T.; CASARIL, A. M.; ZUGNO, G. P.; ACOSTA, G. G.; SOUSA, F. S. S.; COLLARES, T.; SEIXAS, F. K.; JACOB, R. G.; BRÜNING, C. A.; SAVEGNAGO, L.; HARTWIG, D. Flower essential oil of *Tagetes minuta* mitigates oxidative stress and restores BDNF-Akt/ERK2 signaling attenuating inflammation- and stress-induced depressive-like behavior in mice. **Brain Research**, v. 1784, 147845, jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2022.147845>.
- CARNEIRO, C. R.; RITTER, M. R. A tribo Tageteae (Asteraceae) no sul do Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 73, n. 2, p. 114-134, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-8231201873204>.
- CHAGAS, A. C. de S.; OLIVEIRA, M. C. de S.; GIGLIOTTI, R.; SANTANA, R. C. M.; BIZZO, H. R.; GAMA, P. E.; CHAVES, F. C. M. Efficacy of 11 Brazilian essential oils on lethality of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v. 7, n. 3, p. 427-432, abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.01.001>.
- CHALCHAT, J. C.; GARRY, R. P.; MUHAYIMANA, A. Essential Oil of *Tagetes minuta* from Rwanda and France: chemical composition according to harvesting location, growth stage and part of plant extracted. **Journal of Essential Oil Research**, v. 7, n. 4, p. 375-386, jul. 1995. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.1995.9698544>.
- CRAVEIRO, A. A.; MATOS, F. J. A.; MACHADO, M. I. L.; ALENCAR, J. W. Essential oils of *Tagetes minuta* from Brazil. **Perfumer and Flavorist**, v. 13, n. 5, p. 35-36, 1988.
- CHEMICALS AGENCY. Disponível em: <https://echa.europa.eu/brief-profile/-/briefprofile/100.086.202>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- GAKUUBI, M. M.; WANZALA, W.; WAGACHA, J. M. Bioactive properties of *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) essential oils: a review. **American Journal of Essential Oils and Natural Products**, v. 4, n. 2, p. 27-36, 2016. Disponível em: <https://www.essencejournal.com/pdf/2016/vol4issue2/PartA/4-2-6-180.pdf> Acesso em: 20 out. 2023.
- HULINA, N. Wild marigold - *Tagetes minuta* L., new weed on the Island of Hvar, and new contribution to the knowledge of its distribution in Dalmatia (Croatia). **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 73, n. 1, p. 23-26, 2008.

- IGWARAN, A.; IWERIEBOR, B. C.; OKOH, S. O.; NWODO, U. U.; OBI, L. C.; OKOH, A. I. Chemical constituents, antibacterial and antioxidant properties of the essential oil flower of *Tagetes minuta* grown in Cala community Eastern Cape, South Africa. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 17, n. 1, p. 351, 5 dez. 2017. Disponível em: <http://bmccomplementaltermmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12906-017-1861-6>. Acesso em: 20 out. 2023.
- KANTA ENTERPRISES PRIVATE LIMITED. Disponível em: <https://www.kantagroupindia.com/search.html?ss=tagetes>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- KUMAR, A.; GAUTAM, R. D.; KUMAR, A.; BISHT, A.; SINGH, S. Floral biology of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) and its relation to essential oil composition. **Industrial Crops and Products**, v. 145, 111996, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111996>.
- KUMAR, R.; RAMESH, K.; PATHANIA, V.; SINGH, B. Effect of transplanting date on growth, yield and oil quality of *Tagetes minuta* L. in Mid Hill of North -Western Himalaya. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 15, n. 3, p. 405-414, jan. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10644068>.
- KUMAR, R.; SHARMA, S.; RAMESH, K.; PATHANIA, V.; PRASAD, R. Irradiance stress and plant spacing effect on growth, biomass and quality of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) – an industrial crop in western Himalaya. **Journal of Essential Oil Research**, v. 26, n. 5, p. 348-358, 3 set. 2014. DOI: [10.1080/10412905.2014.935497](https://doi.org/10.1080/10412905.2014.935497).
- LIZARRAGA, E.; MERCADO, M. I.; GALVEZ, C.; RUIZ, A. I.; PONESSA, G. I.; CATALAN, C. A. N. Morpho anatomical characterization and essential oils of *Tagetes terniflora* and *Tagetes minuta* (Asteraceae) growing in Tucumán (Argentina). **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v. 52, n. 1, p. 55-68, 2017.
- LOTUS GARDEN BOTANICALS. Disponível em: https://www.lgbotanicals.com/Tagetes-Essential-Oil_p_580.html. Acesso em: 23 jun. 2023.
- MASSUH, Y.; CRUZ-ESTRADA, A.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; OJEDA, M. S.; ZYGADLO, J. A.; ANDRÉS, M. F. Nematicidal activity of the essential oil of three varieties of *Tagetes minuta* from Argentina. **Natural Product Communications**, v. 12, n. 5, p. 705-707, 2017a.
- MASSUH, Y.; TORRES, L. E.; OCAÑO, S. F.; BRUENTTI, P.; CHAVES, A. G.; ZYGADLO, J. A.; OJEDA, M. S. Generation and characterization of a population of *Tagetes minuta* of broad genetic base - obtaining selected individuals. **Phyton**, v. 86, n. 1, p. 214-223, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.32604/phyton.2017.86.214>.
- MEZIANE, I. A. A.; BALI, N.; BELBLIDIA, N.-B.; ABATZOGLOU, N.; BENYOUSSEF, E.-H. The first-order model in the simulation of essential oil extraction kinetics. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 15, n. August, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100226>.
- MODISE, S. A.; ASHAF, A. O. T. Larvicidal, pupicidal and insecticidal activities of *Cosmos bipinnatus*, *Foeniculum vulgare* and *Tagetes minuta* against *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 15, n. 5, p. 965, 30 maio 2016. DOI: <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i5.10>.
- MOGHADDAM, M.; OMIDBIAGI, R.; SEFIDKON, F. Changes in content and chemical composition of *Tagetes minuta* oil at various harvest times. **Journal of Essential Oil Research**, v. 19, n. 1, p. 18-20, jan. 2007. DOI em: <https://doi.org/10.1080/10412905.2007.9699218>.
- MOUNTAIN ROSE HERBS. Disponível em: <https://mountainroseherbs.com/tagetes-essential-oil>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- NATURE IN BOTTLE. Disponível em: https://www.natureinbottle.com/product/tagetes_essential_oil. Acesso em: 25 jun. 2023.
- NGONDYA, I. B.; MUNISHI, L.; TREYDTE, A. C.; NDAKIDEMI, P. A. Demonstrative effects of crude extracts of *Desmodium* spp. to fight against the invasive weed species *Tagetes minuta*. **Acta Ecologica Sinica**, v. 36, n. 2, p. 113-118, abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2016.03.001>.
- OLIVEIRA, D. H. de; ABIB, P. B.; GIACOMINI, R. X.; LENARDÃO, E. J.; SCHIEDECK, G.; WILHELM, E. A.; LUCHESE, C.; SAVEGNAGO, L.; JACOB, R. G. Antioxidant and antifungal activities of the flowers' essential oil of *Tagetes minuta*, (Z)-tagetone and thiotagetone. **Journal of Essential Oil Research**, v. 31, n. 2, p. 160-169, 4 mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1519465>.
- PENNY PRICE AROMATHERAPY. Disponível em: <https://www.penny-price.com/products/tagetes-essential-oil?variant=40015590228050>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- RATHORE, S.; WALIA, S.; KUMAR, R. Biomass and essential oil of *Tagetes minuta* influenced by pinching and harvesting stage under high precipitation conditions in the western Himalayas. **Journal of Essential Oil Research**, v. 30, n. 5, p. 360-368, 3 set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1486744>.
- SANTOS, D. C. dos; BARBOZA, A. da S.; SCHNEIDER, L. R.; CUEVAS-SUÁREZ, C. E.; RIBEIRO, J. S.; DAMIAN, M. F.; CAMPOS, A. D.; LUND, R. G. Antimicrobial and physical properties of experimental endodontic sealers containing vegetable extracts. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 6450, 19 mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1519465>.
- SINGH, A.; KHANUJA, S. P. S.; ARYA, S. J. K.; SINGH, S.; YADAW, A. Essential oil quality and yield with respect to harvest index in *Tagetes minuta* cultivated in Sub Tropical plains of North India. **Journal of Essential Oil Research**, v. 18, n. 4, p. 362-365, 2006.
- SINGH, V.; SINGH, B.; KAUL, V. K. Domestication of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) as a potential economic crop in western Himalaya and north indian plains. **Economic Botany**, v. 57, n. 4, p. 535-544, nov. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0535:DOWMTM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2003)057[0535:DOWMTM]2.0.CO;2).
- SOOD, M.; KUMAR, N.; CHANDEL, S. Management of *Tagetes minuta* under different sowing methods and plant densities in Mid-Hill condition of Himachal Pradesh (India). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 5, p. 1516-1523, 20 maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.172>.
- THAPPA, R. K.; AGARWAL, S. G.; KALIA, N. K.; KAPOOR, R. Changes in chemical composition of *Tagetes minuta* oil at various stages of flowering and fruiting. **Journal of Essential Oil Research**, v. 5, n. 4, p. 375-379, jul. 1993. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.1993.9698246>.

- TIWARI, A.; GOSWAMI, P.; BISHT, B. S.; CHAUHAN, A.; RAM, S. Essential oil composition of African marigold (*Tagetes minuta* L.) harvested at different growth stages in foothills agroclimatic conditions of North India. **American Journal of Essential Oils and Natural Products**, v. 4, n. 3, p. 23-26, 2016.
- TONIAL, C. H.; RODRIGUES, M. F. F.; BOSSE, M. A.; SOUSA, I. M. O.; LIMA, J. D. de; CUNHA, M. A. A. da; FOGLIO, M. A.; MARQUES, M. O. M.; MARCHESE, J. A. Technical and economic evaluation of cultivation and obtaining of *Varronia curassavica* Jacq. essential oil. **Industrial Crops and Products**, v. 154, 112650, out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112650>.
- VALDERRAMA, F.; RUIZ, F. An optimal control approach to steam distillation of essential oils from aromatic plants. **Computers & Chemical Engineering**, v. 117, p. 25-31, set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.05.009>.
- WALIA, S.; BANERJEE, T.; KUMAR, R. Efficacy of weed management techniques on weed control, biomass yield, and soil herbicide residue in transplanted wild marigold (*Tagetes minuta* L.) under high rainfall conditions of western Himalaya. **Agronomy**, v. 11, n. 11, 2119, 22 out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11112119>.
- WALIA, S.; BHATT, V.; KUMAR, R. Influence of drying processing on essential oil yield and composition of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) in the Western Himalayas. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 23, n. 4, p. 686-696, 3 jul. 2020. DOI em: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1810137>.
- WALIA, S.; KUMAR, R. Wild marigold (*Tagetes minuta* L.) an important industrial aromatic crop: liquid gold from the Himalaya. **Journal of Essential Oil Research**, v. 32, n. 5, p. 373-393, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1813211>.
- WALIA, S.; KUMAR, R. Wild marigold (*Tagetes minuta* L.) biomass and essential oil composition modulated by weed management techniques. **Industrial Crops and Products**, v. 161, n. 6, 113183, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113183>.
- YATHAAVAT AROMATICS. Disponível em: <https://www.indiamart.com/yathaavataromatics/essential-oils.html#2850183420373>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- ZIMMERMANN, R. C.; ARAGÃO, C. E. de C.; ARAÚJO, P. J. P. de; BENATTO, A.; CHAABAN, A.; MARTINS, C. E. N.; AMARAL, W. do; CIPRIANO, R. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. Insecticide activity and toxicity of essential oils against two stored-product insects. **Crop Protection**, v. 144, n. January, p. 105575, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105575>.

