



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

---

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ARTEMISIA (*Artemisia annua* L.) EM  
CASA DE VEGETAÇÃO DO TIPO “GLASSHOUSE”**

**NAYARA CARVALHO**

**BRASÍLIA, DEZEMBRO DE 2013**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

---

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ARTEMISIA (*Artemisia annua* L.) EM  
CASA DE VEGETAÇÃO DO TIPO “GLASSHOUSE”**

**NAYARA CARVALHO**

**ORIENTADOR: Dr. JEAN KLEBER A. MATTOS**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA, DEZEMBRO DE 2013**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

---

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ARTEMISIA (*Artemisia annua* L.) EM  
CASA DE VEGETAÇÃO DO TIPO “GLASSHOUSE”**

**NAYARA CARVALHO**

TRABALHO FINAL DE CONCLUSÃO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA À  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO  
DO GRAU DE ENGENHEIRA AGRÔNOMA

**APROVADO DA BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Jean Kleber de Abreu Mattos.**  
Engenheiro Agrônomo, Dr.– Orientador – FAV-UnB

---

**Anna Paula Rodrigues dos Santos.**  
Engenheiro Agrônomo, Msc. – Membro – FAV-UnB

---

**Fabríccio D. Pereira dos Santos**  
Eng. Agr. Membro

**BRASÍLIA, DEZEMBRO DE 2013**

## FICHA CATALOGRÁFICA

CARVALHO, N. Crescimento e desenvolvimento de Artemisia (*Artemisia annua* L) em casa de vegetação do tipo “glasshouse” – Brasília, 2013. 28 p.: il. Trabalho final de conclusão da Graduação – Universidade de Brasília / Faculdade de agronomia e Medicina Veterinária, Orientação: Prof. Jean Kleber A. Mattos

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, N. Crescimento e desenvolvimento de Artemisia (*Artemisia annua* L) em casa de vegetação do tipo “glasshouse”. Trabalho final de Graduação – Universidade de Brasília / Faculdade de agronomia e Medicina Veterinária – Brasília, 2013. 28 p.: il.,

## CESSÃO DE DIREITOS

**NOME DA AUTORA: Nayara Carvalho**

**TÍTULO DO TRABALHO:** Crescimento e desenvolvimento de Artemisia (*Artemisia annua* L) em casa de vegetação do tipo “glasshouse”. Ano 2013.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se os outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Nayara Carvalho

BRASÍLIA DF – Dezembro de 2013

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, que sempre estiveram presentes em todas as jornadas que percorri, me apoiando nas decisões mais difíceis e me guiando pelos melhores caminhos.

Aos meus irmãos, por quem estimo muito e tenho muito carinho.

Ao meu orientador, o professor Jean Kleber, com quem pude compartilhar e absorver conhecimentos, pela paciência, motivação e pela oportunidade de trabalhar ao lado de um profissional de gabarito reconhecido no mundo acadêmico e científico.

Aos amigos que fizeram parte, direta ou indiretamente, dessa minha caminhada gratificante: Aline, Ronaldo e Fabrício.

## SUMÁRIO

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| LISTA DE FIGURAS .....          | vii  |
| RESUMO .....                    | viii |
| INTRODUÇÃO.....                 | 1    |
| OBJETIVO .....                  | 2    |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....      | 2    |
| Descrição da planta .....       | 2    |
| COMPOSIÇÃO E USO .....          | 3    |
| ARTEMISININA .....              | 5    |
| ASPECTOS AGRONÔMICOS:.....      | 7    |
| Propagação .....                | 7    |
| Adubação.....                   | 8    |
| Outros aspectos.....            | 8    |
| MATERIAIS E MÉTODOS .....       | 9    |
| RESUTADOS E DISCUSSÃO .....     | 11   |
| CONCLUSÃO .....                 | 14   |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 15   |
| DOCUMENTÁRIO FOTOGRÁFICO .....  | 17   |

## **LISTA DE FIGURAS**

1. Figura 1 – Crescimento médio de *Artemisia annua* em vasos em casa-de-vegetação durante vinte semanas – pág. 25.
2. Figura 2 – Evolução da taxa diária de crescimento de *Artemisia annua* em casa de vegetação por 20 semanas – pág. 25.

## RESUMO

A *Artemisia annua* L. (Asteraceae) é originária de regiões de clima temperado da Ásia e tem sido utilizada pela medicina tradicional chinesa há vários séculos no tratamento de malária. A espécie reveste-se portanto de indiscutível importância em países tropicais onde a presença da malária ainda preocupa as autoridades da área da saúde, o que é o caso da Região Centro-Oeste do Brasil. O objetivo do presente trabalho foi estudar o crescimento e o desenvolvimento de *A. annua* mediante cultivo em vasos em casa de vegetação. As sementes de *A.annua* foram produzidas em campo da própria estação e utilizadas para a semeadura em sementeiras tipo caixa contendo a mistura EEB (Estação Experimental de Biologia da UnB – Brasília- DF), mais a formulação 4-14-8, na dose de 100g para 40L da mistura. Após 42 dias da semeadura, foram selecionadas 20 mudas, que estavam no ponto de transplante (média de 15 cm de altura). Dessa forma, foram transplantadas para vasos com capacidade para 2,5L preenchidos com a mistura EEB. Após nove semana de mensurações de altura, as plantas foram pesadas para obtenção das massas fresca e seca da parte aérea. Nas condições do presente ensaio concluiu-se que o cultivo de *Artemisia annua* em vasos e em casa-de-vegetação é viável e pode ser notavelmente expressivo com porte superior a 1,5m de altura e massa seca da parte aérea com média de 30g.

## INTRODUÇÃO

A *Artemisia annua* L. (Asteraceae) é originária de regiões de clima temperado da Ásia e tem sido utilizada pela medicina tradicional chinesa há vários séculos no tratamento de malária. Pesquisadores chineses estudaram mais de 30 espécies do gênero *Artemisia* para confirmar a atividade antimalárica das mesmas. Somente *A. annua* e *A. apiacea* Hance foram eficazes em combater o *Plasmodium vivax* e o *Plasmodium falciparum*, agentes etimológicos da malária (DIAS, 1997). Entre os metabólitos secundários isolados das diversas espécies do gênero *Artemisia* os mais característicos são as lactonas sesquiterpênicas (RODRIGUES et al, 2006).

As lactonas sesquiterpênicas pertencem a um grande grupo de produtos naturais encontradas principalmente em plantas de vários gêneros da família Asteraceae (SANTOS, 2009).

A espécie reveste-se portanto de indiscutível importância em países tropicais onde a presença da malária ainda preocupa as autoridades da área da saúde, o que é o caso da Região Centro-Oeste do Brasil.

Mediante solicitação ao pesquisador Pedro Melillo Magalhães do CPQBA (Centro Pluridisciplinar de pesquisas químicas, biológicas e agrícolas – vinculado à Unicamp – Universidade Estadual de Campinas), foi obtida uma pequena partida de sementes de *A. annua* com a qual obtivemos plantas adultas à campo que produziram sementes férteis, possibilitando por conseguinte a realização de ensaios agrônômicos na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília (EEB – UnB).

O estudo do comportamento desta espécie em nossa região reveste-se de considerável importância uma vez que é fato conhecido de pesquisas da área que o perfil de aromáticos e outros componentes químicos varia bastante conforme a condições ambientais em que as plantas são cultivadas.

Desta forma são necessários ensaios agrônômicos precedentes aos ensaios químicos para que haja uma convivência inicial com a espécie visando o conhecimento de suas possibilidades quanto à produção de matéria prima.

## OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi estudar o crescimento e o desenvolvimento de *A. annua* mediante cultivo em vasos em casa de vegetação.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Descrição da planta

*Artemisia annua* L. (Syn. *Artemisia chamomilla* C. Winkl.) Asteraceae .  
Nome vulgar: *Sweet wormwood*, é uma erva doce, aromática com a flores pequenas amarelas em capítulos. *A. annua* contém o componente químico artemisinina em suas partes aéreas que são usadas em drogas anti-maláricas. Outros nomes são: *Sweet annie*, *Wormwood annual* (inglês); qing hao (chinês: artemísia verde azulada). Difundida e naturalizada extensamente, é frequentemente abundante, não sendo do interesse do conservacionismo, pois ainda não foi avaliada de acordo com critérios da lista vermelha do IUCN – International Union for Conservation of Nature. Tem como habitat colinas, bordas das florestas e terrenos baldios. Trata-se de uma planta medicinal antimalárica importante, cujo óleo essencial é usado também em cosméticos. A planta é cultivada como um ornamental na Indonésia (<http://www.kew.org/plants-fungi/Artemisia-annua.htm>.)

*A. annua*. é nativa da Eurásia, do sudeste da Europa (incluindo Albânia , Bulgária, Montenegro, Romênia, Rússia, Servia, Turquia) ao Vietnam e norte da Índia. Naturalizado em muitos países (incluindo Argentina, Áustria, a república Tcheca, França, Alemanha, Hungria, Itália, Polônia, Eslováquia, Espanha, Suíça e Estados Unidos). Foi registrada como de crescimento ruderal no Reino Unido, levada por pássaros ou nas lãs, tendo sido cultivada experimentalmente tão ao norte como na Finlândia. A espécie e foi usada na China para tratar febres por mais de 2.000 anos. O gênero *Artemisia* pertence à família *Asteraceae* (*Compositae*) que inclui plantas bem conhecidas usadas na medicina, perfumaria, alimentação e na indústria da bebida, tal como a *A. dracunculus* (estragão), *A. absinthium* (absinto) e *A. vulgaris* (artemísia) (<http://www.kew.org/plants-fungi/Artemisia-annua.htm> ).

A descrição botânica menciona que *A. annua*. é uma planta anual de haste única, glabra doce-aromática que cresce até 1 m de altura (2 m como ruderal). A haste é ereta, nervada e marrom ou violeta-marrom. As folhas basais são 3-pinatisssectas (divididas três vezes em folíolos profundamente cortados), 3-5 cm de comprimento e 2-4 cm de largura; as folhas superiores são 1-2-pinatisssectas, menores e sésseis (sem pecíolo). Os capítulos são globosas, com 2-2.5 milímetros de diâmetro em panículas frouxas. O involúcro (série das brácteas em torno do capítulo) é composto de brácteas glabras, imbricadas. As brácteas exteriores são verdes e linear-oblongas; as brácteas internas são brilhantes e oval-arredondadas com uma margem larga, fina, seca. Os capítulos são disciformes, e compostos de floretes filiformes exteriores (femininas) e de floretes internos no disco (hermafroditas). Os floretes centrais numerosos do disco são esverdeados ou amarelados. O fruto é um aquênio amarelo-marrom de parede fina (pequeno, seco), 0.6-0.8 milímetros de tamanho, com uma superfície brilhante marcada com sulcos verticais e contendo uma única semente. Os aquênios não têm nenhum papo, e portanto não são dispersados pelo vento, como são muitos outros da família *Asteraceae* (*Compositae*) (<http://www.kew.org/plants-fungi/Artemisia-annua.htm>)

### COMPOSIÇÃO E USO

A espécie *A. annua* é conhecida como “Qing Hao” na China e é a fonte da Medicina Tradicional Chinesa (MTC), que foi usada por mais de 2.000 anos para aliviar febres. Na MTC prescreve-se frequentemente em combinação com outras ervas para tratar (além às febres) a icterícia, a dor de cabeça, a vertigem e os sangramentos nasais. A pesquisa científica da atividade anti-malárica de *A. annua* começou no princípio dos anos 70 em resposta à resistência crescente às drogas anti-maláricas estabelecidas por parte dos protozoários parasitas que causam a malária (Protozoários do gênero *Plasmodium*). O componente químico artemisinina, que ocorre naturalmente nas folhas da *A.annua*, é um potente agente anti-malárico, e pode matar o parasita mais agressivo, o *Plasmodium falciparum* (é seletivamente tóxico ao estágio assexual de eritrocito dos parasitas). A artemisinina, extraída de *A.annua* tornou-se extremamente importante em tratar a malária, desde que a resistência do parasita a muitos outros antimaláricos se tornou difundida (<http://www.kew.org/plants-fungi/Artemisia-annua.htm>.)

A planta *A. annua* (Asteraceae) é listada na medicina chinesa como um remédio para várias febres incluindo a malária, e contém um bem estabelecido composto antimalárico a artemisinina. Neste estudo, um híbrido de *A. annua* foi cultivado com sucesso na África Central. As partes aéreas da planta continham 0.63 - 0.70% de artemisinina por massa seca, e aproximadamente 40% desta artemisinina poderia ser extraída por métodos simples da preparação do chá. Cinco pacientes da malária que foram tratados com *A. annua* mostraram um desaparecimento rápido do parasita dentro de 2-4 dias. Uma experimentação adicional com os 48 pacientes de malária mostrou um desaparecimento do parasita em 44 pacientes (92%) dentro de 4 dias. Ambas as experimentações mostraram uma melhoria marcada dos sintomas. Estes resultados justificam pesquisas adicionais do efeito antimalárico de preparações de *A. annua*. (MUELLER et al. 2000).

Em fases de crescimento e desenvolvimento diferentes, foi pesquisada a variação na quantidade e na qualidade do óleo essencial de *A. annua*, incluindo pré-floração, floração e pós-floração. Os óleos foram obtidos por hidrodestilação das amostras secas ao ar. Os rendimentos dos óleos (% p/p) nas diferentes fases, foram da ordem de: pré-floração (0,97%), floração (1,23%) e pós-floração (0,87%). Os óleos foram analisados por espectrometria de massa e cromatografia em fase gasosa. No total, 32, 35 e 33 constituintes foram identificados e quantificados no óleo de pré-floração, floração e pós-floração, representando 97.67, 92 e 92.4% dos óleos, respectivamente. Cânfora, 1,8-cineol, canfeno, spatulenol, alfa-pineno e artemísia-cetona foram os principais componentes em todas as amostras. Monoterpenos eram o principal grupo de compostos em pré-floração (69.96%), floração (72.44%) e pós-floração (70.96%) (MOHAMMADREZA, 2008).

A comparação do perfil de cromatografia de gás do óleo essencial da *A. annua* produzido no Brasil com aqueles de outras origens revelou a variação significativa de seus constituintes. O comportamento sazonal do índice de artemisinina 13 contra a produção de óleo essencial foi observado durante um período da colheita. A viabilidade econômica de diversas metodologias de purificação para a produção da artemisinina foi testada. Foi produzido o composto anti-malárico 13 a um custo total de US\$ 11.5 por grama (FOGLIO, 1996).

## ARTEMISININA

Artemisinina é uma lactona sesquiterpênica com uma ponte endoperóxido e foi produzida semi-sinteticamente como uma droga antimalárica. A eficácia do chá feito de *A. annua* no tratamento da malária é contencioso. De acordo com alguns autores, a artemisinina não é solúvel em água e as concentrações nestas infusões são consideradas insuficientes para tratar a malária. (MUELER et al. 2004; RATH et al. 2004; JANSEN, 2006).

Em 2004, o ministro da saúde da Etiópia mudou a droga antimalárica de primeira linha da Etiópia de sulfadoxina/primetamina (Fansidar), que tem uma taxa de falha, em média de 36% no tratamento, para a artemether/lumefantrine (Coartem), uma terapia de droga que contém a artemisinina que é 100% eficaz quando usado corretamente, apesar de uma relativa falta mundial do produto do derivado de *A. annua* (MALARIA UPDATE, 2005/2013).

A malária é causada, primeiramente pelo *Plasmodium falciparum*, que invade as hemácias e contém heme-grupos ricos em ferro (na forma do hemozoina). (POSNER & O'NEIL, 2004).

O mecanismo de ação proposto da artemisinina contra a malária envolve a clivagem de pontes de endoperóxido pelo ferro, produzindo os radicais livres (ferro-oxo hipervalente espécies, epóxidos, aldeídos, e compostos do dicarbonil) que danificam as macromoléculas biológicas causando estresse oxidativo nas células do parasita. (CUMMING, 1997).

Com a possibilidade de isolar maiores quantidades de artemisinina (qinghaosu), plantas de *A. annua* foram cultivadas por Liersch et al. (1986) e analisadas em estágios diferentes de desenvolvimento. O índice mais elevado de artemisinina foi encontrado imediatamente antes do florescimento. Era também possível correlacionar o desenvolvimento das plantas com o índice máximo do artemisinina. As plantas de *A. annua* cultivadas de várias outras fontes também foram examinadas para o índice de artemisinina. De acordo com os resultados obtidos, nenhuma dessas plantas contiveram quantidades suficientes do composto (artemisinina) para justificar isolamento em uma escala técnica. Além disso, outras espécies de *Artemisia* foram testadas e foi encontrada artemisinina em somente uma outra espécie. Para aumentar a quantidade de artemisinina durante o período do crescimento da planta, foram testados dois reguladores

hormonais de crescimento em *A. annua* genótipo 811. Os resultados mostraram que o chlormequat, podia aumentar o teor do composto (artemisinina) em 30% em relação às plantas não tratadas. Foram encontrados também, alguns discretos efeitos dos reguladores de crescimento na morfologia dos trichomas glandulares.

Para finalidades de produção, plantas com um índice elevado de artemisinina são requeridas. Woerdenbag et al. (1994), acompanharam o desenvolvimento do conteúdo de artemisinina e dos sesquiterpenes biosinteticamente relacionados, ácido artemisinico, arteannuina B, e artemisiteno em plantas de *A. annua*, durante um período da vegetação no Vietnã, onde esta espécie é indígena. Além disso, o índice do óleo essencial e sua composição foram estudados. As amostras das folhas, gemas, as flores, ou as flores de pós-florescimento e frutos foram analisados nos diferentes estágios: vegetativo (5, 6, e 8 meses de idade), na formação maciça das gemas (9 meses), no pleno florescimento (10 meses), e pós-florescimento (10½ meses). O índice mais elevado de artemisinina (0.86% da massa seca) estava nas folhas de plantas com 5 meses de idade. Neste estágio o rendimento mais elevado da folha também foi encontrado. Subsequentemente, o índice de artemisinina caiu gradualmente. Na idade de 5 meses os maiores conteúdos de ácido artemisinico e arteannuina-B, 0.16 e 0.08% da massa seca respectivamente, foram também encontrados. O artemisiteno estava presente em todos os estágios do desenvolvimento, variando de 0.002 a 0.09% da massa seca. Com 1.9% volume/massa, o índice do óleo essencial (OE) foi máximo imediatamente antes do florescimento e foi composto de 55% de monoterpenos e 45% de sesquiterpenes. Em todos os outros estágios (0,4 – 1,0 volume/massa do óleo essencial), esta relação foi de 30% / 70%. Os principais componentes do OE foram cânfora e germacreno-D.

Observações mostraram que o rendimento da artemisinina esteve correlacionado positivamente com o rendimento da folha e o número das colheitas. Os rendimentos elevados de artemisinina ocorreram quando a colheita produziu folhas artemisinina-ricas acompanhadas pelo menor crescimento possível do tecido da haste, alcançado em colheitas múltiplas em plantas crescidas a tempo integral e plantadas mais cedo. As colheitas crescidas por  $\geq 30$  semanas e colhidas três a quatro vezes deram os rendimentos médios de  $44.1 \pm 14.2$  e de  $74.2 \pm 15.6$ , respectivamente. Muito mais altos do que o rendimento máximo de 25 quilogramas  $ha^{-1}$  relatado para a *A. annua* em estudos anteriores.

Concluiu-se que para obter artemisinina em altos níveis, *A. annua* deve ser colhida quatro vezes (KUMAR et al. 2004).

## **ASPECTOS AGRONÔMICOS:**

### **Propagação**

Em média, 1.000 sementes pesam 0.03 g, e não diminuem sua viabilidade ao secar. São acessíveis ao armazenamento à frio de longo prazo. Germinam de janeiro a março. A germinação de 100% foi obtida em um meio de germinação de ágar a 1%, em uma temperatura de 15°C, sob um fotoperíodo 8/16 horas claro-escuro (MOHAMMADREZA, 2008)

A *Artemisia annua* é plantada extensamente e comercialmente principalmente como uma fonte de óleos essenciais e também de artemisinina, sobretudo em regiões da China e Vietnam. Nessas regiões, o ciclo da planta, em condições naturais, chega a 10 meses. Na Europa e na América, as plantas crescem mais rapidamente, terminando seu ciclo de vida em apenas seis meses, mesmo no campo. Cresce melhor em talhões abertos e ensolarados, em solos arenosos e aluviais férteis que sejam neutros a ligeiramente ácidos e que tenham uma boa retenção de umidade e não tolera a seca ou o encharcamento. As sementes germinam de janeiro a março e a frutificação (colheita das sementes) ocorre entre outubro e novembro. (<http://www.kew.org/plants-fungi/Artemisia-annua.htm>).

Conceição et. al (2013) testaram a germinação da semente de *A. annua* cultivar Silves, sob duas condições ambientais, a fim de fornecer informações sobre seu cultivo. Na primeira condição realizou-se o teste padrão com 4 lotes de 100g de sementes, semeadas em gerbox sobre papel mata-borrão e dispostas em germinador à temperatura de 25-30° C, expostas à luz durante 8 horas diárias e umedecidas quando necessário, até sua emergência. Na segunda etapa foi realizado o mesmo procedimento anterior, porém as sementes permaneceram no germinador em ausência de luz, sob as mesmas condições de temperatura e umidade. Segundo análise estatística em Tukey a 5%, aplicada aqui sobre as médias de cada lote de 100g sementes, os tratamentos obtiveram diferenças significativas, sendo que as sementes expostas à luz obtiveram maiores valores

de germinação. Em ambiente com total ausência de luz, as sementes obtiveram baixíssima taxa de germinação no mesmo período que as sementes em ambiente iluminado. Esse fato indica que a semente de *A. annua* é fotoblástica positiva e assim, necessita de um mínimo de luz para que ocorra sua germinação; por esse motivo não podem ser enterradas e sua semeadura deve ser apenas a lanço ou em superfície sem cobertura com terra. Esta característica é comum à muitas espécies que produzem sementes miúdas.

### **Adubação**

Em 2004 e 2005, um estudo foi realizado com o objetivo de determinar o rendimento, os componentes do rendimento e o índice da artemisinina de *A. annua* cultivada sob quatro aplicações do nitrogênio (0, 40, 80 e 120 quilogramas  $ha^{-1}$ ) na região de Çukurova, na Turquia. As experimentações de campo foram conduzidas na universidade de Çukurova, no departamento de agricultura da faculdade. Nesse estudo, a altura da planta, o número de ramos, o rendimento fresco e seco da erva, o rendimento fresco e seco da folha, o índice do óleo essencial e o índice da artemisinina (por cromatografia líquida, pelo HPLC de desempenho elevado) foram examinados. Pela análise de variação, as doses de nitrogênio não tiveram nenhum efeito estatístico nas características investigadas, à exceção do índice de artemisinina. Esse índice ,nas folhas secas, foi afetado significativamente pelas aplicações do nitrogênio, que variaram de 6,32 a 27,50  $mg\ 100\ g^{-1}$  (OZGUVEN, et al. 2008).

### **Outros aspectos**

Uma pesquisa desenvolvida em MEDIPLANT (Suíça) e no CPQBA-UNICAPM (Brasil) envolveu a seleção e produção de genótipos ricos em artemisinina apresentando biomassa elevada, seguido por uma segunda seleção para a adaptação às circunstâncias climáticas do Brasil. Com hibridização controlada entre genótipos selecionados da China e do Vietnã, o ganho genético foi obtido nos termos do índice da artemisinina e da uniformidade da população. Com o aumento do índice de biomassa e da artemisinina (estimado pela monitoração analítica), era possível aumentar a produção de artemisinina de

5 Kg/ha (população básica) para aproximadamente 25 Kg/ha (população geneticamente produzida). No cultivo realizado no Brasil, em 3 de 7 linhas híbridas, 2/39 de x 1V, Ch x Viet.55 e 1V x 2/43 produziram respectivamente 25.43, 23.05 e 21.27 quilogramas de artemisinina/ha/corte, com as 2 colheitas possíveis por o ano. O cultivo destas linhas híbridas novas no Brasil é uma técnica praticável e altamente competitiva, devido à produção obtida (MAGALHÃES et al. 1997).

Foi pesquisado o efeito do aumento da irradiância (15 a 100% da luz solar cheia, L15 a L100) sobre o crescimento, a taxa fotossintética líquida máxima (Pmax), a compensação (CI) a saturação de irradiância de *A. annua* e a produção de artemisinina. Na luz solar plena, *A. annua* apresentou uma capacidade elevada de fotossíntese, com irradiância baixa manteve um Pmax relativamente elevado com um CI baixo. O crescimento da altura e do diâmetro, biomassa total e da folha, e índice de artemisinina diminuiu com a diminuição da irradiância, que pôde ser conectado com a fotossíntese mais baixa, na irradiância mais baixa em relação à irradiância mais elevada. As irradiâncias mudaram a alocação de biomassa em *A. annua*. A relação massa de folha/massa total da espécie aumentou com a diminuição da irradiância, mas a relação raiz/massa total e raiz/massa da parte aérea aumentaram geralmente com a irradiância crescente. Assim *A. annua* pode crescer na luz solar parcial e plena. Entretanto, o rendimento elevado da biomassa e da artemisinina requerem o cultivo em um habitat aberto com luz solar adequada (WANG et al. 2008).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O ensaio foi conduzido na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília (EEB – UnB), em casa-de-vegetação do tipo “glasshouse” no período de 19 de abril de 2013 a 6 de dezembro de 2013 (primeiro e segundo semestres respectivamente). Durante o ensaio, a casa-de-vegetação apresentou uma temperatura média de aproximadamente 25,0° C com média das mínimas de 13,25°C e das máximas de 36,75°C, aferidas com termômetro convencional de máxima e mínima. O índice de radiação luminosa esteve em trono de 50%, determinado por fotômetro automático modelo Asahi-Pentax SP-500.

A partida de sementes de *A.annua* foi doada pelo pesquisador Pedro Melillo Magalhães, oriundas do CPQBA – UNICAMP e produzidas em campo da própria estação e utilizadas para a semeadura em sementeiras tipo caixa contendo a mistura EEB (Estação Experimental de Biologia) com a seguinte composição: Latossolo vermelho de cerrado, areia, vermiculita e composto orgânico na proporção 3:3:1:1 respectivamente, mais a formulação 4-14-8, na dose de 100g para 40L da mistura. Após 42 dias da semeadura, foram selecionadas 20 mudas, que estavam no ponto de transplante (média de 15 cm de altura). Dessa forma, foram transplantadas para vasos com capacidade para 2,5L preenchidos com a mistura EEB.

Após o transplante, a altura da parte aérea de todas as plantas foi aferida semanalmente com o uso de uma trena, com o objetivo de desenhar-se a curva de crescimento. As medições tiveram início uma semana após o transplante, no dia 14 de maio.

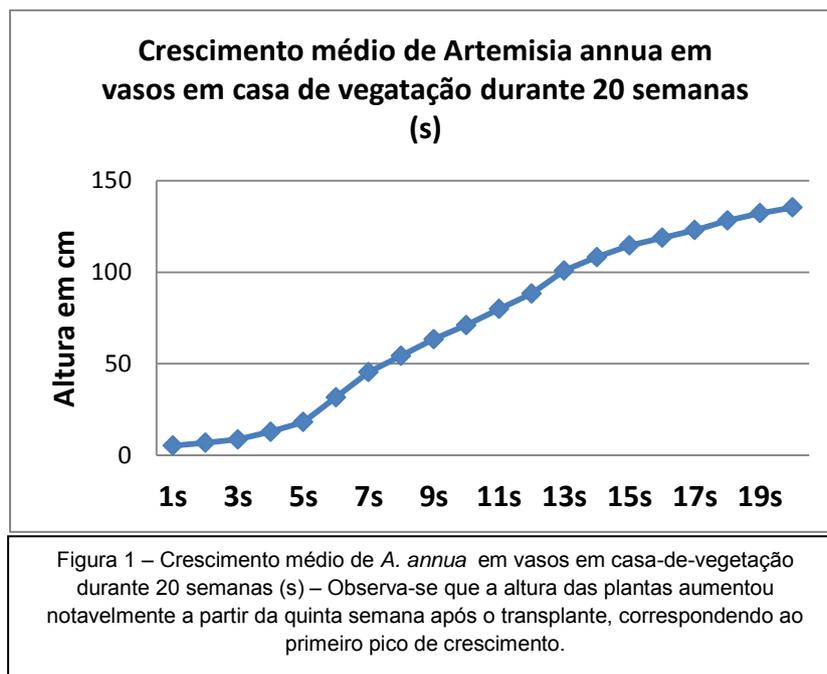
No dia 26 de julho de 2013, 49 dias após o transplante, as plantas foram transferidas dos vasos de 2,5L para vasos com maior capacidade (3,25L) para favorecer o seu crescimento e desenvolvimento, e no dia 17 de setembro, 102 dias após o transplante, foi feita uma suplementação de terra para as 20 plantas com o mesmo objetivo, mediante a colocação, por baixo, de um outro vaso de mesmo tamanho contendo metade de seu volume em Substrato EEB. Isso permitiu que as raízes crescessem no volume adicional de mistura através dos furos de drenagem do vaso original.

O controle de plantas daninhas foi feito manualmente, e o controle fitossanitário através de acompanhamento e sucessivas observações. Ao fim do ensaio, foi observada uma pequena infestação com cochonilhas. As cochonilhas foram identificadas por *Pseudococcus citri* Risso – mais conhecida por “cochonilha algodão”. Foi parcialmente controlada, em curto prazo, com uma pulverização manual de solução de detergente (10 ml/ 1 litro de água).

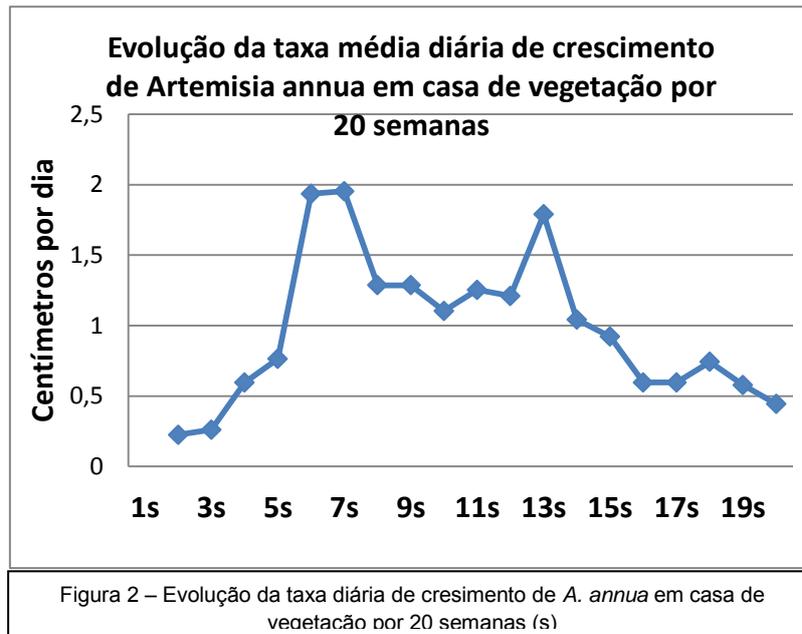
Ao fim do ensaio, dia 18 de outubro, foram obtidas as massas fresca e seca das plantas, bem como os coeficientes de variação dos dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente ensaio encontram-se representados nas Figuras 4 e 5, as quais representam respectivamente a curva de crescimento de *A. annua* em vinte semana (s) em casa-de-vegetação e a evolução da taxa média diária de crescimento.



Observando-se a Figura 2, que apresenta a evolução da taxa média de crescimento, verificou-se que entre a quinta e a sétima semanas a taxa média diária de crescimento cresceu de 0,8 cm ao dia para em torno de 2,0 cm por dia, tendo havido um decréscimo e um estabilidade entre a oitava e a décima segunda semanas, quando então ocorreu o segundo pico passando a taxa média diária de crescimento de 1,2 cm para 1,8 cm, seguindo-se um decréscimo até 0,5 cm/dia nas décima sexta e décima sétimas semanas, quando então houve o terceiro pico, na décima oitava semana atingindo 0,8cm/dia e novamente decaindo até 0,4 cm/dia na vigésima semana.



Os picos de crescimento de *A. annua* submetida ao cultivo em vasos em casa-de-vegetação podem ser explicados pelas interferências do pesquisador que visava maximizar o desenvolvimento das plantas. O primeiro pico pode ser atribuído ao padrão de crescimento da planta. Por ocasião da primeira troca de vasos, quando a planta ganhou 21,45 % de volume de substrato para explorar, teria havido o segundo pico, por volta da décima segunda semana. O terceiro pico se deu em consequência da segunda suplementação de substrato, ocorrida por volta da décima sétima semana.

O aproveitamento da segunda suplementação foi efetivo, tendo as plantas explorado o volume de substrato adicional em sua totalidade, ocupando-o por inteiro o volume (Figura 6).

É consenso entre pesquisadores que as plantas crescidas em vasos nunca alcançam seu potencial maior, conforme imagens de suas raízes mostram. Uma técnica médica da imagem chamada a imagem de ressonância magnético (MRI) foi usada por investigadores para capturar instantâneos da raiz da planta no vaso. As figuras obtidas revelam que as raízes “detectam o tamanho do vaso” e emitem um sinal que resulta na restrição o crescimento da planta (POORTER et al. 2012).

Poorter et al. (2012) esclarecem que a maioria das experiências em biologia de plantas usa plantas crescidas em algum tipo de recipiente ou vaso. Uma meta-análise em 65 estudos que analisaram o efeito do tamanho do vaso no

crescimento e em variáveis afins foi conduzida e verificou que em média, dobrar o tamanho do vaso aumentou a produção da biomassa da planta em 43%. Uma análise adicional de efeitos do tamanho do vaso nos componentes afins do crescimento sugere que o crescimento reduzido em vasos menores é causado principalmente por uma redução na fotossíntese por área da folha da unidade, mais do que por mudanças na morfologia da folha ou no alocamento de biomassa. O tamanho apropriado do vaso dependerá logicamente do tamanho das plantas que crescem neles. Baseado em várias linhas da evidência nós sugerimos que um tamanho apropriado do vaso é um no qual a biomassa da planta não exceda  $1 \text{ g L}^{-1}$ . Na prática atual da pesquisa 65% das experiências excedem essa referência. Nós sugerimos que os investigadores devam considerar com cuidado o tamanho do vaso em suas experiências, porque os vasos pequenos podem mudar resultados experimentais e sabotar a finalidade da experiência.

No presente ensaio de vasos foi obtido uma massa seca da parte aérea média de 29,95g com um coeficiente de variação de 30,01%, com uma planta por vaso com dois transplantes para ganho de volume de solo a ser explorado. O corte das plantas se deu com 80 dias após o transplante.

Quitério (2006) também em ensaio de vasos obteve a média 25g de massa seca de *A. annua* em ensaio de vasos com duas plantas onde a colheita foi feita 75 dias após a semeadura, no pré-florescimento. Os dois resultados apresentam coerência entre si.

O ataque de cochonilhas observado era esperado, como um reflexo natural do estresse das plantas que são submetidas ao cultivo em vaso em casa-de-vegetação.

## CONCLUSÃO

Nas condições do presente ensaio concluiu-se que o cultivo de *Artemisia annua* em vasos e em casa-de-vegetação é viável e pode ser notavelmente expressivo com porte superior a 1,5m de altura e massa seca da parte aérea média em torno de 30g.

Numa etapa posterior, visualizam-se os ensaios objetivando a geração de uma tecnologia de produção tendo como alvo a produtividade em arteminina-A, que é o componente ativo contra malária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONCEIÇÃO, D.M.; RABONATO, A. C. MAGALHÃES P. M. ; PEREIRA B. Germinação de *Artemisia annua* L. cultivar Silves <http://www.portaldahorticultura.xpg.com.br/germartem.html>. Acesso 2013
- CUMMING, J.N.; PLOYPRADITH, P.; [POSNER, G.H.](#) . "Antimalarial activity of artemisinin (qinghaosu) and related trioxanes: mechanism(s) of action". **Adv. Pharmacol.** **37**: 253–97.1997.
- DIAS, C. P.; ***Artemisia annua***. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 1997
- FOGLIO, M.A. Um estudo químico da *Artemisia annua* L. aclimatada no Brasil. Universidade de Campinas. Instituto de Química. Tese de doutorado. 1996. 99 fls.
- JANSEN, F.H."The herbal tea approach for artemisinin as a therapy for malaria?". **Trans R Soc Trop Med Hyg** 100 (3): 285–6. 2006.
- KEW-ROYAL BOTANIC GARDENS. *Artemisia annua* (sweet wormwood). <http://www.kew.org/plants-fungi/Artemisia-annua.htm>. Acesso em 2013.
- KUMAR S., GUPTA, [S.K.](#), [SINGH](#), P., [BAJPAI](#), P., [GUPTA](#), M.M, [SINGH](#), D., [GUPTA](#), A.K, RAM, [G.](#), SHASANY [A.K.](#), SHARMA, [S.](#) High yields of artemisinin by multi-harvest of *Artemisia annua* crops **Industrial Crops and Products**, v.19, n. 1, p. 77–90. 2004.
- LIERSCH, R. , SOICKE, H. , STEHR, C. , TÜLLNER ,H-U. Formation of Artemisinin in *Artemisia annua* During One Vegetation Period. **Planta Med**; v.52, n.5, p: 387-390, 1986.
- MAGALHÃES, P., DELABYS, N., SATORATTO, A. New hybrid lines of the antimalarial species *Artemisia annua* L. guarantee its growth in Brazil. **Ciênc. cult. (São Paulo)**; v. 49,v.5/6, p: 413-415, 1997.
- MALARIA UPDATE, Focus on Ethiopia, April, 2005.UN-OCHA website (acesso 2013).
- MOHAMMADREZA, V. Variation in the essential oil composition of *Artemisia annua* L. of different growth stages cultivated in Iran. **African Journal of Plant Science** v. 2 (2), pp. 016-018, February, 2008.
- MUELLER, M.S. KARHAGOMBA. IB, HIRT HM, WEMAKOR, E. The potential of *Artemisia annua* L. as a locally produced remedy for malaria in the tropics:

agricultural, chemical and clinical aspects. **J.Ethnopharmacology**, v.73 , n.3 p 487-493. 2000.

MUELLER, M.S., RUNYAMBO, W.I., *et al.* . "Randomized controlled trial of a traditional preparation of *Artemisia annua* L. (Annual Wormwood) in the treatment of malaria". **Trans R Soc Trop Med Hyg** 98(5): 318–21. 2004.

OZGUVEN, M., SENER, B., OTHAN, I., SEKEROGLI, N., KIRPIK, M., KARTAL, M., PESIN, I. & KAYA, Z. Effects of varying nitrogen doses on yield, yield components and artemisinin content of *Artemisia annua* L. **Industrial Crops and Products**. v. 27, n.1 p: 60-64. 2008.

POORTER, H., BÜHLER, J., VAN DUSSCHOTEN, D., CLIMENT, J. & POSTMA, J.A.. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. **Functional Plant Biology** 39(11) 839-850. 2012.

POSNER, [G. H.](#) & O'NEIL, P. M.. "Knowledge of the Proposed Chemical Mechanism of Action and Cytochrome P450 Metabolism of Antimalarial Trioxanes Like Artemisinin Allows Rational Design of New Antimalarial Peroxides". **Acc. Chem. Res.** 37 (6): 397–404. 2004.

QUITÉRIO, G. C. M.. **Produção de *Artemisia annua* L. sob influência de micorriza arbuscular** ./ Campinas, 2006. 38f.

RÄTH, K, TAXIS, K, WALZ. G.H., *et al.* "[Pharmacokinetic study of artemisinin after oral intake of a traditional preparation of \*Artemisia annua\* L. \(annual wormwood\)](#)". **Am J Trop Med Hyg** 70 (2): 128–32. 2004

RODRIGUES, R. A. F.; FOGGIO, M. A.; BOAVENTURA JR. S; SANTOS, A. S.; REHDER, V. L. G.; Otimização do processo de extração e isolamento do anti-malárico artemisinina A a partir de *Artemisia annua* L.. **Quim. Nova** , 29, 368. 2006.

SANTOS, J.O. **Síntese e avaliação da atividade herbicida de lactonas sesquiterpênicas**. UFV/AGROQUÍMICA. Tese de Mestrado. 2009. 100 p.

WANG, M.L., JIANG, Y.S. WEI, J.Q., WEI, X., QI X.X., JIANG, S.Y., WANG, Z.M. Effects of irradiance on growth, photosynthetic characteristics, and artemisinin content of *Artemisia annua* L. **Photosynthetica**, vol. 46, n°1, pp. 17-20 2008.

WOERDENBAG, H.J., PRAS, N., CHAN, N. G., BANG, B T , BOS, R. UDEN, W., VAN, Y. P., BOI, N. V., BATTERMAN, S., LUGT, C. B. Artemisinin, Related Sesquiterpenes, and Essential Oil in *Artemisia annua* During a Vegetation Period in Vietnam. **Planta Med**; v.60 n.3,p: 272-275. 1994.

## DOCUMENTÁRIO FOTOGRÁFICO



Foto 1 – Mudanças na sementeira prontas para transplante - Foto da autora: Nayara Carvalho.



Foto 2 – Mudanças de *Artemisia annua* no dia do transplante – Foto da autora: Nayara Carvalho



Foto 3 – Aspecto geral do ensaio – Foto da autora: Nayara Carvalho



Foto 4 – Suplementação de substrato – Foto do orientador Jean Kleber



Foto 5 – Aproveitamento pela planta de suplemento de substrato – Foto do orientador: Jean Kleber



Foto 6 – A planta mais alta ao final do ensaio – Foto do orientador: Jean Kleber



Foto 7 – A planta mais baixa ao final do ensain



Foto 8 – Ataque de colchonilhas em *A. annua* – Foto da autora: Nayara Carvalho