

Espaçamento de plantio e intervalos de colheita na biomassa e no óleo essencial de gerânio

Arie F Blank; Anderson de C Silva; Maria de Fátima Arrigoni-Blank; Wallace M dos Santos; Aléa Dayane D de Santana

UFS-DEA, Av. Marechal Rondon s/n, 49100-000 São Cristóvão-SE; afblank@ufs.com; bio.anderson@gmail.com; arrigoni@ufs.br; wallacemds@hotmail.com aleadayane@gmail.com

RESUMO

O gerânio (*Pelargonium graveolens*) é uma erva aromática e seu óleo essencial é comumente utilizado na constituição de fármacos e cosméticos no mundo. A planta adapta-se bem às condições climáticas do nordeste brasileiro, mas são escassos os dados sobre seu rendimento quantitativo e qualitativo. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de espaçamento de plantas e intervalos de colheita em gerânio na produção de biomassa e de óleo essencial. Foram testados três espaçamentos de plantio (50x50, 50x60 e 50x80 cm) e três intervalos de colheita (8, 12 e 16 semanas). Os maiores valores totais de massa fresca e seca de folhas e caules (2679,04 g m⁻²; 424,62 g m⁻²; 1035,08 g m⁻²; 136,85 g m⁻², respectivamente) e rendimento de óleo essencial (7,56 mL m⁻²), que são características de interesse direto para o mercado, foram obtidos em intervalo de colheita de oito semanas e no espaçamento de 50x50 cm. Nas demais variáveis analisadas, houve pouca diferenciação entre os tratamentos, contudo, períodos longos de colheita são menos produtivos, pois houve queda nos valores de todas as variáveis nas últimas colheitas de cada intervalo. Assim, melhores resultados de quantidade e qualidade para o gerânio foram obtidos com intervalo de 8 semanas e no espaçamento 50x50 cm.

Palavras-chave: *Pelargonium graveolens*, planta aromática, cultivo.

ABSTRACT

Plant spacing and harvest intervals on biomass and essential oil of geranium

Geranium (*Pelargonium graveolens*) is an aromatic herb and its essential oil is commonly used in the creation of drugs and cosmetics worldwide. The plant is well adapted to the climatic conditions of the Brazilian northeast, but there are few data on its quantitative and qualitative yield. The aim of this study was to evaluate the influence of plant spacing and harvest intervals of geranium on the production of biomass and essential oil. Three different plant spacings (50x50, 50x60 and 50x80 cm) and three harvest intervals (8, 12 and 16 weeks) were tested. The highest values of total fresh and dry weight of leaves and stems (2679.04 g m⁻²; 424.62 g m⁻²; 1035.08 g m⁻²; 136.85 g m⁻², respectively) and yield of essential oil (7.56 mL m⁻²), that are characteristics of direct interest for the market, were obtained at harvest intervals of eight weeks and at a spacing of 50x50 cm. In other analyzed variables, there was little difference between the treatments, however, long periods of harvest are less productive because decrease of values of all variables were observed in the last harvests of each interval. Thus, best quantity and quality results for geranium were obtained on an interval of 8 weeks, and spacing of 50x50 cm.

Keywords: *Pelargonium graveolens*, aromatic plant, cultivation.

(Recebido para publicação em 31 de agosto de 2011; aceito em 13 de novembro de 2012)

(Received on August 31, 2011; accepted on November 13, 2012)

O *Pelargonium graveolens* é uma erva medicinal e aromática, nativa do sul da África. Sua importância reside principalmente no valor aromático do óleo essencial armazenado em células do caule, folhas e flores (Saxena *et al.*, 2000; Lis-Balchin, 2002; Rana *et al.*, 2003). Compostos voláteis presentes no óleo essencial de gerânio, principalmente *geraniol*, *citronelol* e *linalol*, são de amplo emprego nas indústrias de perfumaria, cosméticos, sabões, alimentícia e de aromáticos. Seu óleo é também utilizado na medicina popular no combate a um vasto número de doenças (Peterson *et al.*, 2006).

Os materiais comerciais de gerânio podem ser classificados em três tipos: Algérie, Bourbon e Egípcio. Para di-

ferenciar quimicamente os três tipos, deve-se observar o teor dos sequiterpenos 10-epi- γ -eudesmol e 6,9-guiadieno (Kaul *et al.*, 1997; Ram *et al.*, 1997; Rao *et al.*, 2002).

A produção mundial de óleo essencial de gerânio de aproximadamente 600 toneladas (t) vem sendo alcançada pela China, Marrocos, Egito, Ilha Reunião e África do Sul (Ram *et al.*, 2003). Ainda assim, há um déficit de 200 t de óleo essencial de gerânio por ano. Por isso, torna-se necessário ampliar o volume de produção dessa cultura, principalmente em regiões propícias à sua adaptação como o Brasil.

Trabalhos sobre a aplicação de tratamentos culturais vêm sendo realizados, visando a domesticação de espécies exóticas

na tentativa de suprir as demandas de produção de algumas culturas. O foco dessas pesquisas é, geralmente, o plantio, a colheita, o processamento e a extração do óleo essencial, onde é avaliada a influência de cada época de desenvolvimento na produtividade da cultura (Gomes *et al.*, 2004).

Atualmente, é conhecida a influência da densidade de plantio sobre o desenvolvimento vegetal. Os estudos comprovam que o espaçamento entre plantas e entre linhas alteram o desenvolvimento das plantas em diferentes níveis (Bergo *et al.*, 2005; Puquerio *et al.*, 2007). Em trabalhos com plantas medicinais e aromáticas, essas alterações também são reportadas para a biossíntese dos óleos essenciais, podendo alterar seu rendi-

mento e composição (Badi *et al.*, 2004; Missaoui *et al.*, 2005; Mighri *et al.*, 2009). Na Índia, o cultivo comercial de gerânio é feito utilizando, preferencialmente, o espaçamento de 50 cm entre linhas x 50 cm entre plantas (Kothari *et al.*, 2002).

Outro fator tão importante quanto o espaçamento para definir a produtividade total de uma cultura é o intervalo de tempo entre as colheitas. O rendimento de biomassa e de óleo essencial da planta pode ser modificado em função dos fatores climáticos na época da colheita. Aliado a isso, o tempo de rebrota pode influenciar os valores reais de massa fresca e seca, assim como o rendimento e teor dos óleos essenciais. Em estudo realizado com a espécie medicinal Tomilho (*Thymus vulgaris*), testando colheitas em três períodos (início da floração; plena floração; pós floração) foi verificado que as colheitas realizadas em menor tempo de desenvolvimento foram mais rentáveis, tanto para biomassa quanto para rendimento e teor de óleo essencial (Badi *et al.*, 2004).

Considerando a escassez de informações sobre o gerânio no Brasil sobre seu manejo cultural e a sua relevância, o objetivo foi avaliar a influência do espaçamento e do intervalo de colheitas sobre a produção de biomassa, o rendimento e o teor do óleo essencial de gerânio (*Pelargonium graveolens*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo teve duração de um ano e foi conduzido entre os anos de 2008 a 2010, na Fazenda Experimental “Campus Rural da UFS”, São Cristóvão a 17 km de Aracaju. Foram utilizadas plantas do genótipo UFS-PEL001 de gerânio (tipo Egípcio), mantidas no Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal de Sergipe. Exsiccadas do genótipo foram depositadas no Herbário da Universidade Federal de Sergipe (ASE) sob o número de registro ASE-14844.

O solo da área é do tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico, de textura franco-arenosa com as seguintes características químicas: pH= 4,6; matéria orgânica = 21,2 g dm⁻³; 23,3 ppm de P;

34,9 ppm de K; 7,9 ppm de Na; 1,19 cmolc/dm³ de Ca; 1,51 cmolc/dm³ de Mg; 4,85 cmolc/dm³ de CTC e 58,1% V.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. Foram testados, nas parcelas, três combinações de espaçamentos entre linhas e entre fileiras (50x50; 50x60 e 50x80 cm) e, nas subparcelas, três intervalos de colheita (8, 12 e 16 semanas). Cada subparcela foi formada por oito plantas, sendo as quatro centrais consideradas parcela útil. Para o intervalo de colheita de oito semanas, foram efetuados sete cortes, para o intervalo de 12 semanas, cinco cortes, e para o intervalo de 16 semanas, apenas quatro cortes. A variação no número de cortes foi devido ao limite de tempo considerado para a avaliação do experimento, sendo possível sete colheitas sobre o intervalo de oito semanas, enquanto o de 16 semanas só foi possível a realização de quatro colheitas.

As plantas de gerânio foram propagadas por meio de estaquia. As estacas foram retiradas das porções apicais dos ramos, com 10 cm cada, colocadas em sacos plásticos com capacidade de 1,5 L, contendo a mistura solo: areia, na proporção 1:1. As estacas foram assim mantidas por 45 dias em estufa plástica protegida com tela de 50% de sombreamento, sendo posteriormente transplantadas para o campo.

Os ensaios foram implantados em dezembro de 2008 e a primeira colheita em fevereiro de 2009. Foi utilizada irrigação por gotejamento, adubação de 20 t ha⁻¹ de esterco bovino combinado com 1.000 kg ha⁻¹ da fórmula 3-12-6 e cobertura do solo com filme plástico de cor prata; essa cobertura foi utilizada visando favorecer o microclima do solo e diminuir a ação de invasoras sobre as plantas de gerânio. Foram realizadas capinas e limpeza dos canteiros durante o experimento.

As variáveis analisadas a cada colheita foram altura das plantas (avaliadas desde a base até a última folha do ramo mais alto), diâmetro de parte aérea, massa fresca e seca de folhas e caules, teor e rendimento de óleo essencial.

Para a avaliação da massa fresca, os cortes na colheita foram feitos à altura de aproximadamente 20 cm do solo. Foram separadas as folhas e caules da

parte aérea colhida, que foram estratificadas por tratamento e por bloco, sendo pesadas. Para determinar a massa seca foram usadas três amostras de 100 gramas de folha fresca e colocadas em estufa de secagem a 105°C por 24 horas, seguida de pesagem.

O óleo essencial foi obtido das folhas frescas, por meio do processo de hidrodestilação, por duas horas e 40 minutos, com a utilização do aparelho de Clevenger (Guenther, 1972). Os teores (%) foram estimados com base no peso da matéria seca (v/m) e obtidos usando três amostras de 100 gramas.

As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância pelo teste de F e comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os intervalos de corte e os espaçamentos para as variáveis avaliadas, sendo as comparações feitas independentemente em cada colheita (Tabela 1 a 4).

Na colheita feita com oito semanas, as plantas de gerânio apresentaram significativa redução no desenvolvimento após a quarta e quinta colheitas, exceto para diâmetro e teor e rendimento de óleo essencial (Tabela 1). Comparando-se os valores médios de altura da primeira e última colheitas, houve uma redução de 53, 61 e 48,7% quando foram utilizados os espaçamentos de 50x50, 50x60 e 50x80 cm, respectivamente. Os resultados apresentados demonstram que no início do cultivo as plantas não foram afetadas pelo menor espaçamento e, conseqüentemente competição entre elas, mas no menor espaçamento isso limitou o crescimento em altura a partir da quarta colheita.

Houve redução também, do percentual de sobrevivência entre as colheitas em função dos espaçamentos. Na última colheita os valores foram 58,33% para o espaçamento 50x50 cm, 25% para o espaçamento de 50x60 cm e 33,33% para o espaçamento de 50x80 cm. Esse resultado comprometeu, sobretudo, a avaliação das demais variáveis, desencadeando um processo cascata, levando à redução em até 76% para as variáveis,

Tabela 1. Altura de planta (cm), diâmetro de parte aérea (cm), sobrevivência (%), massa fresca e seca de folhas e caules e teor e rendimento de óleo essencial na produção de gerânio (*P. graveolens*), realizando colheitas a cada oito semanas durante um período de um ano (plant height (cm), canopy diameter (cm), survival (%), fresh and dry weight of leaves and stems, and content and yield of essential oil in the production of geranium (*P. graveolens*) and harvest carried out every eight weeks over a period of one year). São Cristóvão, UFS, 2011.

N ^o da colheita	Espaçamento (cm)			Espaçamento (cm)		
	50x50	50x60	50x80	50x50	50x60	50x80
Altura de planta (cm)						
1 ^a	66,97 aA	70,86 aA	63,86 aA	426,66 aA	261,11 aB	241,66 aB
2 ^a	53,55 aA	54,24 aA	55,33 aA	232,22 bA	183,33 aA	136,11 aA
3 ^a	56,16 aA	57,46 aA	60,54 aA	110,90 bA	103,97 bA	98,85 aA
4 ^a	51,25 aA	52,83 aA	50,66 aA	113,33 bA	53,24 bA	34,72 aA
5 ^a	52,41 aA	38,50 bA	45,83 bA	73,06 bA	55,80 bA	89,60 aA
6 ^a	41,12 bA	35,75 bA	44,58 bA	55,00 bA	41,66 bA	26,04 aA
7 ^a	31,41 bA	27,50 bA	32,75 bA	63,33 bA	25,00 bA	65,62 aA
Diâmetro de parte aérea (cm)						
1 ^a	70,45 aA	75,78 aA	74,46 aA	78,11 aA	36,70 aB	38,39 aB
2 ^a	55,69 aA	60,31 aA	65,18 aA	63,58 aA	30,94 aA	21,89 aA
3 ^a	68,21 aA	68,91 aA	74,18 aA	39,93 bA	15,34 aA	14,62 aA
4 ^a	71,41 aA	63,75 aA	61,89 aA	15,94 bA	8,75 aA	5,84 aA
5 ^a	63,83 aA	50,50 aA	59,41 aA	17,38 bA	12,94 aA	20,43 aA
6 ^a	55,71 aA	64,33 aA	66,58 aA	17,13 bA	6,25 aA	4,51 aA
7 ^a	41,66 aA	48,25 aA	55,00 aA	10,74 bA	4,60 aA	16,71 aA
Sobrevivência (%)						
1 ^a	100,00 aA	91,66 aA	83,33 aA	1,33 aA	1,28 aA	1,31 aA
2 ^a	91,66 aA	91,66 aA	75,00 aA	1,33 aA	1,15 aA	1,27 aA
3 ^a	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	1,67 aA	1,37 aA	1,36 aA
4 ^a	83,33 aA	83,33 aA	75,00 aA	1,67 aA	1,59 aA	1,31 aA
5 ^a	83,33 aA	66,66 aA	75,00 aA	1,35 aA	1,21 aA	1,60 aA
6 ^a	58,33 bA	41,66 bA	41,66 bA	1,14 aA	1,36 aA	1,09 aA
7 ^a	41,66 bA	25,00 bA	33,33 bA	1,26 aA	1,36 aA	1,18 aA
Massa fresca de folhas (g m⁻²)						
1 ^a	893,33 aA	543,52 aB	572,91 aB	2,24 aA	1,21 aB	1,43 aB
2 ^a	543,33 bA	557,40 aA	393,05 aA	1,48 aA	1,37 aA	0,97 aA
3 ^a	367,71 bA	310,76 bA	320,06 aA	1,26 aA	0,76 aA	0,83 aA
4 ^a	363,33 bA	176,85 bA	129,86 aA	1,12 aA	0,53 aB	0,35 aB
5 ^a	189,10 bA	138,94 bA	207,48 aA	0,50 aA	0,33 aA	0,74 aA
6 ^a	200,00 bA	141,67 bA	137,50 aA	0,58 aA	0,34 aA	0,33 aA
7 ^a	283,33 bA	150,00 bA	137,50 aA	0,82 aA	0,45 aA	0,36 aA
Massa seca de folhas (g m⁻²)						
1 ^a	179,49 aA	107,91 aB	110,30 aB			
2 ^a	106,81 bA	110,77 aA	81,26 aA			
3 ^a	73,28 bA	58,43 bA	62,45 aA			
4 ^a	65,02 bA	33,12 bA	24,99 aA			
5 ^a	37,86 bA	28,36 bA	43,08 aA			
6 ^a	46,40 bA	26,33 bA	30,87 aA			
7 ^a	55,90 bA	30,25 bA	29,05 aA			
Massa fresca de caules (g m⁻²)						
1 ^a				78,11 aA	36,70 aB	38,39 aB
2 ^a				63,58 aA	30,94 aA	21,89 aA
3 ^a				39,93 bA	15,34 aA	14,62 aA
4 ^a				15,94 bA	8,75 aA	5,84 aA
5 ^a				17,38 bA	12,94 aA	20,43 aA
6 ^a				17,13 bA	6,25 aA	4,51 aA
7 ^a				10,74 bA	4,60 aA	16,71 aA
Massa seca de caules (g m⁻²)						
1 ^a				78,11 aA	36,70 aB	38,39 aB
2 ^a				63,58 aA	30,94 aA	21,89 aA
3 ^a				39,93 bA	15,34 aA	14,62 aA
4 ^a				15,94 bA	8,75 aA	5,84 aA
5 ^a				17,38 bA	12,94 aA	20,43 aA
6 ^a				17,13 bA	6,25 aA	4,51 aA
7 ^a				10,74 bA	4,60 aA	16,71 aA
Teor de óleo essencial (%)						
1 ^a				1,33 aA	1,28 aA	1,31 aA
2 ^a				1,33 aA	1,15 aA	1,27 aA
3 ^a				1,67 aA	1,37 aA	1,36 aA
4 ^a				1,67 aA	1,59 aA	1,31 aA
5 ^a				1,35 aA	1,21 aA	1,60 aA
6 ^a				1,14 aA	1,36 aA	1,09 aA
7 ^a				1,26 aA	1,36 aA	1,18 aA
Rendimento de óleo essencial (mL m⁻²)						
1 ^a				2,24 aA	1,21 aB	1,43 aB
2 ^a				1,48 aA	1,37 aA	0,97 aA
3 ^a				1,26 aA	0,76 aA	0,83 aA
4 ^a				1,12 aA	0,53 aB	0,35 aB
5 ^a				0,50 aA	0,33 aA	0,74 aA
6 ^a				0,58 aA	0,34 aA	0,33 aA
7 ^a				0,82 aA	0,45 aA	0,36 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (means followed by same letters, uppercase in lines and lowercase in columns do not differ by Scott-Knott test) ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Altura de planta (cm), diâmetro de parte aérea (cm), sobrevivência (%), massa fresca e seca de folhas e caules e, teor e rendimento de óleo essencial na produção de gerânio (*P. graveolens*), realizando colheitas a cada 12 semanas durante um período de um ano (plant height (cm), canopy diameter (cm), survival (%), fresh and dry weight of leaves and stems, and content and yield of essential oil production of geranium (*P. graveolens*) and harvests carried out every 12 weeks over a period of one year). São Cristóvão, UFS, 2011.

Colheita	Espaçamento (cm)			Espaçamento (cm)		
	50x50	50x60	50x80	50x50	50x60	50x80
Altura de planta (cm)						
1 ^a	73,35 aA	55,78 aA	61,72 aA	303,93 aA	211,11 aB	170,83 aB
2 ^a	71,61 aA	53,44 aA	65,42 aA	282,22 aA	209,25 aA	207,57 aA
3 ^a	78,94 aA	66,00 aA	77,16 aA	290,55 aA	143,52 aB	195,14 aB
4 ^a	58,58 aA	48,25 aA	59,99 aA	176,66 aA	66,66 aB	88,89 aB
5 ^a	63,75 aA	48,94 aA	64,39 aA	256,66 aA	115,74 aB	143,05 aB
Diâmetro de parte aérea (cm)						
1 ^a	75,01 aA	59,74 aB	73,10 aA	43,19 aA	32,14 aA	27,60 aA
2 ^a	76,66 aA	57,88 aB	83,00 aA	41,10 aA	29,20 aA	31,52 aA
3 ^a	97,41 aA	82,44 aB	98,11 aA	47,91 aA	24,29 aB	32,49 aB
4 ^a	92,16 aA	71,28 aB	85,11 aA	38,26 aA	16,34 aB	19,73 aB
5 ^a	91,50 aA	73,58 aA	82,05 aA	49,11 aA	25,23 aB	28,08 aB
Sobrevivência (%)						
1 ^a	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA	1,33 aA	1,28 aA	1,31 aA
2 ^a	91,66 aA	83,33 aA	91,66 aA	1,25 aA	1,44 aA	1,34 aA
3 ^a	91,66 aA	83,33 aA	91,66 aA	1,37 aA	1,31 aA	1,38 aA
4 ^a	41,66 bB	83,33 aA	75,00 bA	1,11 aA	0,93 aA	1,09 aA
5 ^a	41,66 bB	83,33 aA	58,33 bB	1,52 aA	1,08 aA	1,28 aA
Massa fresca de folhas (g m⁻²)						
1 ^a	684,46 aA	464,81 aB	441,66 aB	1,79 aA	1,21 aB	1,12 aB
2 ^a	765,55 aA	593,51 aA	610,40 aA	1,81 aA	1,52 aA	1,66 aA
3 ^a	674,44 aA	346,29 bB	464,55 aB	1,78 aA	0,84 aB	1,27 aB
4 ^a	546,66 aA	153,70 bB	238,88 bB	1,45 aA	0,32 aB	0,54 aB
5 ^a	573,33 aA	250,92 bB	266,66 bB	1,72 aA	0,54 aB	0,69 aB
Massa seca de folhas (g m⁻²)						
1 ^a	136,44 aA	94,76 aB	86,64 aB			
2 ^a	143,33 aA	106,94 aA	122,28 aA			
3 ^a	120,75 aA	65,26 bB	89,35 aB			
4 ^a	121,93 aA	34,93 bB	55,56 aB			
5 ^a	108,88 aA	51,76 bB	53,59 aB			
Massa fresca de caule (g m⁻²)						
1 ^a				43,19 aA	32,14 aA	27,60 aA
2 ^a				41,10 aA	29,20 aA	31,52 aA
3 ^a				47,91 aA	24,29 aB	32,49 aB
4 ^a				38,26 aA	16,34 aB	19,73 aB
5 ^a				49,11 aA	25,23 aB	28,08 aB
Massa seca de caule (g m⁻²)						
1 ^a				43,19 aA	32,14 aA	27,60 aA
2 ^a				41,10 aA	29,20 aA	31,52 aA
3 ^a				47,91 aA	24,29 aB	32,49 aB
4 ^a				38,26 aA	16,34 aB	19,73 aB
5 ^a				49,11 aA	25,23 aB	28,08 aB
Teor de óleo essencial (%)						
1 ^a				1,33 aA	1,28 aA	1,31 aA
2 ^a				1,25 aA	1,44 aA	1,34 aA
3 ^a				1,37 aA	1,31 aA	1,38 aA
4 ^a				1,11 aA	0,93 aA	1,09 aA
5 ^a				1,52 aA	1,08 aA	1,28 aA
Rendimento de óleo essencial (mL m⁻²)						
1 ^a				1,79 aA	1,21 aB	1,12 aB
2 ^a				1,81 aA	1,52 aA	1,66 aA
3 ^a				1,78 aA	0,84 aB	1,27 aB
4 ^a				1,45 aA	0,32 aB	0,54 aB
5 ^a				1,72 aA	0,54 aB	0,69 aB

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (means followed by same letters, uppercase in lines and lowercase in columns do not differ by Scott-Knott test) ($p \leq 0,05$).

massa fresca e seca de folhas e caules, em relação aos espaçamentos 50x50 e 50x60 cm. Contudo, essas variáveis não apresentaram diferenças significativas, entre os cortes, em relação ao espaçamento 50x80 cm (Tabela 1). Esses números demonstram que as plantas de gerânio não resistem aos sucessivos cortes em intervalos pequenos durante um longo período de tempo, levando à

perda de rendimento ao longo do ano mas, mesmo assim, o rendimento total de óleo essencial justifica a utilização do espaçamento de oito semanas (Tabela 4).

Ainda, em relação à colheita em oito semanas, os espaçamentos não diferiram em altura, diâmetro e porcentagem de sobrevivência (Tabela 1). Entretanto, maior produção de biomassa e rendimento de óleo essencial no

primeiro corte foram obtidos para o espaçamento de 50x50 cm em relação aos demais espaçamentos (Tabela 1). Isso é consequência da densidade de plantio, pois não houve variação entre os espaçamentos para as demais colheitas ao longo do experimento. As diferenças entre as colheitas foram influenciadas pelo efeito sazonal, pois as alterações climáticas agem diretamente sobre o

Tabela 3. Altura de planta (cm), diâmetro de parte aérea (cm), sobrevivência (%), massa fresca e seca de folhas e caules e, teor e rendimento de óleo essencial na produção de gerânio (*P. graveolens*), realizando colheitas a cada 16 semanas durante um período de um ano (plant height (cm), canopy diameter (cm), survival (%), fresh and dry weight of leaves and stems, and content and yield of essential oil production of geranium (*P. graveolens*) and harvests carried out every 8 weeks over a period of one year). São Cristóvão, UFS, 2011.

Colheita	Espaçamento (cm)		
	50x50	50x60	50x80
Altura de planta (cm)			
1 ^a	69,31 aA	67,12 aA	56,17 bA
2 ^a	76,75 aA	74,62 aA	73,16 aA
3 ^a	64,75 aB	59,33 aB	83,00 aA
4 ^a	30,16 bA	43,75 aA	52,00 bA
Diâmetro de parte aérea (cm)			
1 ^a	70,96 aA	70,87 aA	66,68 aA
2 ^a	95,53 aA	91,66 aA	101,07 aA
3 ^a	67,36 aB	79,00 aB	105,33 aA
4 ^a	39,66 aB	70,50 aA	84,00 aA
Sobrevivência (%)			
1 ^a	100,00 aA	91,66 aA	91,66 aA
2 ^a	83,33 aA	83,33 aA	83,33 aA
3 ^a	75,00 aA	66,66 aA	50,00 bA
4 ^a	50,00 aA	25,00 bA	41,66 bA
Massa fresca de folhas (g m⁻²)			
1 ^a	730,00 aA	439,81 bB	513,89 aB
2 ^a	674,04 aA	682,14 aA	594,72 aA
3 ^a	256,69 bA	149,28 cA	319,71 bA
4 ^a	260,00 bA	241,67 cA	333,33 bA
Massa seca de folhas (g m⁻²)			
1 ^a	145,79 aA	87,59 bB	99,23 aB
2 ^a	131,25 aA	133,88 aA	119,12 aA
3 ^a	56,02 bA	50,90 cA	67,83 bA
4 ^a	50,45 bA	29,74 cA	69,69 bA
Massa fresca de caule (g m⁻²)			
1 ^a	325,00 aA	204,63 bA	220,48 bA
2 ^a	317,33 aA	379,52 aA	351,88 aA
3 ^a	206,04 bA	121,27 bA	164,29 bA
4 ^a	73,33 bA	83,33 bA	122,91 bA
Massa seca de caule (g m⁻²)			
1 ^a	50,38 aA	33,96 bA	35,40 aA
2 ^a	50,23 aA	60,53 aA	61,54 aA
3 ^a	47,74 aA	25,92 bA	37,99 aA
4 ^a	13,42 bA	19,73 bA	30,30 aA
Teor de óleo essencial (%)			
1 ^a	1,33 aA	1,28 aA	1,31 aA
2 ^a	1,36 aA	1,33 aA	1,32 aA
3 ^a	0,97 aB	0,99 aB	1,58 aA
4 ^a	1,34 aA	0,99 aA	1,17 aA
Rendimento de óleo essencial (mL m⁻²)			
1 ^a	1,90 aA	1,90 aA	1,29 aB
2 ^a	1,79 aA	1,79 aA	1,61 aA
3 ^a	0,58 bA	0,76 bA	1,03 aA
4 ^a	0,76 bA	0,58 bA	0,80 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (means followed by same letters, uppercase in lines and lowercase in columns do not differ by Scott-Knott test) ($p \leq 0,05$).

metabolismo da planta. Esses resultados são concordantes com alguns estudos que mostraram que espaçamentos menores entre linhas são mais rentáveis para o cultivo de gerânio (Rao, 2002; Ram *et al.*, 2003; Bhan *et al.*, 2006; Eiasu *et al.*, 2009), embora ocorra ampla variação na adoção do espaçamento de plantio mais adequado ao cultivo do gerânio (60x30, 60x45, 50x50 e 75x45 cm).

A colheita feita com 12 semanas apresentou diferenças apenas para diâmetro, sobrevivência, massa fresca e seca (folhas e caule) e rendimento de óleo essencial (Tabela 2). Com esse maior tempo entre as colheitas, houve um crescimento uniforme e, assim, não houve efeito sobre a altura das plantas.

O diâmetro de parte aérea para 50x60 cm foi inferior aos demais espaçamentos nas seis primeiras colheitas (Tabela 2), mas proporcionou menor variação da taxa de sobrevivência (de 100% para 83,3%). Ao contrário disso, nos espaçamentos 50x50 e 50x80 cm foram identificados altos índices de mortalidade de plantas nas duas últimas colheitas (4^o e 5^o). Esses resultados podem ser devido à maior competição por luz e nutrientes e, podem ter proporcionado a maior mortalidade de plantas. Para o espaçamento 50x80 cm, isso pode ter sido agravado com a maior quantidade de plantas daninhas devido a esse maior espaçamento.

O espaçamento 50x50 cm proporcionou maior rendimento de biomassa (massa fresca e seca de folhas e de caule) e de óleo essencial para o gerânio colhido em intervalo de 12 semanas em todas as colheitas, exceto na segunda (Tabela 2). Isso sugere que o adensamento das plantas no menor espaçamento promoveu menor desenvolvimento de plantas daninhas. Aliado a isso, o maior intervalo de tempo entre os cortes propiciou maior desenvolvimento vegetativo e, conseqüente, maior rendimento de biomassa e óleo essencial, concordando com os resultados de Rao (2002).

Quanto à colheita feita com 16 semanas, houve diferença significativa para todas as variáveis analisadas. Houve efeito dos espaçamentos apenas na terceira colheita, sendo superior o de 50x80 cm (Tabela 3). Entre as colheitas, o espaçamento 50x50 cm proporcionou 50% da altura que as demais colheitas.

Tabela 4. Total de massa fresca e seca de folhas e de caules (g m^{-2}) e rendimento de óleo essencial em função do intervalo de colheita e espaçamento na produção de gerânio (*P. graveolens*) durante o período de um ano (total fresh and dry weight of leaves and stems (g m^{-2}) and essential oil yield depending on the moment of harvest and spacing in the production of geranium (*P. graveolens*) during the period of one year). São Cristóvão, UFS, 2011.

Intervalo de colheita	Espaçamento (cm)		
	50x50	50x60	50x80
Massa fresca de folhas (g m^{-2})			
08 semanas	2679,04 aA	2871,13 aA	1834,06 aA
12 semanas	1921,93 bA	1809,26 bA	1432,34 aA
16 semanas	1806,71 bA	2022,18 bA	1761,65 aA
Massa seca de folhas (g m^{-2})			
08 semanas	424,62 aA	400,54 aA	277,04 aA
12 semanas	310,25 bA	266,96 bA	221,47 aA
16 semanas	279,09 bA	298,27 bA	218,35 aA
Massa fresca de caule (g m^{-2})			
08 semanas	1035,08 aA	1165,60 aA	897,26 aA
12 semanas	701,91 bA	746,29 bA	760,99 aA
16 semanas	662,06 bA	805,49 bA	859,58 aA
Massa seca de caule (g m^{-2})			
08 semanas	136,85 aA	132,21 aA	100,61 aA
12 semanas	91,73 bA	85,64 bA	94,50 aA
16 semanas	80,75 bA	91,62 aA	96,94 aA
Rendimento de óleo essencial (mL m^{-2})			
08 semanas	7,56 aA	7,49 aA	4,79 aA
12 semanas	4,74 bA	4,46 bA	3,43 aA
16 semanas	4,81 bA	5,30 bA	4,73 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (means followed by same letters, uppercase in lines and lowercase in columns do not differ by Scott-Knott test) ($p \leq 0,05$).

Com 50x80 cm maiores alturas foram obtidas na segunda (73,16 cm) e terceira (83,00 cm) colheitas (Tabela 3).

O diâmetro das plantas foi diferente apenas entre os espaçamentos nas duas últimas colheitas, sendo 50x80 cm superior (105,33 cm) na terceira e 50x50 cm inferior (39,66 cm) na quarta colheita (Tabela 3). O maior tempo para desenvolvimento das plantas, associado ao maior espaçamento entre linhas foi determinante para os ganhos em altura na colheita efetuada com 16 semanas.

A sobrevivência das plantas variou apenas entre as colheitas, sendo que a última colheita foi significativamente inferior (25,0%) para 50x60 cm e a terceira e quarta colheitas foram inferiores (50,0% e 41,7%, respectivamente) para o espaçamento de 50x80 cm. As plantas podem ter sido afetadas pelo maior

número de daninhas devido ao maior espaçamento entre as fileiras.

Para massa fresca e seca de folhas e caule os maiores valores foram obtidos na segunda colheita, sendo superior nos três espaçamentos. Na primeira colheita, o espaçamento de 50x50 cm obteve maior média. A massa seca de caule diferiu apenas entre as colheitas para 50x50 e 50x60 cm, sendo as menores média (13,42 g m^{-2} e 60,53 g m^{-2}) obtidas na última e segunda colheita, respectivamente.

O teor de óleo essencial diferiu apenas entre os espaçamentos na terceira colheita. Quanto ao rendimento de óleo essencial, foram observadas diferenças nos intervalos de colheita, onde maior valor foi obtido nas duas primeiras colheitas com 50x50 e 50x60 cm (Tabela 3).

O gerânio (*P. graveolens*) demonstra potencial de rebrota dependente da estação ou período do ano em que se encontra, pois as condições climáticas do local de plantio e o estágio de desenvolvimento da planta interferem fortemente na produção de biomassa e óleo essencial. Fato evidenciado por estudo realizado em Rwanda, onde a realização de colheitas em períodos diferentes do dia resultou em significativa alteração na qualidade e no rendimento do óleo essencial de gerânio (Malatova *et al.*, 2011).

Os resultados acima diferem do observado por May *et al.* (2008) que, estudando a influência do intervalo de cortes na produção de biomassa de duas espécies de capim limão (*Cymbopogon citratus* e *Cymbopogon flexuosus*), verificaram que, quanto maior o intervalo de tempo entre cortes, maior a produção de massa seca acumulada. Ou seja, quanto mais intenso é o intervalo de corte (intervalos entre cortes menores), menor o crescimento da planta, em razão do menor período de rebrota imposto.

Embora tenha havido muitas diferenças significativas em observação aos resultados individuais referentes a cada tempo de corte, os valores totais resumem o efeito geral dos tratamentos sobre o desenvolvimento do gerânio nas condições estabelecidas. O rendimento total de biomassa (massa fresca e seca de folhas e caules) e de óleo essencial de gerânio foi maior para as avaliações realizadas com o intervalo de corte de oito semanas, quando relacionado aos espaçamentos de 50x50 e 50x60 cm. Contudo, não houve diferenças significativas entre os intervalos de corte em relação ao espaçamento de 50x80 cm, nem entre os espaçamentos avaliados (Tabela 4).

Não foram evidenciadas diferenças significativas entre os espaçamentos testados quanto à produção de biomassa e óleo essencial; contudo, quanto aos intervalos de colheita, médias superiores foram registradas para o material colhido em intervalos de oito semanas. Assim, o menor espaçamento (50x50 cm) e o menor intervalo de colheita (oito semanas) para a produção de biomassa e óleo essencial de gerânio proporcionaram melhores resultados nas condições

do presente experimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPITEC/SE pelo financiamento da pesquisa, à CAPES pela bolsa de mestrado do segundo autor e ao CNPq, pelas bolsas de produtividade do primeiro e terceiro autores e pela bolsa de iniciação científica do quarto autor.

REFERÊNCIAS

- BADI HN; YAZDANI D; ALI SM; NAZARI F. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products* 19: 231-236.
- BAHN MK; DHAR AK; CHOUDHARY DK; REKHA K; BALYAN SS; KHAN S; AGARWAL SG; SHAWLAS. 2006. Geranium (*Pelargonium* sp. 'hybrid') essential oil in subtropical and temperate regions of Jammu and Kashmir. *Flavour Fragrance Journal* 21: 527-530.
- BERGO CL, MENDONÇA HA, SILVA MR. 2005. Efeito da época e frequência de corte de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) no rendimento de óleo essencial. *Acta Amazonica* 35: 111-117.
- EIASU BK; STEYN JM; SOUNDY P. 2009. Rose-scented geranium (*Pelargonium capitatum* x *P. radens*) growth and essential oil yield response to different soil water depletion regimes. *Agricultural Water Manager* 96: 991-1000.
- GOMES PB; MATA VG; RODRIGUES AE. 2004. Characterization of Portuguese-grown geranium oil (*Pelargonium* sp.). *Journal of Essential Oil Research* 16: 490-495.
- GUENTHER E. 1972. *The Essential Oils* 3: Individual essential oils of the plant families Rutaceae and Labiatae. Malabar: Krieger Publishing Company, 312 p.
- KAUL PN; RAJESWARA RAO BR; BHATTACHARYA AK; MALLAVARAPU GR; RAMESH S. 1997. Changes in the chemical composition of rose-scented geranium 13 (*Pelargonium* sp) oil during storage. *Journal of Essential Oil Research* 9: 115-117.
- KOTHARI SK; SINGH CP; SINGH K. 2002. Weed control in rose-scented geranium (*Pelargonium* spp). *Pest Manager Science* 58: 1254-1258.
- LIS-BALCHIN M. 2002. History of nomenclature, usage and cultivation of *Geranium* and *Pelargonium* species. In: LIS-BALCHIN M. *Geranium and Pelargonium: the genera Geranium and Pelargonium*. New York: Taylor & Francis, p. 5-10..
- MALATOVA K; HITIMANA N; NIHYIBIZI T; SIMON J; JULIANI HR. 2011. Optimization of harvest regime and post-harvest handling in geranium production to maximize essential oil yield in Rwanda. *Industrial Crops and Products*. doi: 10.1016/j.indcrop.2010.12.018.
- MAYA; BOVI OA; MAIA NB; MORAES ARA; PINHEIRO MQ; MARIO M. 2008. Influência do intervalo entre cortes sobre a produção de biomassa de duas espécies de capim limão. *Horticultura Brasileira* 26: 379-382.
- MIGHRI H; AKROUT A; CASANOVA J; TOMI F; NEFFATI M. 2009. Impact of season and harvest frequency on biomass and essential oil yields of *Artemisia Herba-Alba* cultivated in southern Tunisia. *Explication Agricultural* 45: 499-508.
- MISSAOUI AM; FASOULA VA; BOUTON JH. 2005. The effect of low plant density on response to selection for biomass production in switchgrass. *Euphytica* 142: 1-12.
- PETERSON A; MACHMUDAH S; ROY BC; GOTO M; SASAKI M; HIROSE T. 2006. Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical carbon dioxide. *Journal of Chemical Technology Biotechnology* 81: 167-172.
- PURQUERIO LFV; DEMANT LAR; GOTO R; VILLAS BOAS RL. 2007. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. *Horticultura Brasileira* 25: 464-470.
- RAM M; RAM D; ROY SK. 2003. Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*). *Bioresource Technology* 87: 273-278.
- RAM M; SINGH R; NAQVI AA; KUMAR S. 1997. Effect of planting time on the yield and quality of essential oil in geranium *Pelargonium graveolens*. *Journal of Horticultural Science* 72: 807-810.
- RANA VN; JUYAL JP; BLAZQUEZ MA. 2003. Chemical constituents of essential oil of *Pelargonium graveolens* leaves. *International Journal of Aromatical Plants*. 12: 216-218.
- RAO BRR. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with coriander (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinv. ex Holmes). *Industrial Crops and Products*. 16: 133-144.
- SAXENA G; BANERJEE S; RAHMAN L.; MALLAVARAPU GR; SHARMAS; KUMAR S. 2000. An efficient *in vitro* procedure for micropropagation and generation of somaclones of rose scented *Pelargonium*. *Plant Science*. 155: 133-140.