

Produção de Fitomassa e Teor de Alcaloides
Totais em Bulbos de Açucena (*Hippeastrum
elegans* (Spreng.) H. E. Moore)



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
181**

**Produção de Fitomassa e Teor de Alcaloides
Totais em Bulbos de Açucena (*Hippeastrum
elegans* (Spreng.) H. E. Moore)**

Rita de Cássia Alves Pereira
Kirley Marques Canuto
Ana Sheila de Queiroz Souza
José Regis de Paiva
Francisco das Chagas Silva Almeida
Guilherme Julião Zocolo
Edy Sousa de Brito

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
*Marlos Alves Bezerra, Ana Cristina Portugal
Pinto de Carvalho, Deborah dos Santos Garruti,
Dheyne Silva Melo, Ana Iraidy Santa Brigida,
Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial
Ana Elisa Galvão Sidrim

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Ariilo Nobre de Oliveira

Fotos da capa
Rita de Cassia Alves Pereira

1ª edição
On-line (2018)

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 Agroindústria Tropical

Produção de fitomassa e teor de alcaloides em bulbos de açucena (*Hippeastrum elegans*
(Spreng.) H. E. Moore) / Rita de Cassia Alves Pereira... [et al.]. -- Fortaleza: Embrapa
Agroindústria Tropical, 2018.

21 p. ; 16 cm x 22 cm. – Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria
Tropical, ISSN 1679-6543; 181).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Amaryllis. 2. Época de colheita. 3. Compostos bioativos. 4. Galantamina. I. Pereira,
Rita de Cassia Alves. II. Canuto, Kirley Marques. III. Souza, Ana Sheila de Queiroz.
IV. Paiva, José Regis de. V. Almeida, Francisco das Chagas Silva. VI. Zocolo, Guilherme
Julião. VII. Brito, Edy Sousa de. VIII. Série.

CDD 633.88

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	10
Conclusões.....	17
Agradecimentos.....	17
Referências	18

Produção de Fitomassa e Teor de Alcaloides Totais em Bulbos de Açucena (*Hippeastrum elegans* (Spreng.) H. E. Moore)

Rita de Cássia Alves Pereira¹

Kirley Marques Canuto²

Ana Sheila de Queiroz Souza³

José Regis de Paiva⁴

Francisco das Chagas Silva Almeida⁵

Guilherme Julião Zocolo⁶

Edy Sousa de Brito⁷

Resumo - A açucena (*Hippeastrum elegans*) é encontrada em áreas de cerrado e caatinga e revelou-se uma fonte promissora de alcaloides bioativos. Porém, informações sobre o seu ciclo de crescimento ainda são restritas. Este trabalho objetiva avaliar a produção de fitomassa e rendimento de alcaloides totais de açucena (*H. elegans*) e definir a melhor época de colheita dos bulbos. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco repetições. As coletas foram realizadas em intervalo de 60 dias durante 16 meses. A massa fresca total dos bulbos ao final do ciclo foi em média de 684,80 g. Em relação ao teor de alcaloides totais de açucena, verificou-se aumento contínuo no período de 150 (DAP) até 330 (DAP), quando o teor máximo 17,14 mg de alcaloides foi registrado. Nesta época (300 DAP),

¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

² Farmacêutico, doutor em Química Orgânica, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

³ Farmacêutica, estudante de mestrado em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

⁴ Químico, estudante de doutorado em Química Orgânica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE

⁵ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará, bolsista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁶ Químico, doutor em Química Analítica, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁷ Químico, doutor em Ciência de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

as plantas se encontravam no estágio de floração, e a partir dessa época o teor de alcaloides totais decresceu linearmente. A presença do alcaloide galantamina nas frações alcalóidicas foi confirmada, e foram identificados outros cinco alcaloides comuns a todas as épocas de colheita. O alto teor de alcaloides totais, atrelado à grande fitomassa dos bulbos, torna essa espécie uma fonte promissora de compostos bioativos para o cultivo comercial.

Termos para indexação: Amarílis, época de colheita, compostos bioativos, galantamina.

Phytomass Production and Total Alkaloids in Sugar Bulbs (*Hippeastrum elegans* (Spreng.) H. E. Moore)

Abstract - The lily (*Hippeastrum elegans*) is found in areas of cerrado and caatinga and has proved to be a promising source of bioactive alkaloids. However, information about its growth cycle is still restricted. This work aims to evaluate the phytomass production and yield of total alkaloids (*H. elegans*) and to define the best season for harvesting the bulbs. The experimental design was randomized blocks with six treatments and five replicates. The samples were collected at intervals of 60 days for 16 months. The total fresh mass of the bulbs at the end of the cycle was on average 684.80 g. Regarding the total alkaloid content of sugarcane, there was a continuous increase in the period from 150 (DAP) to 330 (DAP) when the maximum content of 17.14 mg of alkaloids was recorded. At this time (300 DAP) the plants were in the flowering stage and from that time the total alkaloids content decreased linearly. The presence of the galantamine alkaloid in the alkaloid fractions was confirmed, and five other common alkaloids were identified at all harvest times. The high content of total alkaloids, coupled with the great phytomass of bulbs, makes this species a promising source of bioactive compounds for commercial cultivation.

Index terms: Amaryllis, harvest season, bioactive compounds, galantamine.

Introdução

A família Amaryllidaceae é composta por 1.605 espécies e 73 gêneros pela classificação *Angiosperm Phylogeny Group* (APG-III), dentre eles o *Hippeastrum*, formado por 55 espécies (Chase et al., 2009). Quase todas as espécies deste gênero são originárias da América do Sul, muitas delas nativas do Brasil. Popularmente são conhecidas como lírios, açucenas, tulipas, cebola-do-mato, cebola-berrante; e entre os floricultores pelo nome de Amarílis, os quais são comercializados mundialmente (Tombolato et al., 2004).

No Brasil, ocorrem aproximadamente 15 gêneros e cerca de 150 espécies de Amaryllidaceae, das quais 19 táxons foram citados para a região Nordeste (Dutilh, 2006). Dentre eles, a espécie *Hippeastrum elegans* (sinonímia *Hippeastrum solandriflorum*), que ocorre em áreas de cerrado e caatinga (Alves-Araújo et al., 2009).

As espécies da família Amaryllidaceae são conhecidas por possuírem alcaloides com notáveis atividades farmacológicas, tais como antiviral, antiparasitário, anticancerígeno e anticolinesterásico (Torrás-Claveria et al., 2014). Dentre eles, a galantamina tornou-se o mais importante alcaloide de Amaryllidaceae pelo uso no tratamento da doença de Alzheimer (DA) leve a moderada. Atua como um inibidor seletivo, reversível e competitivo de ação prolongada da acetilcolinesterase, produzindo efeitos sistêmicos benéficos mesmo após o término da terapia (López et al., 2003; Maelicke et al., 2001). No Sul do Brasil, várias Amaryllidaceae do gênero *Hippeastrum* foram investigadas quanto ao teor de alcaloides e atividades biológicas (Silva et al., 2006, 2008; Pagliosa, et al., 2010; Andrade et al., 2015).

Os alcaloides de Amaryllidaceae são derivados da fenilalanina e da tirosina e possuem como estrutura básica o núcleo tetraidroisoquinolínico (Bruneton, 2001). Estes compostos estão presentes em todo o vegetal, porém ocorrem predominantemente nos bulbos (Bruneton, 2001). Dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e da parte relacionada, ocorre uma variação importante no teor de alcaloides. Além disso, as diferenças no conteúdo e teor dessas substâncias podem ser grandes quando se comparam diferentes espécies pertencentes a um mesmo gênero (Elgorashi et al., 2003).

Pesquisas com *Hippeastrum* corroboram a afirmativa de que espécies de Amaryllidaceae são fontes potenciais de compostos anticolinesterásicos, sendo as principais fontes os bulbos e as raízes das plantas (Giordani et al., 2008). Esses alcaloides apresentam estrutura complexa e, segundo alguns autores, são exclusivos dessas espécies ou mesmo restritos à família e têm demonstrado diversas atividades biológicas, o que despertou grande interesse por parte dos fitoquímicos (Andrade et al., 2014).

Apesar dos numerosos estudos sobre esta família, trabalhos envolvendo a caracterização química das espécies de Amaryllidaceae (*Hippeastrum spp*, *Crinum sp*, *Griffinia spp*, *Hymenocallis spp*. e *Zephyranthes spp*.) nativas do Ceará são raros. De modo que é possível que muitas espécies ainda estejam por serem estudadas agronomicamente e prospectadas na busca de novos compostos com importantes atividades farmacológicas. Assim, este trabalho objetiva avaliar a produção de fitomassa e o rendimento de alcaloides totais de açucena (*Hippeastrum elegans*) e definir a melhor época de colheita dos bulbos.

Material e Métodos

As coletas das plantas matrizes de açucena foram realizadas no final do mês de janeiro/2016 na localidade Estação das Flores, município de Pacatuba, CE. O clima deste município é classificado como tropical Aw (Classificação climática de Köppen e Geiger), com temperatura média anual de 25,7 °C pluviosidade média anual de 1.305 mm e coordenadas geográficas: latitude 03° 59' 03" S, longitude 38° 37' 13" W e altitude de 65 m. O material foi identificado no Herbário Prisco Bezerra, da Universidade Federal do Ceará, sob Registro 60762 - *Hippeastrum elegans* (Spreng.) H. E. Moore. O estudo foi conduzido na Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE, sendo o experimento em campo instalado no Horto Medicinal desta instituição.

Para a produção das mudas, foram utilizados bulbos originários dessas plantas matrizes isentas de danos mecânicos, ataques de pragas e incidência de doenças, realizada em viveiro coberto com sombrite (50% de iluminação), durante 90 dias. Os bulbos foram plantados em vasos plásticos com capacidade de 5 litros preenchidos com uma mistura constituída de substrato

comercial tipo “Germina Plan” + areia fina e lavada + vermiculita na proporção volumétrica de 3: 2: 1.

Decorridos 90 dias após o plantio nos vasos, efetuou-se o transplântio para canteiros de alvenaria com dimensões de 8 m de comprimento e 1 m de largura, previamente adubados com de 20 L de húmus de minhoca/metro linear, parcelados a cada três meses.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco parcelas com quatro plantas e um total de 120 plantas. Os tratamentos foram constituídos pelas seguintes épocas de colheita: 150, 210, 270, 330, 390 e 450 dias após o transplântio.

O espaçamento utilizado foi de 30 cm entre plantas e 30 cm entre fileiras. As covas de plantio possuíam 20 cm de largura x 20 cm de altura e 20 cm de profundidade. A irrigação realizada nas plantas foi por gotejamento, com uma lâmina d’água diária de 8 mm por todo o ciclo da planta. Durante o período experimental, foram feitas capinas manuais para o controle de plantas daninhas. O solo permaneceu protegido pela camada de matéria seca (cobertura morta) proveniente das próprias capinas realizadas.

As coletas das plantas iniciaram-se 90 dias após o transplântio nos canteiros. A partir do material colhido, as plantas foram separadas por parte (raiz, bulbo e folhas), lavadas em água corrente, pesadas e cortadas em partes menores e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçado a 40 °C até se obter peso constante. Após a secagem, esses materiais foram pesados e submetidos à moagem em moinho de facas. Foram avaliados o diâmetro do bulbo, a massa fresca e seca dos bulbos e das raízes. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, conforme Pimentel-Gomes (2009).

Para a extração dos alcaloides, utilizaram-se amostras de 100 mg dos bulbos secos e moídos, de cada tratamento em quintuplicata, e foram submetidas à microextração com 4 mL de hexano (desengorduramento) e 4 mL de uma solução hidrometanólica ácida (0,05 M), em banho ultrassônico por 20 min. Transcorridos os 20 min, 0,5 mL da fração ácida de cada tratamento (n = 5) foi aplicada a um cartucho de extração em fase sólida (SPE – 100 mg) de troca catiônica (Bond Elut SCX, Agilent), previamente acondicionado com 2 mL de metanol, seguido de 2 mL de solução aquosa de H₂SO₄ (0,05 M). Após aplicar a amostra,

seguiu-se a etapa de limpeza com 2 mL de H₂O e 2 mL de MeOH para remoção dos interferentes e, por fim, os alcaloides foram eluídos com 8 mL de uma solução básica composta por NH₄OH/MeOH na proporção 25:75 (v/v) (Long et al., 2012). Para se obter a massa final de alcaloides, a quintuplicata de cada tratamento foi reunida e rotaevaporada sob pressão reduzida em rotaevaporador a 100 rpm e 40 °C. Os resultados foram expressos em miligramas de alcaloides totais por grama de bulbo seco (mg Alcaloide/g bulbo seco).

As análises qualitativas por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) foram realizadas em um instrumento Agilent modelo GC-7890B /MSD-5977A (quadropolo), com impacto de elétrons a 70 eV, coluna HP-5MS metilpolisiloxano (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, Agilent), gás carreador hélio com fluxo 1,00 mL.min⁻¹ (8,8 psi) e velocidade linear constante de 37,3 cm.s⁻¹, temperatura do injetor 250 °C, temperatura do detector 150 °C, temperatura da linha de transferência 300 °C, volume de injeção de 5 µL, no modo *Splitless*. Programação do forno cromatográfico: temperatura inicial de 100 °C, com rampa de aquecimento de 15 °C/min até 180 °C e acréscimo de 5 °C/min até 300 °C, mantendo-se por 10 min. O tempo de corrida foi de 36,4 min.

A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecidos pelo equipamento (NIST, versão 2.0 de 2008 – 287.324 compostos), bem como por meio da comparação dos seus índices de retenção com os de compostos conhecidos, obtidos por injeção de uma mistura de padrões contendo uma série homóloga de alcanos C₇-C₃₀ e de dados da literatura (Berkov et al., 2009; Shawky et al., 2015; De Andrade et al., 2015); NIST (*National Institute of Standards and Technology-Chemistry WebBook*, 2018); (Guo et al., 2014).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância com os coeficientes de variação das variáveis respostas medidas no experimento encontra-se na Tabela 1. Foram observadas diferenças estatísticas significativas em nível de 1% probabilidade para a maioria das variáveis respostas, exceto para massa fresca da raiz (MFR), que foi significativa em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1. Análise de variância e coeficientes de variação referentes a diâmetro do bulbo (DB), massa fresca do bulbo (MFB), massa seca do bulbo (MSB), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) de açucena em diferentes épocas de colheita. Fortaleza, CE, 2018.

FV	Quadrados Médios					
	GL	DB	MFB	MSB	MFR	MSR
Época	5	28,4743**	4222,9749**	363,9207**	90,9426*	1,4229**
Resíduo	24	2,9899	275,0987	22,3847	28,4849	0,2568
CV (%)		10,42	22,18	28,32	34,19	24,22

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Os dados do diâmetro do bulbo, da massa fresca e da massa seca do bulbo e das raízes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Média do diâmetro do bulbo (DB), da massa fresca e massa seca dos bulbos (MFB e MSB), da massa fresca e massa seca das raízes (MFR e MSR) de plantas de açucena (*Hippeastrum elegans*) cultivadas a pleno sol. Fortaleza, CE, 2018.

Idade Dias	DB cm	MFB	MSB	MFR	MSR
150	14,35	41,48	10,70	10,58	1,81
210	15,25	56,99	12,98	13,32	1,50
270	15,92	67,99	15,44	13,93	1,85
330	16,00	75,31	17,15	16,14	2,11
390	16,88	76,85	18,05	16,54	2,19
450	21,15	126,99	32,51	23,12	3,06

Foram observadas diferenças significativas entre as épocas de colheita nas variáveis diâmetro do bulbo (DB), massa fresca e seca do bulbo (MF; MS), (Figura 1), massa fresca e seca de raiz (MFR; MSR). Verificou-se o aumento gradual no diâmetro do bulbo durante todo o período, iniciando com 14,35 cm (150 DAP), na metade do ciclo 15,92 (270 DAP) e finalizando com 21,15 cm aos 450 DAP. Seguindo a classificação para os bulbos de *Narcissus* proposta por Hanks, 2003, na qual são divididos de acordo com

a circunferência: bulbo pequeno (10-12 cm), médio (12-16 cm) e grande (>16 cm), os valores observados em *H. elegans* a partir de 330 (DAP) enquadram-se no tamanho médio (DM=16 cm) e no final do ciclo 450 (DAP) no tamanho grande (DM = 21 cm).

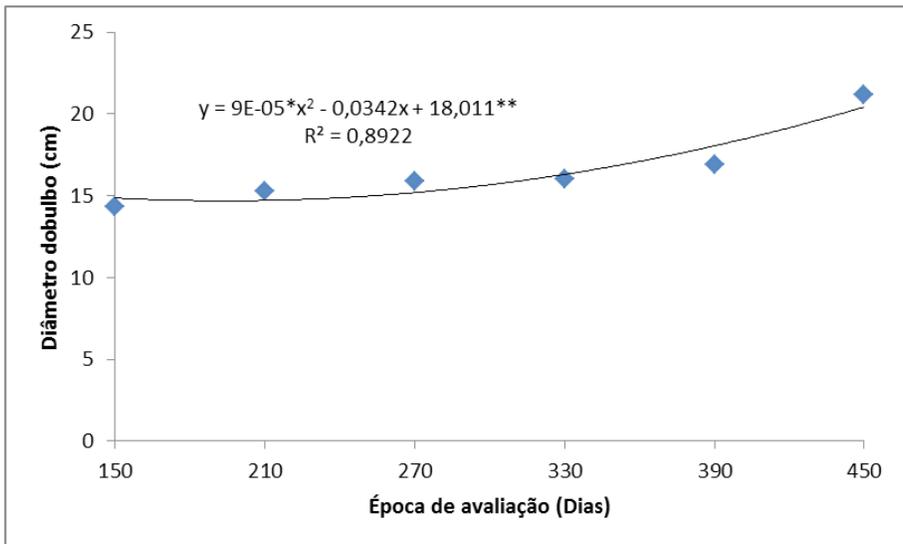


Figura 1. Diâmetro do bulbo (DB) em função da época de colheita de açucena (*H. elegans*) cultivada em Fortaleza, CE, 2018.

Os bulbos de açucena são produzidos em resposta a algum estímulo, como temperatura e/ou fotoperíodo, recebido pelas folhas e transmitido à região de formação de sua estrutura de reserva, e durante o crescimento do bulbo ocorre na planta o fenômeno de mobilização de assimilados semelhante ao verificado na frutificação. Neste período, não há crescimento de outras estruturas na planta, ocorrendo, ao contrário, a perda de peso das estruturas já formadas, indicando a importância da formação adequada do bulbo em crescimento, representando um passo a mais no caminho da senescência (Tomblato, 2004).

Os bulbos formados apresentam certo grau de dormência fisiológica que lhes permite resistir às condições adversas de vida e a um maior tempo de armazenamento (Barbosa; Ferreira, 2011). Assim, a massa

fresca total ao final do ciclo (450 DAP) foi igual a 205,91 g, dos quais 27,1% foram da massa fresca das folhas e o restante obtidos pelo bulbo (127 g) e pelas raízes (23,12 g). Ao longo do ciclo, houve acúmulo contínuo de massa seca do bulbo + raízes e da planta total, atingindo o máximo de 35,57 g e 43,21 g, respectivamente. Do total da massa seca produzida pela planta, 82% são constituídas por bulbo + raízes e 18% por folhas (Tabela 2 e Figuras 2 e 3).

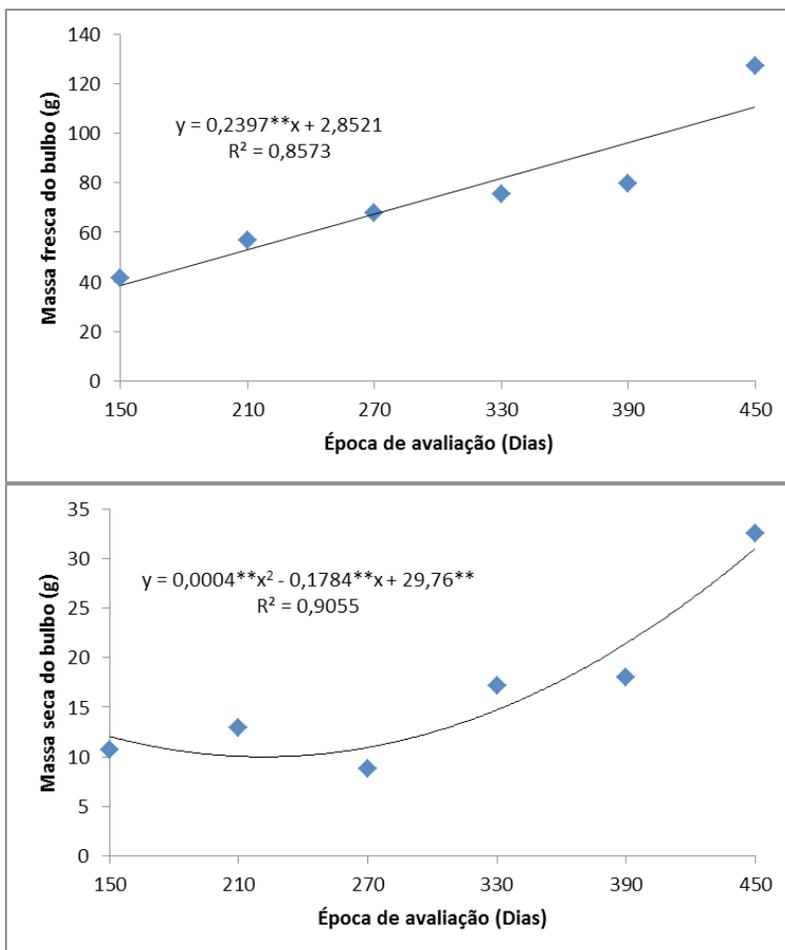


Figura 2. Massa fresca (MFB) e massa seca do bulbo (MSB) em função da época de colheita de açucena (*H. elegans*) cultivada em Fortaleza, CE, 2018.

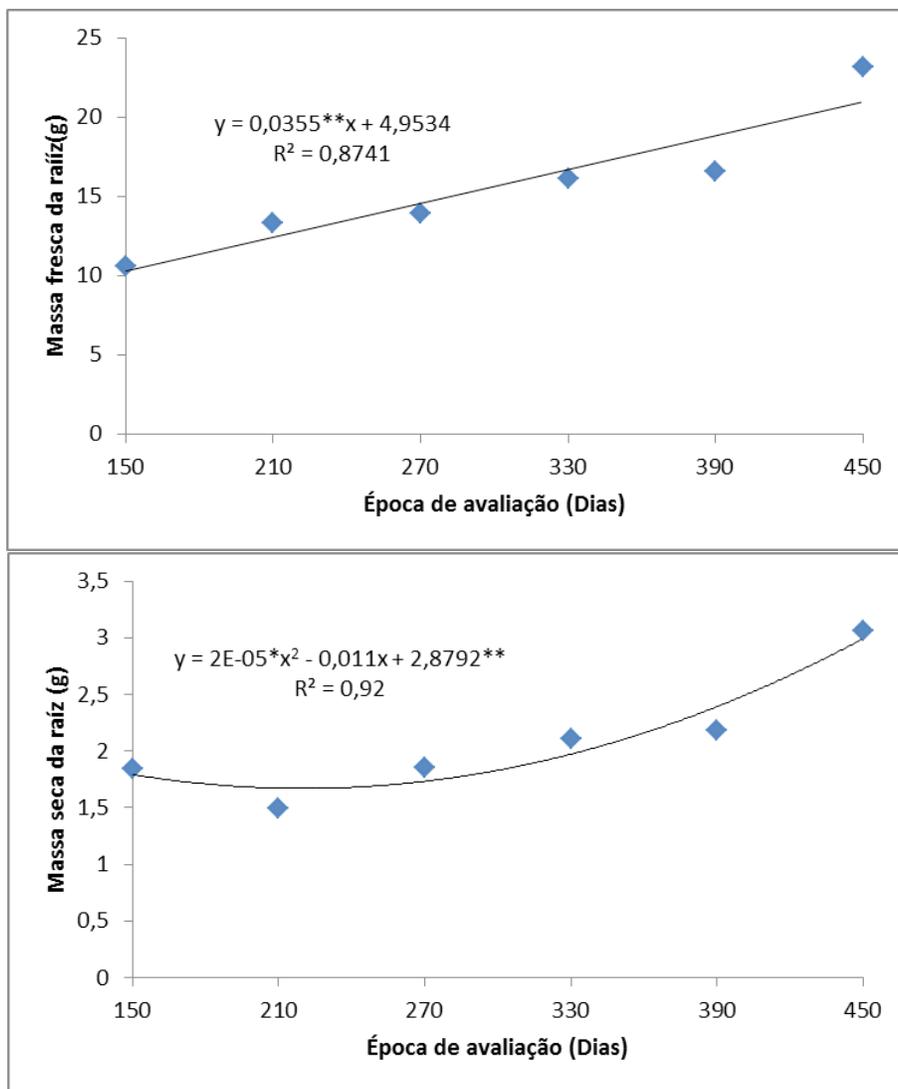


Figura 3. Massa fresca (MFR) e seca da raiz (MSR) em função da época de colheita de açucena (*H. elegans*) cultivada em Fortaleza, CE, 2018.

A grande variação na produção de metabólitos secundários nas plantas medicinais é conforme suas relações ecológicas, mudando continuamente com o tempo e o espaço, sendo influenciada por diversos fatores fisiológicos,

genéticos e ecológicos (Gobbo Neto; Lopes, 2007). A composição qualitativa e quantitativa das plantas medicinais pode mudar acentuadamente durante as fases de crescimento. Para a melhoria da qualidade de plantas medicinais, é importante que a planta seja colhida na época apropriada e no estágio certo de desenvolvimento. Os metabólitos secundários representam uma interface química entre as plantas e o ambiente. Outros fatores abióticos são luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta (Castro et al., 2001).

O teor de alcaloides totais nos bulbos secos de açucena, expresso em mg de alcaloides/g de bulbo seco, variou de 4,80 a 17,14 mg/g (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de alcaloides totais nos bulbos secos de açucena em diferentes fases de crescimento e épocas de colheita. Fortaleza, CE, 2018.

Épocas de Coleta (dias)	Fases de crescimento	Teor de alcaloides mg/g (Bulbo seco)
150	Crescimento vegetativo	5,5
210	Emergência da folha	7,7
270	Pré-floração	8,8
330	Floração plena	17,1
390	Senescência das flores	6,0
450	Dormência dos bulbos	4,8

O teor de alcaloides totais de açucena aumentou continuamente no período de 150 a 330 (DAP), ocasião em que o teor máximo de alcaloides (17,14 mg) foi registrado, e nesta época (330 DAP) a planta de açucena se encontrava no estágio de floração.

A maior concentração de alcaloides nos bulbos está de acordo com os resultados observados em outras plantas de Amaryllidae, como *Narcissus confusus*, que foi de 16,54 por ocasião da época de floração (Lopez et al., 2003). Um estudo com carqueja (*Baccharis trimera*) demonstrou que a quantidade de compostos fitoquímicos produzidos está diretamente relacionada ao período ontogenético (estágio fenológico) do vegetal, havendo maior produção na época da floração, quando o metabolismo se torna mais intenso (Castro et al., 2001). A idade e o desenvolvimento da planta, bem como

dos diferentes órgãos vegetais, também são de considerável importância e podem influenciar não só a quantidade total de metabólitos produzidos, mas também as proporções relativas dos componentes, segundo Jenks et al. (1996), citado por Castro et al. (2001). Outro exemplo é o caso da planta *Tanacetum parthenium*, em que a porcentagem de partenólideo é maior nos primeiros estágios de desenvolvimento da planta, porém a quantidade total obtida por planta aumenta cerca de 10 para 20 mg durante o crescimento, devido ao surgimento de flores (Hendriks et al., 1997). Situação semelhante ocorre com os metabólitos de *Gentiana lutea*, cujas folhas são ricas em C-glicosídeos, como a mangiferina, na fase de floração (Menkovic, et al., 2000).

A partir da época de floração, o teor de alcaloides totais encontrados nos bulbos de açucena decresceu linearmente com o aumento do número de dias de cultivo. Vale ressaltar a importância da época e do estágio de desenvolvimento mais adequado para colheita, tendo em vista que a composição qualitativa e quantitativa das plantas medicinais pode mudar acentuadamente durante as fases de crescimento (Falkenberg; Santos; Simões, 2000).

A análise química dos bulbos secos de açucena por CG-EM confirmou a presença de galantamina nas frações alcalóidicas obtidas de amostras de bulbos secos de cada fase de crescimento das plantas, além de identificar outros cinco alcaloides comuns a todos os tratamentos, dos quais três são de núcleo tipo galantamina, um de núcleo narciclasina e outro de núcleo crinina (Tabela 4).

Tabela 4. Perfil químico dos alcaloides presentes nas frações alcalóidicas extraídas das diferentes épocas de colheita de açucena.

Alcaloide	^a IR _{obs}	^b IR _{lit}	M ⁺ / Íon base (m/z)	Núcleo
Trisfaeridina ^{cd}	2302	2303,4	223,1/223,1	Narciclasina
Galantamina ^e	2388	2395,0	287 / 286,1	Galantamina
Licoramina ^f	2418	2423,0	289 / 288,1	Galantamina
O-Dimetillicoramina ^g	2451	2459,7	275 / 271,1	Galantamina
Norlicoramina ^g	2460	2471,7	275 / 271,1	Galantamina
8-O-Dimetilmaritidina ^c	2510	2512,0	273,1/273,1	Crinina

^a Índice de Retenção observado; ^b Índice de Retenção literatura; ^c Berkov et al., 2009; ^d Shawky et al., 2015; ^e Andrade et al., 2015; ^f NIST (National Institute of Standards and Technology-Chemistry WebBook, 2018); ^g Guo et al., 2014.

O maior número de alcaloides do tipo galantamina é uma característica desejável, uma vez que compostos estruturalmente relacionados podem ter propriedades farmacológicas semelhantes; por exemplo, os alcaloides licoramina e sanguinina, que apresentam menor e maior inibição da acetilcolinesterase quando comparados a galantamina, respectivamente (Hanks, 2003; Simões et al., 2017). Outros alcaloides foram relatados em *H. elegans* por Carvalho et al. (2015), que descreveram a ocorrência dos alcaloides galantamina, narciclasina, pseudolicorina, sanguinina e licorina nos bulbos de um espécime colhido na cidade de Russas, CE. Esses alcaloides estão entre os mais promissores de Amaryllidaceae (Evidente et al., 2009; Lefranc et al., 2009; Giordani et al., 2012; Lorrio et al., 2007; Pereira et al., 2010).

Conclusões

Os constituintes químicos das plantas variam em quantidade e natureza nas diferentes épocas do ano. Neste estudo, observou-se que a maior concentração de alcaloides é obtida em colheitas realizadas 330 dias após o plantio definitivo, alcançando 17,14 mg de alcaloide/g de bulbo seco, que corresponde ao estágio de floração em que o metabolismo da planta é mais intenso. Dessa forma, requer menor volume de fitomassa de bulbos secos para extração de alcaloide comparando-se àquelas das colheitas posteriores.

O alto teor de alcaloides totais, atrelado à definição da melhor época de colheita dos bulbos de *H. elegans*, torna essa espécie uma fonte promissora para o cultivo comercial, a fim de se obter matéria-prima em quantidade e com alcaloides de grande importância farmacológica.

Agradecimentos

Ao doutorando José Diones Matos Araújo, pela análise estatística dos dados; e ao Assistente de pesquisa do Campo Experimental de Paraipaba Antônio Lima do Vale, pela contribuição na localização e coleta de açucena no município de Pacatuba, CE.

Referências

- ALVES-ARAÚJO, A.; DUTILH, J. H. A.; ALVES, M. **Amaryllidaceae s.s. e Alliaceae s.s. no Nordeste Brasileiro**. 2009. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/235942122>>. Acesso em: 02 Jun. 2017.
- BERKOV, S.; GEORGIEVA, L.; KONDAKOVA, V.; ATANASSOV, A.; VILADOMAT, F.; BASTIDA, J.; CODINA, C. Plant sources of galanthamine: phytochemical and biotechnological aspects. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 23, n. 2, 2009.
- ANDRADE, J. P. de; BERKOV, S.; VILADOMAT, F. Alkaloids from *Hippeastrum papilo* **Molecules**. v. 16, p. 7097-7104, 2011.
- ANDRADE, J. P. de; PIGNI, N. B.; TORRAS-CLAVEIRA, L.; GIUO, Y.; BERKOV, S.; REYES-CHILPA, R.; AMRANI, A. E.; ZUANAZZI, J. A. S.; CODINA, C.; VILADOMAT, F.; BASTIDA, J. Crinine-type alkaloids from *Hippeastrum alicum* and *H. Calyptrotum*. **Phytochemistry**, v. 103, p. 188-195, 2014.
- ANDRADE, J. P. de; GIORDANI, R. B.; TORRAS-CLAVEIRA, L.; PIGNI, N. B.; BERKOV, S.; FONT-BARDIA, M.; CALVET, T.; KONRATH, E.; BUENO, K.; SACHETT, L. G.; DUTILH, J. H.; BORGES, W. S.; VILADOMAT, F.; HENRIQUES, A. T.; NAIR, J. J.; ZUANAZZI, J. A. S.; BASTIDA, J. The Brazilian Amaryllidaceae as a source of acetylcholinesterase inhibitory alkaloids. **Phytochemistry Review**, 2015. DOI 10.1007/s11101-015-9411-17.
- BARBOSA, J. G.; FERREIRA, D. G. da S. **Produção comercial de lírios, gladiolos e amaryllis**. Viçosa: CTP, 2011.
- BERKOV, S.; GEORGIEVA, L.; KONDAKOVA, V.; ATANASSOV, A.; VILADOMAT, F.; BASTIDA, J.; CODINA, C. Plant sources of galanthamine: phytochemical and biotechnological aspects. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 23, 2009.
- BRUNETON, J. **Farmacognosia: fitoquímica – plantas medicinales**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2001. 1.099 p.
- CARVALHO, K. R.; SILVA, A. B.; TORRES, M. C. M.; PINTO, F. C. L.; GUIMARÃES, L. A.; ROCHA, D. D.; SILVEIRA, E. R.; COSTA-LOTUFO, L. V.; BRAZ-FILHO, R.; PESSOA, O. D. L. Cytotoxic alkaloids from *Hippeastrum solandriiflorum* Lindl. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 10, p. 1976-1980, 2015.
- CASTRO, H. G.; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H. da; MOSQUIN, P. R. **Contribuição ao estudo de plantas medicinais**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. 104 p.

- CHASE M. W.; REVEAL J. L.; FAY M. F. A subfamilial classification for the expanded asparagalean families, Amaryllidaceae, Asparagaceae and Xanthorrhoeaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p.132-136, out. 2009.
- DUTILH, J. H. A.; BARBOSA, M. R. V.; SOTHERS, C.; MAYO, S.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; MESQUITA, A. C. Alliaceae, Amaryllidaceae. In: BARBOSA, M. R. de V. (Ed.). **Checklist das plantas do nordeste brasileiro: Angiospermas e Gymnospermas**. Brasília-DF: Ministério da ciência e Tecnologia, 2006. p. 26-27.
- ELGORASHI, E. E.; DREWES, S. E.; MORRIS, C.; STADEN, J. van. Variation among three *Crinum* species in alkaloids content. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, p. 601-615, 2003.
- EVIDENTE, A.; KORNIENKO, A. Anticancer evaluation of structurally diverse Amaryllidaceae alkaloids and their synthetic derivatives. **Phytochemistry Review**, v. 8, p. 449-459, 2009.
- FALKENBERG, M. B.; SANTOS, R. I.; SIMÕES, C. M. O. Introdução à análise fitoquímica. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Ed. Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. p. 163-179.
- GIORDANI, R. B.; PAGLIOSA, L. B.; HENRIQUES, A. T.; ZUANAZZI, A. S; DUTILH, J. H. A. Investigação do potencial antioxidante e anticolinesterásicos de *Hippeastrum* (Amaryllidaceae). **Química Nova**, v. 31, p. 2042-2046, 2008.
- GIORDANI, R. B.; R. JUNIOR, C. O.; ANDRADE, J. P. de; BASTIDA, J.; ZUANAZZI, A. S.; TASCA, T.; ALMEIDA, M. V. de. Lycorine derivatives against *Trichomonas vaginalis*. **Chemistry Biology & Drug Design**, v. 80, p. 129-133, 2012.
- GUO, Y.; PIGNI, N. B.; ZHENG, Y.; BASTIDA, J. Analysis of Bioactive Amaryllidaceae Alkaloid Profiles in *Lycoris species* by GC-MS GC-MS. **Natural Product Communications**. v. 9, n. 8, 2014.
- GOBBO, N. L.; LOPES, N. P. Medicinal plants: factors of influence on the content of secondary metabolites. **Química Nova**, v. 30, n. 2, 2007.
- HANKS, G. R. **Narcissus and Daffodil: the genus narcissus**. Boca Raton: CRC Press, 2003. p. 452.
- HENDRIKS, H.; ANDERSON-WILDEBOER, Y.; ENGELS, G.; BOS, R.; WOERDENBAG, H. J. Malay ethno-medico botany in Machang, **Planta Med**, v. 63, p. 356-369, 1997.
- JENKS, M. A.; TUTTLE, H. A.; FELDMANN, K. A. The vegetable material medica of western India. **Phytochemistry**. v. 42, p. 29-33, 1996.

- LEFRANC, F.; SAUVAGE, S.; VAN GOIETSENOVEN, G.; MEGALIZZI, V.; LAMORAL-THEYS, D.; DEBEIR, O.; SPIEGL-KREINECKER, S.; BERGER, W.; MATHIEU, V.; DECAESTECKER, C. Narciclasine, a plant growth modulator, activates Rho and stress fibers in glioblastoma cells. **Molecular Cancer Therapeutics**, v. 8, p. 1739-1750, 2009.
- LONG, Z.; WANG, C.; GUO, Z.; ZHANG, X.; NORDAHL, L.; ZENG, J.; ZENG, J.; LIANG, X. A non-aqueous solid phase extraction method for alkaloid enrichment and its application in the determination of hyoscyamine and scopolamine. **Analyst**. v. 137, p. 1451, 2012.
- LÓPEZ, S.; BASTIDA, J.; VILADOMAT, F.; CODINA, C. *Galanthamine pattern* in *Narcissus confusus* plants. **Planta Med**, v. 69, p. 1166-1168, 2003.
- LORRIO, S.; SOBRADO, M.; ARIA, E.; RODA, J. M.; GARCIA, A. G.; LOPEZ, M. G. *Galanthamine postischemia* provides neuroprotection and memory recovery against transient global cerebral ischemia in gerbils. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v. 322, p. 591-599, 2007.
- MAELICKE, A.; SAMOCHOCKI, M.; JOSTOCK, R.; FEHRENBACHER, A.; LUDWIG, J.; ALBUQUERQUE, E. X.; ZERLIN, M. Allosteric sensitization of nicotinic receptors by galanthamine, a new treatment strategy for Alzheimer's Disease. **Society of Biological Psychiatry**. v. 49, p. 279±88, 2001.
- MENKOVIC, N.; SAVIKIN-FODULOVIC, K.; SAVIN, K.; Chemical composition and seasonal variations in the amount of secondary compounds in *Gentiana lutea* leaves and flowers **Planta Med.**, v. 66, 178 p. 2000.
- NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. (2018). **NIST Chemistry WebBook**. Disponível em: <<http://webbook.nist.gov/chemistry/>> Acesso em: 17 de fev. 2018.
- PAGLIOSA, L. B.; MONTEIRO, S. C.; SILVA, K. B. Effect of isoquinoline alkaloids from two *Hippeastrum* species on in vitro acetylcholinesterase activity. **Phytomedicine**. v. 17, p. 698-701. 2010.
- PEREIRA, E. F. R.; ARACAVAL, Y.; ALKONDON, M.; AKKERMAN, M.; MERCHENTHALER, I.; ALBUQUERQUE E. X. Molecular and cellular actions of *galanthamine*: Clinical implications for treatment of organophosphorus poisoning. **Journal of Molecular Neuroscience**, v. 40, p.196-203, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.
- SHAWKY, E.; ABOU-DONIA, A. H.; DARWISH, F. A.; TOAIMA, S. M.; TAKLA, S. S.; PIGNI, N. B.;

BASTIDA, J. HPTLC and GC/MS Study of Amaryllidaceae Alkaloids of Two Narcissus Species.

Chemistry Biodiversity, v. 12, n. 8, p. 1184-99, 2015.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.;
PETROVICK, P. R. **Farmacognosia do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre:
Artmed, 2017.

SILVA, A. F. S.; ANDRADE, J. P. de; BEVILAQUA, L. R. Anxiolytic, antidepressant
and anticonvulsivant-like effects of the alkaloid montanine isolated from *Hippeastrum*
vittatum. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**. v. 85, p. 148-154. 2006.

SILVA, A. F. S.; ANDRADE, J. P. de; MACHADO, K. R. B. Screening for cytotoxic activity of
extracts and isolated alkaloids from bulbs of *Hippeastrum vittatum*. **Phytomedicine**. v. 15,
p. 882-885, 2008.

TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Campinas: Instituto
Agrônômico, 2004. 211p.

TORRAS-CLAVERIA, L.; BERKOV, S.; CODINA, C.; VILADOMAT, F.; BASTIDA, J. Metabolomic
analysis of bioactive Amaryllidaceae alkaloids of ornamental varieties of Narcissus by GC-MS
combined with k-means cluster analysis. **Industrial Crops and Products**. v. 56, p. 211-222, 2014.

Embrapa

Agroindústria Tropical



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO