

Efeito de níveis de irradiância na produção de biomassa, teor de óleo essencial e anatomia de *Artemisia alba* Turra

Effect of irradiance levels on biomass production, essential oil content and anatomy of *Artemisia alba* Turra

Efecto de los niveles de irradiación en la producción de biomasa, contenido de aceite esencial y anatomía de *Artemisia alba* Turra

Recebido: 20/09/2022 | Revisado: 02/10/2022 | Aceitado: 03/10/2022 | Publicado: 10/10/2022

Rafael Marlon Alves de Assis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8978-2867>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: rafamarlon7@gmail.com

Jorge Henrique Chagas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1136-6855>
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Embrapa Trigo, Brasil
E-mail: jorge.chagas@embrapa.br

Jeremias José Ferreira Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2178-2972>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: jeremias12agro@gmail.com

Jandeilson Pereira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3708-2540>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: jandeilsonpereira@gmail.com

Suzan Kelly Vilela Bertolucci

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8796-7043>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: suzan@ufla.br

José Eduardo Brasil Pereira Pinto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1141-7907>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: jeduardo@ufla.br

Resumo

A cânfora de jardim (*Artemisia alba* Turra, sinónimo *Artemisia camphorata* Vill - Asteraceae) é uma planta aromática e medicinal, que possui propriedades analgésicas, anti-reumáticas, para picadas de insetos e contusões. Fatores ambientais como a irradiância interferem nas condições de cultivo de espécies medicinais, provocando alterações morfológicas e fisiológicas. Objetivou-se avaliar a influência de três níveis de irradiância no crescimento vegetativo, teor de óleo essencial e características anatômicas de cânfora. No Horto de Plantas Medicinais da UFLA, as mudas se desenvolveram sob três níveis de irradiância: pleno sol (100%), Aluminet® 40% (60% de irradiância), Aluminet® 80% (20% de irradiância). As avaliações de crescimento e teor de óleo essencial foram feitas com 6 meses e 1 ano de cultivo. Aos 6 meses, não houve diferença significativa em relação ao acúmulo de biomassa seca das folhas, já nas raízes o maior acúmulo foi a pleno sol e o menor a 20% de irradiância, a biomassa seca total foi maior a pleno sol e a 60%. O teor de óleo essencial não houve diferença entre os tratamentos. Com 1 ano de cultivo, a pleno sol apresentou maiores acúmulos de biomassa seca total, das folhas, das raízes. O teor de óleo foi maior a 60% e a 20% de irradiância. Nos ramos o maior acúmulo foi a 60% e 20% de irradiância nos dois períodos de coleta. Em se tratando das características anatômicas observou-se uma tendência no aumento da espessura dos tecidos com o aumento dos níveis de irradiância. A densidade estomática apresentou-se maior a pleno sol e a 20% de irradiância. (Scott-Knott, com ns de 5%).

Palavras-chave: *Artemisia camphorata* Vill; Asteraceae; Planta medicinal; Níveis de radiação.

Abstract

The garden camphor (*Artemisia alba* Turra, synonym *Artemisia camphorata* Vill.-Asteraceae) is an aromatic and medicinal plant that has analgesic, antirheumatic properties to insects bite and injury. Environmental factors such as radiance interferes in growing conditions of medicinal species making morphological and physiological changing. As purpose the influency of three radiance levels in the vegetative growth, essential oil level and anatomical

characteristics of camphor, were evaluated. At UFLA's Medicinal Plants Garden, scions developed under three radiancy levels: 100% sunlight, 40% Aluminet® (60% of sunlight), 80% Aluminet® (20% of sunlight). Growth evaluations and essential oil level were made at 6 months and 1 year culture. At 6 months there was no significant difference related to accumulation was at sunlight and less at 20% sunlight, total dry biomass was bigger at sunlight at sunlight and at 60%. Essential oil level did not show difference among treatments. With an year culture at sunlight they presented higher total dry biomass accumulation of the leaves and roots. Oil level was higher at 60% and 20% sunlight. A higher accumulation in the branches was at 60% and 20% sunlight during the two picking up samples period. In the anatomical characteristics was noticed an increase of the tissues thickness with the increase of sunlight level. Stomato density showed to be higher at sunlight and at 20% sunlight. (Scott-Knott, with 5% ns).

Keywords: *Artemisia camphorata* Vill; Asteraceae; Medicinal plant; Radiancy level.

Resumen

El alcanfor de jardín (*Artemisia alba* Turra, sinónimo *Artemisia camphorata* Vill - Asteraceae) es una planta aromática y medicinal, que tiene propiedades analgésicas, anti-reumáticas, para picaduras de insectos y contusiones. Factores ambientales como la irradiancia interfieren en las condiciones de cultivo de las especies medicinales, provocando cambios morfológicos y fisiológicos. El objetivo fue evaluar la influencia de tres niveles de irradiancia sobre el crecimiento vegetativo, el contenido de aceite esencial y las características anatómicas del alcanfor. En el Jardín de Plantas Medicinales de la UFLA, las plántulas se desarrollaron bajo tres niveles de irradiancia: pleno sol (100%), Aluminet® 40% (60% de irradiancia), Aluminet® 80% (20% de irradiancia). Se evaluó el crecimiento y contenido de aceite esencial a los 6 meses y 1 año de cultivo. A los 6 meses no hubo diferencia significativa en relación a la acumulación de biomasa seca en las hojas, mientras que en las raíces la mayor acumulación fue en pleno sol y la menor al 20% de irradiancia, la biomasa seca total fue mayor en pleno sol y al 60%. El contenido de aceite esencial no fue diferente entre tratamientos. Con 1 año de cultivo, en pleno sol mostró mayores acumulaciones de biomasa seca total, hojas, raíces. El contenido de aceite fue mayor al 60% y al 20% de irradiancia. En las ramas, la mayor acumulación fue al 60% y 20% de irradiancia en los dos períodos de recolección. En cuanto a las características anatómicas, se observó una tendencia al aumento del grosor del tejido con el aumento de los niveles de irradiancia. La densidad estomática fue mayor a pleno sol y al 20% de irradiancia. (Scott-Knott, con ns del 5%).

Palabras clave: *Artemisia camphorata* Vill; Asteraceae; Planta medicinal; Niveles de radiación.

1. Introdução

Artemisia alba Turra (sinônimo *A. camphorata* Vill.) é uma planta pertencente à família das Asteraceae (Compositae), grupo que conta com cerca de 30.000 espécies e 1.700 gêneros (TICA, 2022). Muitas espécies da família apresentam grande importância alimentícia, cosmética e farmacêutica, devido a produção de diversos compostos (Roque et al., 2017; Sales et al., 2022). Popularmente conhecida como cânfora de jardim, cânfora, alcanfor e canfrinho. É uma planta semi-arbustiva, perene, ascendente, muito ramosa que atinge cerca de 30 a 50 cm de altura. A espécie é aromática e medicinal, seu óleo essencial possui a cetona monoterpênica cânfora como componente majoritário. Esta é amplamente utilizada na medicina tradicional como anti-reumática, calmante, antinevrálgica, para dores musculares, diabetes, bronquite, diarreia, hipertensão e picadas de insetos (Martins et al., 1994; Mighri et al., 2010). Seu óleo essencial é conhecido por sua ação desinfetante, terapêutica, anti-helmíntica e antiespasmódica (Mighri et al., 2010).

Estudos agrônômicos, químicos, farmacológicos e toxicológicos, são necessários para utilização adequada de plantas medicinais (Lorenzi & Matos, 2021). Assim, para viabilizar uma espécie medicinal do ponto de vista agrônômico, exige-se o desenvolvimento de metodologias eficientes de produção da planta (matéria-prima), visando maiores teores de substâncias ativas, no intuito de controlar e otimizar os diferentes níveis desta produção. Portanto, a padronização do manejo agrônômico é importante para obtenção de um produto de qualidade, uma vez que a variação na concentração dos constituintes de interesse do óleo essencial e de outros compostos podem resultar em efeito insatisfatório (Bibiano et al., 2019; Honorato et al., 2022).

A grande maioria das espécies medicinais ainda não foram domesticadas, estudos relacionados à estreita relação dessas plantas com fatores ambientais podem contribuir significativamente para determinação de técnicas apropriadas para seu cultivo (Junior, 2010). O conhecimento sobre os requerimentos de luz para espécies medicinais é importante para fatores determinantes da produtividade fotossintética da planta e tem grande influência sobre a estrutura geral e morfologia das folhas,

caules e raízes. Como a intensidade luminosa afeta a produção de metabólitos secundários, será maior a possibilidade de prever a composição química e o desenvolvimento de plantações economicamente importantes (Ribeiro et al., 2022; Ribeiro et al., 2018).

O crescimento e o desenvolvimento de uma planta, podem ser influenciados pela duração e pelo comprimento de onda da luz, mas as diferenças na intensidade da irradiância são responsáveis pelas maiores variações nas formas anatômicas e morfológicas (Olivares-Soto & Bastías, 2018; Ribeiro et al., 2022; Ribeiro et al., 2018). Pesquisas de Ribeiro et al. (2022), revelaram que a produção de biomassa em *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., apresentou efeito significativo sob intensidade luminosa. Plantas de *P. cablin* cultivadas em ambiente com sombreamento apresentam parâmetros de crescimento superiores em relação ao pleno sol. As plantas cultivadas sob Aluminet ou malha preta de 50 e 70% de sombreamento melhoraram o acúmulo de peso das folhas e aumentaram o teor e rendimento de óleo essencial.

Conforme Li et al. (2020), o nível de radiação solar é um componente abiótico essencial para síntese de fotossíntese e desenvolvimento da planta. Ainda de acordo com esses autores, a morfologia, anatomia e funções fisiológicas da planta podem influenciar no acúmulo de metabólitos secundários com as alterações abióticas. O nível de radiação afeta a assimilação de carbono e, conseqüentemente, a produção de óleos essenciais nas espécies, pois a síntese desses óleos envolve vias bioquímicas do metabolismo primário (Thakur & Kumar, 2021). Assim, o ganho no rendimento e das propriedades medicinais das plantas pode ser alcançada por meio de ajustes adequados na intensidade de luz em diferentes espécies tais como, *Erigeron breviscapus* (Vaniot), *Flourensia cernua* DC, *Sinapis alba* L., *Nasturtium officinale* W.T. Aiton, *Artemisia annua* L., etc (Li et al., 2020).

Devido à importância do óleo essencial *Artemisia alba* para as indústrias de perfumaria, cosmética e farmacêutica, e devido ao sistema protegido permitir ganho de produtividade e qualidade das plantas utilizando menos quantidades de produtos fitossanitários, levantou-se a hipótese de que as intensidades das malhas podem afetar a produção de biomassa e óleo essencial. Tendo em vista que pouco se conhece sobre os fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produção das espécies medicinais, os objetivos desse trabalho foram investigar as relações entre crescimento, anatomia foliar e teor de óleos essenciais em plantas de cânfora submetidas a diferentes níveis de irradiância.

2. Metodologia

2.1 Localização da área experimental

As plantas foram cultivadas no Horto Medicinal do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As coordenadas são 21° 14' 06" de latitude sul e 45° de longitude W, a uma altitude de 900 metros. Segundo a classificação climática de Koppen, o clima regional é do tipo Cwa com Cwb, apresentando duas estações bem definidas: de abril a setembro, seca, com temperaturas mais baixas e de outubro a março, chuvosa, com temperaturas mais elevadas.

2.2 Origem do material vegetal

As estacas de cânfora foram coletadas de matrizes instaladas no Horto Medicinal do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, onde foram colocadas em bandejas de isopor para enraizamento e formação de mudas, utilizando o substrato comercial Plantimax®. As mudas foram cultivadas em estufa com 60% de sombreamento até atingirem aproximadamente 10cm de altura. Após o enraizamento e crescimento foi feita a aclimação das mudas.

2.3 Instalação e condução do experimento

Após aclimação das mudas (45 dias), quando apresentaram um bom enraizamento e uma boa uniformidade da parte aérea, foi feito o transplante em novembro para os vasos com capacidade de 5 litros, realizado de forma aleatória, utilizando-

se como substrato latossolo vermelho-escuro, retirado 30cm abaixo da camada arável e esterco bovino curtido na proporção de 5kg.m⁻². A acidez do solo foi corrigida com calcário. Os vasos após 45 dias receberam uma adubação de cobertura com 80g de esterco curtido por vaso.

As plantas foram colocadas nos vasos com um espaçamento de 0,5 x 0,5m sob duas estruturas de madeira e arame liso, sendo cobertas com malha termorefletora aluminizada (Aluminet®), uma com 40% e outra com 80% de interceptação da radiação solar, e ao lado da estrutura uma área a pleno sol. O experimento constou de 120 vasos, divididos em duas épocas de coletas (60 vasos/época), a primeira aos 6 meses de cultivo e a segunda com 1 ano de cultivo. Os vasos de cada etapa de coleta foram submetidos a três tratamentos (níveis de irradiância): a pleno sol e sob telas (Aluminet®) 40% (60% de irradiância) e 80% (20% de irradiância) interceptação da radiação solar.

2.4 Crescimento vegetativo

A primeira colheita foi realizada em abril após 6 meses e a segunda aos 12 meses após o cultivo (outubro), sendo realizada as coletas da parte aérea e das raízes das plantas, e, posteriormente, foram feitas as análises de crescimento, usando as seguintes características: Biomassa seca da parte aérea (BSPA) - A parte aérea foi seca em estufa a 36° C até peso constante; Biomassa seca da raiz (BSR) - As raízes foram coletadas, lavadas em água corrente e depois secas em estufa a 45° C, até peso constante; Biomassa seca dos ramos (BSRAMO) e das folhas (BSF) - A parte aérea das plantas foram secas até peso constante e separados os ramos das folhas; Biomassa seca total (BST) - Biomassa correspondente a soma das biomassas da parte aérea seca e raízes secas; Razão do peso foliar (RPF) - Razão feita entre o peso seco acumulado nas folhas (BSF) e o peso da biomassa seca total da planta (BST); Relação raiz/parte aérea (BSR/BSPA).

2.5 Extração e determinação do rendimento de óleo essencial

Para a avaliação do teor de óleo essencial 30g de folhas secas coletadas aos 6 meses e aos 12 meses foram submetidas à hidrodestilação em aparelho de Clevenger por 1 hora, utilizando 600mL de água destilada em balão de destilação de 1 litro. Em seguida, realizou-se uma partição líquido-líquido, em funil de separação, realizando-se 3 lavagens com 3 porções de 20mL de diclorometano. Às frações orgânicas foram reunidas e adicionou-se 3g sulfato de magnésio anidro para retirar possíveis resíduos de umidade. Após alguns minutos em repouso, a solução foi filtrada para retirada do sulfato de magnésio anidro, e armazenada à temperatura ambiente sob capela de exaustão em vidros escuros parcialmente tampados, para permitir a evaporação do restante do solvente. Em seguida as massas dos óleos obtidos foram determinadas e calculadas seus teores percentuais.

2.6 Características anatômicas

Foram realizadas coletas aos 6 meses (março) e aos 12 meses (setembro) de cultivo, de folhas totalmente expandidas, aleatoriamente, em cada tratamento e fixadas em álcool 70° GL. A coleta foi efetuada na 5° folha totalmente expandida, a partir do ápice para a base da planta. Os cortes foram realizados no 3° ou 4° fôlculo de cada folha, com o auxílio de micrótomo de mesa. As seções foram clarificadas em solução aquosa de hipoclorito de sódio (50%), sendo, em seguida, lavadas com água destilada, neutralizadas em água acética 1% e montadas em glicerina a 50%. O corante usado foi a mistura azul de astra-safranina, de acordo com os métodos descritos por Bukatsch (1972). A partir das seções transversais foram realizadas 15 medições por tratamento, com o auxílio de ocular micrométrica, das espessuras das epidermes e do parênquima paliçádico.

Para realização da contagem do número de estômatos e obtenção da densidade estomática, foram feitos os cortes, separando cerca de 0,5cm da parte mediana do pecíolo das folhas, após foi realizado um corte longitudinal separando o lado adaxial do lado abaxial do pecíolo. Posteriormente, foi feita a dissociação seguindo os métodos descritos por Kraus e Arduim

(1997), pois não foi possível fazer cortes manuais paradérmicos no limbo foliar e no pecíolo. Em seguida foi feita a montagem de lâminas semi-permanentes, segundo técnicas usuais em anatomia. A contagem foi realizada na face adaxial e na face abaxial em microscópio Olympus CBB, segundo Labouriau et al. (1961), em 20 campos obtidos aleatoriamente das folhas coletadas.

2.7 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, utilizando 3 tratamentos e 5 repetições, cada uma constituída por 4 plantas (1 planta por vaso), totalizando 20 plantas por tratamento, sendo 60 vasos no total, para cada etapa de coleta, no total foram 120 vasos. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, sendo realizado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade com auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2019).

3. Resultados e Discussão

3.1 Crescimento vegetativo

Após os primeiros 6 meses de cultivo, observou-se diferenças significativas no crescimento das plantas de cânfora nos diferentes níveis de radiação (Tabela 1). Em relação à biomassa seca total, as plantas cultivadas a pleno sol e sob 60% de irradiância obtiveram maiores acúmulos. Para a biomassa seca das folhas, que é a parte da planta empregada para fins medicinais, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. Já na biomassa seca acumulada pelos ramos das plantas cultivadas a pleno sol, observou-se a menor produção se comparado aos demais tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Biomassa seca total (BST), das folhas (BSF), do ramo (BSRAMO), da parte aérea (BSPA), das raízes (BSR), relação BSR/Biomassa seca da parte aérea (BSPA) e relação BSF/BST denominada razão do peso foliar (RPF) de plantas de *Artemisia alba* submetidas a três níveis de irradiância após 6 meses de cultivo (outubro/abril).

Níveis de irradiância	BST (g)	BSF (g)	BSRAMO (g)	BSPA (g)	BSR (g)	BSR/ BSPA	RPF
Pleno Sol	121,72a	29,42a	21,34b	50,76b	70,96a	1,40a	0,23c
60% (Aluminet 40%)	114,92a	31,22a	25,06a	56,28a	58,64b	1,04b	0,26b
20% (Aluminet 80%)	78,43b	30,25a	27,86a	58,11a	20,32c	0,34c	0,37a

As médias (nas colunas) seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.
Fonte: Autores.

Silva (2001), estudando o crescimento de plantas de *Baccharis trimera* (Less.) D.C. cultivadas no campo sob quatro níveis de irradiância (100%, 60%, 50% e 20%) observou que as plantas cultivadas sob o maior nível de intensidade luminosa apresentaram acúmulo de biomassa seca mais de quatro vezes superior às cultivadas a 20% de irradiância, demonstrando esta ser uma espécie de sol. Já Scalón e Alvarenga (1993) para *Platycyamus regnelli* (Micheli) e Atroch (1999) para *Bauhinia forficata* Link verificaram não haverem diferenças entre níveis de 50% a 100% de irradiância, quanto ao acúmulo de biomassa seca. Tais dados demonstram que diferentes espécies respondem de maneira distinta ao nível de irradiância no que se refere ao acúmulo de biomassa. Ribeiro et al (2022) relatam que plantas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth cultivadas em ambiente com sombreamento apresentam parâmetros de crescimento superiores em relação ao pleno sol. As plantas cultivadas sob Aluminet de 50 e 70% de sombreamento melhoram o ganho de peso das folhas e aumentaram o teor e rendimento de óleo essencial.

No que se refere a biomassa seca das raízes, pôde-se verificar que as plantas de cânfora apresentaram um acúmulo crescente de biomassa, nas plantas cultivadas à 20%, 60% e pleno sol respectivamente, diferindo-se entre si estatisticamente (Tabela 1). Na relação biomassa seca da raiz/parte aérea, diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos, sendo as plantas cultivadas em pleno sol, as que apresentaram maior relação (Tabela 1). Segundo Claussem (1996), plantas com sistemas radiculares mais desenvolvidos têm maior capacidade de suportarem as maiores taxas de fotossíntese e transpiração que ocorrem nestes ambientes, do que aquelas com sistema radicular reduzido.

Vários trabalhos têm demonstrado maior acúmulo de biomassa seca no sistema radicular de plantas cultivadas na condição de pleno sol. Esta menor distribuição de biomassa para as raízes sobre baixas condições de luminosidade é bem conhecida e provavelmente reflete uma resposta a atributos que melhoram o ganho de carbono sobre irradiância reduzida, com um aumento na área foliar, ou que reflitam uma estratégia relacionando luminosidade com aumento de altura, provavelmente esta última característica, pode explicar o maior acúmulo de biomassa seca dos ramos nas plantas de *Artemisia alba* sob os níveis de 60% e 20% de irradiância (Almeida, 2001; Castro et al., 2005; Letchamo & Gosselin, 1996). No entanto, Ribeiro et al (2022) relatam que o cultivo de *Pogostemon cablin* obteve valores mais elevados de biomassa seca de raiz quando as plantas foram cultivadas sob sombreamento em comparação com as plantas cultivadas a pleno sol.

Em relação a razão do peso foliar (RPF), o maior resultado foi a 20% de irradiância (0,37), diminuindo à medida que aumenta a irradiância. O RPF é a razão entre o peso de matéria seca retida nas folhas e o peso de matéria seca acumulada em toda planta. O RPF, conforme Benincasa (2003), representa a fração de matéria seca não exportada das folhas para outras partes das plantas, o que indica que as plantas de *Artemisia alba* em menores níveis de irradiância, retém mais matéria seca nas folhas. Segundo alguns autores, entre eles Almeida (2001) e Castro (2005), observaram em seus estudos que plantas cultivadas a pleno sol alocaram maiores percentuais de biomassa para o sistema radicular, indicando que a luz tem efeito estimulante na translocação para a raiz.

As diferenças observadas nas características usadas para a análise de crescimento vegetativo (Tabela 1), nas plantas cultivadas nos três níveis de irradiância pelo período de 6 meses, se modificaram em relação as plantas cultivadas pelo período de 12 meses sob os três níveis de irradiância (Tabela 2). Comparando-se os dados do acúmulo de biomassa seca das folhas (BSF) nas tabelas 1 e 2, nota-se que para essa característica, o crescimento vegetativo não manteve o mesmo comportamento. Ao contrário da BSF nas plantas cultivadas por 6 meses, a BSF das plantas cultivadas por 12 meses apresentou diferenças estatísticas significantes entre os níveis de irradiância, as quais tiveram um acúmulo crescente de 26,34g, 31,42g e 38,12g, respectivamente, para as plantas cultivadas à 20%, 60% de irradiância e pleno sol.

Em relação a biomassa seca acumulada pelas raízes, também foi observado que apenas as plantas cultivadas a pleno sol conseguiram incrementar a biomassa acumulada em relação as plantas cultivadas pelo período de 6 meses, enquanto as plantas sob 60% de irradiância tiveram uma pequena queda, e as plantas sob 20% de irradiância permaneceram praticamente constante (Tabela 2). Os dados obtidos mostram que se trata de uma planta de sol.

Tabela 2. Biomassa seca total (BST), das folhas (BSF), do ramo (BSRAMO), da parte aérea (BSPA), das raízes (BSR), relação BSR/Biomassa seca da parte aérea (BSPA) e relação BSF/BST denominada razão do peso foliar (RPF) de plantas de *Artemisia alba* submetidas a três níveis de irradiância após 1 ano de cultivo.

Níveis de Irradiância	BST (g)	BSF (g)	BSRAMO (g)	BSPA (g)	BSR (g)	BSR/BSPA	RPF
Pleno Sol	151,46a	38,12a	27,56b	65,68a	85,78a	1,29a	0,25b
60% (Aluminet 40%)	116,80b	31,42b	34,06a	65,48a	51,32b	0,78b	0,26b
20% (Aluminet 80%)	82,72c	26,34c	36,60a	62,94a	19,78c	0,31c	0,31a

As médias (nas colunas) seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

3.2 Teor de óleo essencial

Nos 6 primeiros meses de cultivo, não ocorreram diferenças significativas no teor de óleo essencial entre os diferentes níveis de irradiância estudados (Tabela 3). O óleo essencial de cânfora apresentou em todos os níveis de irradiância, uma tonalidade amarelo-esverdeado, e odor refrescante com aroma canforado.

Tabela 3. Teor médio do óleo essencial de cânfora sob três níveis de irradiância, aos 6 meses e a 12 meses de cultivo.

Níveis de Irradiância	Teor óleo essencial (%) (6 meses)	Teor óleo essencial (%) (12 meses)
Pleno sol	0,503a	0,631b
60% (Aluminet 40%)	0,528a	0,81a
20% (Aluminet 80%)	0,494a	0,764 ^a

As medias seguidas de mesma letra (na coluna) não diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Kanada (1999), também obteve resultados semelhantes para os teores de óleo essencial extraídos das inflorescências e das folhas de plantas de *Ocimum selloi* Benth. crescidas em pleno sol e 50% de sombreamento. Castellani (1997) também constatou que o sombreamento parcial de 60% não influenciou no teor de óleos extraídos das sementes de *Trapaolum majus* L.

Por outro lado, Silva (2001) observou que o teor de óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) D.C. foi incrementado com o aumento do nível de irradiância. Resultados obtidos por Letchamo e Gosselin (1995) com plantas de tomilho e Ventrella e Ming (2000) com *Lippia alba*, demonstraram que plantas submetidas a um maior nível de irradiância tiveram um aumento no teor de óleo essencial. Isto demonstra que diferentes espécies respondem de maneira distinta ao nível de irradiância na produção de óleos essenciais.

Nas plantas cultivadas por 12 meses, o teor de óleo essencial apresentou diferença significativa entre os níveis de irradiância. As plantas submetidas aos níveis de irradiância de 60% e 20% apresentaram maiores teores de óleos essenciais (Tabela 3). Ribeiro et al. (2022) também relatam que plantas de *Pogostemon cablin* cultivadas sob malha Aluminet com 50 e 70% de sombreamento exibiu o maior teor de óleo essencial e maior rendimento de óleo essencial.

As diferenças significativas no teor médio de óleo essencial observadas nos diferentes níveis de irradiância, podem ter sido causadas pelas variações climáticas, onde as plantas com 12 meses de cultivo foram coletadas em outubro após terem passado pela estação de inverno que é caracterizada por temperaturas baixas, amplitudes térmicas mais altas e baixa umidade relativa do ar. Como foi discutido anteriormente, todos esses fatores influenciaram o crescimento das plantas de *Artemisia*

alba, afetando principalmente as plantas cultivadas sob 60% e 20% de irradiância, o que pode ter provocado um aumento na produção e, conseqüentemente, um melhor rendimento de óleo essencial dessas plantas.

Fatores ambientais como a radiação, temperatura e o estresse hídrico podem afetar a produtividade dos óleos essenciais (Gonçalves, 2001; Kanada, 1999; Ribeiro et al., 2022). Os óleos essenciais estão associados a várias funções necessárias à sobrevivência do vegetal em seu ecossistema (Siani et al., 2000). Segundo Martins et al. (1994), a regulação do metabolismo secundário depende da capacidade genética da planta em responder a estímulos internos ou externos e no momento apropriado. Estes estímulos são caracterizados geralmente como situações de estresse, ou seja, deficiência de algum fator de produção da planta.

Analisando os teores de óleos essenciais obtidos na extração aos 6 meses de cultivo da planta e na extração de 12 meses, pode notar um aumento no rendimento percentual de óleo em todos os níveis de irradiância (Tabela 3). Esse aumento pode ter sido provocado pelo fato de que as colheitas ocorrem em épocas diferentes. A colheita aos 6 meses, realizou-se em meados de abril (início do outono), sofrendo grande influência da estação de verão. A variabilidade de produção dos óleos essenciais é enorme, variando desde fatores estacionais anuais até fatores diários (umidade do solo) e até horários como uma chuva, uma ventania, temperatura, podem alterar o rendimento de óleo essencial (Duarte, 1984).

Alguns autores realizando estudos relacionados a influência de épocas de colheita, observaram que os maiores teores de óleos essenciais foram obtidos no inverno, primavera e verão, Blanco et al. (2001), estudando *Rosmarinus officinalis*; e Costa, et al. (2004), estudando *Cymbopogon nardus* L.. Ventrella e Ming (2000), observaram em plantas de *Lippia alba*, que a melhor época de colheita é em janeiro. Já Chaves et al. (2001), trabalhando com *Ocimum gratissimum*, o rendimento de óleo essencial foi estatisticamente superior no outono em relação ao inverno.

Segundo Martins et al. (1994), o melhor momento para se obter o máximo teor de princípio ativo, pode variar de acordo com vários fatores, entre eles está a época do ano e a hora do dia. A planta não se comporta da mesma maneira durante todo o ano (Martins et al., 1994). Também deve-se levar em consideração o efeito do genótipo das plantas, pois como pode ser visto, plantas medicinais e aromáticas se comportam diferentes quanto a melhor época de colheita, sendo importante o estudo individualizado das espécies, para que se possa determinar a época que a espécie produza o máximo de teor de princípios ativos.

3.3 Características anatômicas

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, pode-se considerar que as plantas de *Artemisia alba* são possíveis de adaptação às condições de sol e sombra, visto a plasticidade adaptativa das folhas às diferentes condições de luminosidade.

Os resultados mostram que os níveis de sombreamento influenciaram significativamente sobre todas as características estruturais do limbo. As plantas cultivadas à 20% de irradiância apresentaram parênquima paliçádico com menor espessura do que as plantas cultivadas à 60% de irradiância e pleno sol (Tabela 4).

Tabela 4. Espessura (μm) dos tecidos epidérmicos e do parênquima paliçádico de folhas de *Artemisia alba*. submetidas a diferentes níveis de irradiância, após 6 meses de cultivo.

Níveis de Irradiância	Epiderme adaxial	Paliçádico adaxial	Epiderme abaxial	Paliçádico abaxial
Pleno sol	26,16a	117,84a	28,80a	122,88a
60% (Aluminet 40%)	27,12a	115,68a	25,44b	106,32b
20% (Aluminet 80%)	23,52b	96,96b	22,32c	77,04c

As médias (na coluna) seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Geralmente, o desenvolvimento do parênquima paliçádico sob baixa irradiância resulta em redução do comprimento anticlinal das células. A anatomia foliar é altamente especializada para absorção de luz. As propriedades do mesofilo, sobremaneira do parênquima paliçádico garantem a absorção uniforme de luz através da folha. Algumas plantas apresentam suficiente plasticidade adaptativa para ambientes ensolarados e sombreados, de modo a otimizar a absorção da radiação fotossinteticamente ativa. O aumento na espessura da folha, especialmente quando da alongação ou adição de células paliçádicas, tem sido associado a uma redução na resistência do mesofilo ao dióxido de carbono (Nobel, 1977), isto pode levar a uma taxa fotossintética foliar mais elevada a pleno sol, em comparação com as plantas crescidas à sombra (Björkman, 1981).

Na seção transversal da lâmina foliar observou-se ainda variação na espessura da epiderme. Para os diferentes níveis de irradiância as epidermes mais espessas foram observadas nas condições de pleno sol. Este incremento na espessura com o aumento da radiação pode ser útil para refletir irradiância excessiva, evitando a perda de água e reduzindo a volatilização rápida do óleo essencial (Letchamo & Gosselin, 1995). Resultado semelhante foi obtido por Castro (2005), quando estudou diferentes níveis de sombreamento dentro de cada região da planta de *Mikania glomerata* Sprengel., o autor observou que as epidermes adaxial e abaxial nas três regiões da planta apresentaram-se mais espessas em plantas cultivadas a pleno sol. As folhas de sombra, quando comparadas às de sol de uma mesma planta, apresentam-se mais delgadas, mais lobuladas, com epiderme mais fina e mais espaços intercelulares (Spurr & Barnes, 1980).

As medições realizadas nos cortes feitos nas folhas das plantas de *Artemisia alba* coletadas aos 12 meses de cultivo (Tabela 5), apresentaram poucas diferenças com relação as coletadas aos 6 meses. Evidenciando ainda mais que as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram suas epidermes e os parênquimas paliçádicos mais espessos que as cultivadas à 60% e as cultivadas à 20% apresentaram as menores espessuras.

Tabela 5. Espessura (μm) dos tecidos epidérmicos e do parênquima paliçádico de folhas de *Artemisia alba* submetidas a diferentes níveis de irradiância, após 12 meses de cultivo.

Níveis de irradiância	Epiderme Adaxial	Paliçádico Adaxial	Epiderme abaxial	Paliçádico abaxial
Pleno sol	27,22a	125,75a	29,83a	100,29a
60% (Aluminet 40%)	26,09b	96,68b	27,22b	75,42b
20% (Aluminet 80%)	21,42c	78,26c	21,77c	64,60c

As médias (na coluna) seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

A epiderme adaxial e o parênquima paliçádico (até o sistema vascular da nervura central), das folhas de plantas cultivadas a pleno sol apresentaram diferenças significativas em relação as plantas a 60% de irradiância. Esta diferença pode ser devido ao maior acúmulo de fotoassimilados nas folhas a pleno sol, conforme observou-se no aumento no acúmulo de

biomassa seca das folhas da colheita realizada a 1 ano (Tabela 2) em relação a colheita de 6 meses de cultivo (Tabela 1). A capacidade de alterar a estrutura das folhas em resposta a diferentes níveis de radiação solar, segundo alguns autores, é comum em espécies que apresentam amplo potencial de aclimação (Björkman, 1981).

Em relação a densidade estomática (Tabela 6), feita no pecíolo, tanto a epiderme abaxial quanto a adaxial os tratamentos a pleno sol e a 20% de irradiância, apresentaram um maior número de estômatos por milímetro quadrado, diferindo estatisticamente do de 60% de irradiância.

Tabela 6. Densidade estomática média de folhas de *Artemisia alba* sob três níveis de irradiância, após 12 meses de cultivo.

Níveis de irradiância	Densidade média (Abaxial) (N °/mm ²)	Densidade média (Adaxial) (N °/mm ²)
Pleno sol	71,78a	106,56a
60% (Aluminet 40%)	49,58b	95,46b
20% (Aluminet 80%)	63,64a	116,92a

As médias (na coluna) seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Pode-se notar também que a densidade estomática da epiderme abaxial está menor em relação a epiderme adaxial. Esta menor densidade pode estar relacionada ao fato de que determinadas áreas na epiderme foram observadas com pouco número de estômatos.

Cohen et al. (1982), observaram que o número de estômatos varia entre espécies, essa variação também é observada em folhas da mesma espécie crescendo em diferentes condições ambientais. Vários trabalhos tem demonstrado a correlação positiva entre a intensidade luminosa e a densidade estomática (Atroch, 1999; Peterson & Durkin, 1986), essa correlação não ficou caracterizada no presente estudo, onde o tratamento a pleno sol não diferenciou do 20% de irradiância.

4. Conclusão

No cultivo realizado em 6 meses, o acúmulo de biomassa seca das folhas, não foram observadas diferenças entre os níveis de irradiância. A biomassa seca dos ramos, a pleno sol, observou-se a menor produção se comparado com os demais níveis de irradiância, nas raízes houve um aumento crescente na biomassa acumulada com o aumento dos níveis de radiação. A razão do peso foliar foi maior a 20% de irradiância, diminuindo à medida que aumenta a irradiância. A relação biomassa seca da raiz/parte aérea, aumentou com o aumento da irradiância. No cultivo das plantas por 1ano, pôde-se perceber que as diferenças encontradas no cultivo de 6 meses se acentuaram. A biomassa seca total e folhas foi maior com o aumento da irradiância.

Em relação ao teor de óleo essencial, não houve diferença significativa entre os níveis de irradiância aos 6 meses de cultivo. O teor percentual de óleo essencial foi maior nas plantas sob 60% e 20% de irradiância. E em relação ao cultivo de 6 meses, o rendimento de óleo essencial extraído com 1 ano de cultivo foi observado um aumento.

A anatomia foliar das plantas cultivadas à 20% de irradiância apresentaram parênquima paliçádico com menor espessura do que as plantas cultivadas à 60% de irradiância e pleno sol. As epidermes foram mais espessas nas condições de pleno sol. A anatomia foliar, as plantas cultivadas a pleno sol tiveram uma maior espessura das epidermes e do parênquima paliçádicos.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, ao Conselho

Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela bolsa de produtividade, apoio técnico e pelo apoio financeiro.

Referências

- Almeida, L. P. (2001). *Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de Cryptocarya aschersoniana Mez. sob diferentes níveis de radiação*. Monografia de Mestrado, Universidade Federal de Lavras-MG, 96 p.
- Atroch, E. M. A. C. (1999). *Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de Bauhinia forficata Link. submetidas a diferentes níveis de irradiação*. Universidade Federal de Lavras-MG 62 p.
- Benincasa, M. M. P. (2003). *Análise de crescimento de plantas: noções básicas* (Vol. 467). Funep Jaboticabal 41 p.
- Bibiano, C. S., de Carvalho, A. A., Bertolucci, S. K. V., Torres, S. S., Corrêa, R. M., & Pinto, J. E. B. P. (2019). Organic manure sources play fundamental roles in growth and quali-quantitative production of essential oil from *Dysphania ambrosioides* L. *Industrial Crops and Products*, 139, 111512.
- Björkman, O. (1981). Responses to Different Quantum Flux Densities. In O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond, & H. Ziegler (Eds.), *Physiological Plant Ecology I: Responses to the Physical Environment* (pp. 57-107). Springer Berlin Heidelberg, 652 p.
- Blanco, M. C. S. G. (2001). Influência de épocas de colheita na produção de óleo essencial de alecrim. In *5 Jornada paulista de plantas medicinais*, 74.
- Bukatsh, F. (1972). Benerkemgem zeir doppelfarbeing astrablau-safranina. *Microkosmos*, 61(8), 255-256.
- Castellani, D. C. (1997). *Crescimento, anatomia e produção de ácido erúico em Tropaeolum majus L.* Universidade Federal de Viçosa-MG, 108 p.
- Castro, E. M., Pinto, J. E. B. P., Melo, H. C., Soares, Â. M., Alvarenga, A. A. & Lima Júnior, É. d. C. (2005). Anatomical and physiological aspects of guaco plants submitted to different photoperiods. *Horticultura Brasileira*, 23(3), 846-850.
- Chaves, F. C. M., Ming, L. C., Fernandes, D. M., Marques, M. O. M. & Meireles, M. A. A. (2001). Produção de alfavaca-cravo em função da adubação orgânica e estações climáticas. In *5 Jornada paulista de plantas medicinais*, 77.
- Claussen, J. W. (1996). Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. *Forest Ecology and Management*, 80(1), 245-255.
- Cohen, C. J., Chilcote, D. O. & Frakes, R. V. (1982). Leaf anatomy and stomatal characteristics of four tall fescue selections differing in forage yield. *Crop Science*, 22(4), 704-708.
- Costa, A. G., Filho, J. L. S. C., Filho, L. G. M. S., Oliveira, A. S., Santos, M. F. & Blank, A. F. (2004). Influência da época de colheita e da secagem de folhas no teor e rendimento de óleo essencial de capim citronela. *Revista Horticultura Brasileira*, 22(2), 6.
- Duarte, F. R. (1984). *Influência de dois tipos de solos sobre o teor total de alcalóides do confrei*, UNESP - Piracicaba, 84 p.
- Ferreira, D. F. (2019). SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. *Brazilian Journal of Biometrics*, 37(4), 529-535.
- Gonçalves, L. A. (2001). *Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de Ocimum selloi Benth. (Lamiaceae)* Universidade Federal de Viçosa, 95 p.
- Honorato, A. C., Maciel, J. F. A., de Assis, R. M. A., Nohara, G. A., de Carvalho, A. A., Pinto, J. E. B. P., & Bertolucci, S. K. V. (2022). Combining green manure and cattle manure to improve biomass, essential oil, and thymol production in *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products*, 187, 115469.
- Júnior, I. M. Domesticação de plantas medicinais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 31(255), 1-5, 2010.
- Kanada, T. (1999). Plasticidade fenotípica da morfologia e do óleo essencial em acessos de manjerição (*Ocimum spp.*). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 1(2), 13-22.
- Kraus, J. E. & Arduin, M. (1997). *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Rio de Janeiro: Seropédica 198.
- Labouriau, L., Oliveira, J. & Salgado-Labouriau, M. (1961). Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell) Toledo I. comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 33(2), 237-257.
- Letchamo, W. & Gosselin, A. (1995). Effects of HPS supplemental lighting and soil water levels on growth, essential oil content and composition of two thyme (*Thymus vulgaris* L.) clonal selections. *Canadian Journal of Plant Science*, 75(1), 231-238.
- Letchamo, W. & Gosselin, A. (1996). Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. *Journal of Horticultural Science*, 71(1), 123-134.
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R. & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 80-89.
- Lorenzi, H. & Matos, F. J. A. (2021). *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. 3ª Ed. Nova Odessa-SP, Jardim Botânico Plantarum. 576p.
- Martins, E. R., Castro, D. M., Castellani, D. C. & Dias, J. E. (1994). *Plantas medicinais*. Universidade Federal de Viçosa, 220 p.

- Mighri, H., Hajlaoui, H., Akrouf, A., Najjaa, H. & Neffati, M. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone. *Comptes Rendus Chimie*, 13(3), 380-386.
- Nobel, P. S. (1977). Internal leaf area and cellular CO₂ resistance: photosynthetic implications of variations with growth conditions and plant species. *Physiologia Plantarum*, 40(2), 137-144.
- Olivares-Soto, H. & Bastías, R. M. (2018). Photosynthetic efficiency of apples under protected shade nets. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 78(1), 126-138.
- Peterson, J. C. & Durkin, D. J. (1986). Effects of light level upon leaf area, anatomy and stomatal frequency of *Ficus benjamina* L. *Ohio State University oardc Res. Circ*, 289, 21-26.
- Ribeiro, A. S., Bertolucci, S. K. V., Carvalho, A. A., Tostes, W. N., Coelho, A. D. & Pinto, J. E. B. P. (2022). Light intensities alter growth and essential oil of patchouli under shade nets. *Ciência Rural*, 52(5), 1-11.
- Ribeiro, A. S., Ribeiro, M. S., Bertolucci, S. K. V., Bittencourt, W. J., Carvalho, A. A., Tostes, W. N., . . . Pinto, J. E. B. P. (2018). Colored shade nets induced changes in growth, anatomy and essential oil of *Pogostemon cablin*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1823-1835.
- Roque, N., Teles, A. M. & Nakajima, J. N. (2017). A família Asteraceae no Brasil: classificação e diversidade. Salvador, EDUFBA. 260p.
- Sales, J. M. V., Trindade, J. R., Nunes, R. J. L., Gurgel, E. S. C. & Santos, J. U. M. (2022). Estudos sobre Asteraceae de restingas no litoral do estado do Pará, Amazônia, Brasil. *Research, Society and Development*, 11(12), e465111234777. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34777>
- Sacramento, L. V. (2001). Reportagem ao natural. *Revista ISTOÉ*, 1653, 102 p.
- Scalon, S. P. Q. & Alvarenga, A. A. d. (1993). Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth.). *Revista Árvore*, 17(3), 265-270.
- Siani, A. C., Sampaio, A. L. F., Souza, M. C., Henriques, M. G. M. & Ramos, M. F. S. (2000). Óleos essenciais. *Biotechnology Ciência e Desenvolvimento*, 3(16), 38-43.
- Silva, F. G. (2001). *Estudos de calogênese in vitro e dos efeitos do manejo fitotécnico no crescimento e na produção de óleo essencial em plantas de carqueja [Baccharis trimera (Less.) DC.]* Universidade Federal de Lavras-MG, 128 p. Universidade Federal de Lavras-MG, 128 p.
- Spurr, S. J. & Barnes, B. V. (1980). *Ecologia Florestal*. New York: Ronald Press, 571 p.
- Thakur, M. & Kumar, R. (2021). Microclimatic buffering on medicinal and aromatic plants: A review. *Industrial Crops and Products*, 160, 113144.
- TICA – The International Compositae Alliance. (2022). *Base de dados*. Disponível em: <https://www.compositae.org/>. Último acesso em: set. 2022.
- Ventrella, M. C. & Ming, L. C. (2000). Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. *Horticultura Brasileira*, 18, 972-974.