

Avaliação do desenvolvimento e da produção de flavonoides de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (Crassulaceae) em diferentes condições de luz e nutrição

Evaluation of *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (Crassulaceae) flavonoids development and production under different light and nutrition conditions

DOI 10.5935/2446-4775.20160029

¹PINHEIRO, Hiago S.; ¹GIACOMIN, Leandro L.; ¹REIS, Iolanda M. S.; ²BARATTO, Leopoldo C.*

¹Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA. Brasil.

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Farmácia, Rio de Janeiro, RJ. Brasil

*Correspondências: leopoldo.ufrj@gmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo analisar a influência dos fatores ambientais luz e nutrientes na composição química e crescimento de mudas de *Kalanchoe pinnata* através de parâmetros como número de folhas, comprimento, rendimento de biomassa e área foliar. As plantas foram cultivadas em delineamento experimental em blocos ao acaso com fatorial 4X2, com quatro repetições, sendo quatro tipos de substratos (cama de aviário-CA, esterco bovino-EB, cloreto de potássio-K (como fonte de potássio) e terra preta de índio-TPI) e dois tipos de iluminação (sombrite 50% e completa exposição à luz solar). As plantas cultivadas à sombra desenvolveu-se melhor que aquelas expostas à luz solar. Dentre os tipos de substratos, as misturas que continham TPI + adubos orgânicos CA e EB propiciaram maior crescimento e contribuíram com maior rendimento de biomassa. As plantas cultivadas sob luz solar direta apresentaram os maiores teores de flavonoides totais expressos, como rutina, que as plantas cultivadas à sombra, demonstrando a importância da radiação UV na biossíntese dos flavonoides.

Palavras-chave: *Kalanchoe pinnata*. Terra preta de índio. Cama de aviário. Esterco bovino. Biomassa. Rutina.

Abstract

This study aimed to analyze the influence of light and nutrient availability on the chemical composition and growth of *Kalanchoe pinnata* sprouts by parameters such as number of leaves, total length, and biomass yield and leaf area. The plants were grown in experimental design of randomized blocks with factorial 4x2 with four replications, with four types of substrates [poultry litter-CA, manure-EB, potassium chloride-K (as potassium source) and charcoal-TPI] and two types of lighting (shade 50% and sunlight). Plants grown in

shade developed better than those exposed to sunlight. Among the types of substrates, mixtures containing TPI + organic fertilizers CA and EB showed higher growth and contributed to higher biomass yield. Plants grown in direct sunlight showed the highest total flavonoid content expressed as rutin than plants grown in shade, demonstrating the importance of UV radiation in the biosynthesis of flavonoids.

Keywords: *Kalanchoe pinnata*. Charcoal. Poultry litter. Manure. Biomass. Rutin.

Introdução

O uso de plantas medicinais, nutracêuticos à base de plantas e fitoterápicos tem crescido continuamente ao longo dos anos no mundo inteiro (EKOR, 2014). No início dos anos 2000, o mercado de fitoterápicos era pouco expressivo na América do Sul, movimentando US\$ 0,6 bilhões, quando comparado à Europa (US\$ 6,9 bilhões) e América do Norte (US\$ 3,9 bilhões) (FUNARI e FERRO, 2005). No Brasil, o mercado de fitoterápicos gera anualmente em média US\$ 400 milhões e as vendas aumentaram em 12% ao ano, enquanto os fármacos sintéticos cresceram 5% ao ano (ARAÚJO et al., 2013).

Com o aumento na demanda de plantas medicinais pela indústria de fitoterápicos, o cultivo torna-se uma alternativa cada vez mais importante na agricultura nacional (CORRÊA JÚNIOR, MING e SCHEFFER, 1994). Desta forma, o cultivo torna-se uma prática que deve ser otimizada para cada tipo de planta medicinal, com vistas à obtenção de biomassa e metabólitos secundários de interesse (VILELA e RAVETTA, 2000). A transformação de plantas em medicamentos fitoterápicos esbarra na dificuldade de obtenção de matéria-prima de qualidade e na quantidade necessária para a fabricação.

Estudos que forneçam informações para melhorar as práticas de cultivo de espécies medicinais são cada vez mais necessários. Os principais fatores ambientais que influenciam no crescimento das plantas são: a luz, os nutrientes minerais e a temperatura (VILELA e RAVETTA, 2000). Dentre os fatores abióticos que afetam a fisiologia e a morfologia dos vegetais, a luz tem sido apontada como um dos mais importantes no crescimento das plantas e na influência direta da biossíntese dos metabólitos secundários, assim como a composição do solo onde são cultivadas (GOBBO-NETO e LOPES, 2007; CARON et al., 2014). O fotoperíodo e o comprimento dos dias, com maior incidência de energia luminosa; a qualidade da luz, que depende da angulação do sol, determinada pela latitude e a hora do dia; e a incidência de raios UV são fatores que também influenciam diretamente a biossíntese de metabólitos secundários, sobretudo fenólicos. A temperatura é outro fator importante: plantas de clima frio exibem uma elevada taxa fotossintética, enquanto espécies de clima quente dispõem de alta quantidade de carbono fixo para a síntese dos metabólitos secundários (JAAKOLA e HOHTOLA, 2010). Com relação ao solo, sabe-se que em terrenos pobres em nutrientes, há maior produção de metabólitos secundários, particularmente derivados fenólicos, paralelamente à menor taxa de crescimento. O estresse nutricional usualmente resulta em aumento nas concentrações de metabólitos secundários, tanto que deficiências em nitrogênio, fósforo, enxofre e potássio geralmente resultam em maiores concentrações de substâncias fenólicas, como ácidos fenólicos simples e taninos hidrolisáveis e condensados (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

A inserção de fitoterápicos no Sistema Único de Saúde (SUS) brasileiro já é uma realidade e conta com 12 medicamentos que são dispensados aos pacientes, incluídos na Relação Nacional de Medicamentos

Essenciais (RENAME) (BRASIL, 2015). A Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (Renisus), que tem a finalidade de orientar pesquisas e estudos na área de plantas medicinais, lista 71 espécies vegetais que devem ter prioridade de estudos científicos. Uma dessas espécies é *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (Crassulaceae) (BRASIL, 2016).

Kalanchoe pinnata é popularmente utilizada para o tratamento de doenças inflamatórias, úlceras gástricas, queimaduras, diarreia, vômito, picadas de insetos, dores no corpo e como agente antifúngico e antibacteriano (ALMEIDA et al., 2000; KAMBOJ e SALUJA, 2009; OKWU e JOSIAH, 2006). A espécie é popularmente conhecida como folha-da-fortuna, coirama, courama, courama-vermelha ou saião roxo. É uma planta herbácea ou sublenhosa, pouco ramificada, que atinge de 1,0 a 1,5 metros de altura, especialmente durante a floração. Suas folhas são opostas, suculentas, ovaladas e de margem crenada com 10 a 20 cm de comprimento. Suas flores podem medir até 5 cm de comprimento, são violáceas, pendentes, dispostas em inflorescências robustas. Os frutos são membranáceos e as sementes elipsoides (KAMBOJ e SALUJA, 2009; LORENZI e MATOS, 2008).

Uma gama de compostos fenólicos é encontrada em *K. pinnata*, entre eles ácido fenólicos, flavonoides e taninos, e também cardenolídeos, bufadienolídeos e esteroides (OKWU e JOSIAH, 2006; KAMBOJ e SALUJA, 2009). A ação leishmanicida dos extratos da planta é atribuída aos flavonoides quercitrina, kapinatosídeo (kaempferol 3-O- α -L-arabinopiranosil (1 \rightarrow 2) α -L-ramnopiranosídeo), 4',5-di-hidroxi-3',8-dimetoxiflavona 7-O- β -D-glucopiranosídeo e quercetina 3-O- α -L-arabinopiranosil (1 \rightarrow 2) α -L-ramnopiranosídeo. Este último flavonoide, devido a sua ocorrência restrita e sua abundância em *K. pinnata*, pode ser considerado um marcador químico para esta espécie com elevado potencial terapêutico (MUZITANO et al., 2006). Bufadienolídeos com atividade inibitória do vírus Epstein-Barr – briofilina A, briofilina C e bersaldegenin-3-acetato – foram isolados a partir do extrato metanólico das folhas. Tais substâncias representam potentes agentes quimiopreventivos do câncer (SUPRATMAN et al., 2001). Além do mais, briofilina A e C possuem ação inseticida (SUPRATMAN et al., 2000).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a influência dos fatores ambientais luz e nutrientes na composição química e no crescimento e desenvolvimento de *K. pinnata* através dos seguintes parâmetros: número de folhas, comprimento, rendimento de biomassa, teor de umidade e área foliar, e teor de flavonoides.

Materiais e Métodos

Os experimentos foram realizados no Campus da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), na cidade de Santarém, durante os meses de maio a outubro de 2015. As mudas de *K. pinnata* foram coletadas de espécimes adultos cultivados na área urbana da cidade, nos bairros Maracanã e Conquista. Um material testemunho de um exemplar representativo da espécie foi depositado no Herbário HSTM da UFOPA em forma de exsicata, sob o número de tombo 000602 (acrônimo segundo THIERS, 2016).

Foram utilizados adubos orgânicos e mineral para preparo dos substratos, sendo estes: esterco bovino (EB), cama de aviário (CA), cloreto de potássio – como fonte de potássio inorgânico (K) e terra preta de índio (TPI). Para o preparo dos tratamentos, TPI foi misturada com os adubos nas seguintes concentrações: 0,16 g.L⁻¹ de CA a base seca; 0,2 g.L⁻¹ de EB a base seca e 0,187 g.L⁻¹ de K, estas proporções seguiram orientações de Embrapa (2007), porém não sendo específicas para *K. pinnata*.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com fatorial 4x2 e 4 repetições, totalizando 32 parcelas experimentais. As mudas foram submetidas aos tratamentos: quatro tipos de substratos (EB+TPI, CA+TPI, K+TPI e TPI-tratamento controle) e dois tipos de iluminação, sendo um com auxílio de sombreamento com uma tela de cobertura (sombrite 50%) (Sombra) e outro diretamente a exposição solar (Luz). As características químicas do substrato utilizado em cada tratamento foram determinadas de acordo com método da Embrapa (2011), por meio da quantificação do pH e macro e micronutrientes, conforme a (TABELA 1).

TABELA 1. Composição química dos substratos utilizados para o cultivo de *Kalanchoe pinnata*.

Amostra Identificação	pH água	P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al
		mg/dm ³			cmol _c /dm ³		
EB (sombrite 50%)	5,2	40	39	57	1,9	3,7	1,1
EB (luz)	5,4	52	39	53	2,1	3,8	1,0
K (sombrite 50%)	4,7	9	31	24	0,3	0,6	2,4
K (luz)	4,4	10	55	30	0,3	0,7	2,6
CA (sombrite 50%)	6,0	1146	47	43	7,1	11,8	0,1
CA (luz)	6,1	1001	213	89	7,7	13,3	0,1
TPI (sombrite 50%)	4,7	8	27	26	0,3	0,6	2,5
TPI (luz)	4,4	8	35	39	0,3	0,6	2,6

As mudas permaneceram sob as condições de cada tratamento no período de 90 dias, sendo que mensalmente era verificado o comprimento acima do solo de cada planta com auxílio de fita métrica para ter o controle do seu desenvolvimento. A irrigação foi realizada diariamente durante todo o experimento, com exceção dos dias chuvosos, mantendo-se a capacidade de campo, previamente determinada na instalação do experimento.

Após 90 dias as plantas foram retiradas do campo e analisadas. O número de folhas totais foi quantificado em todas as parcelas, verificando-se o diâmetro do caule das plantas com um paquímetro digital à altura de 10 cm acima do solo.

Para a determinação da área foliar foi utilizado método gravimétrico, relacionando a massa de um quadrado de papel com área de 100 cm² com a massa do desenho do contorno da folha no mesmo tipo de papel. As folhas foram escolhidas aleatoriamente de cada planta, da altura mediana do caule. A área foliar foi determinada pela equação: $AF = (M \cdot Af) / m$, em que AF= área foliar, cm²; M= massa do desenho do contorno da folha, g; Af= área do quadrado de papel, cm²; e m= massa do quadrado de papel, g.

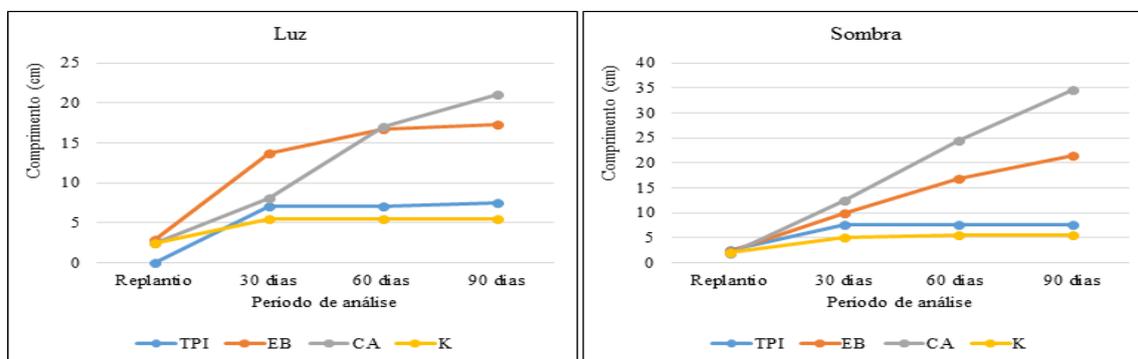
As massas fresca e seca foram determinadas através da pesagem das partes aéreas das plantas de cada tratamento. Primeiramente, folhas e caules foram picados e pesados para obter a massa fresca; em seguida o material foi colocado dentro de sacos de papel e levado à secagem em estufa com temperatura controlada em 45°C, durante 21 dias, para obter a massa seca. A partir desses dados foi calculado o teor de umidade das plantas.

Para preparo dos extratos, 200 mg de folhas secas foram moídas e maceradas em 20 mL de etanol (EtOH 80%) durante 5 dias, filtradas e evaporadas à secura. Os extratos etanólicos foram analisados por cromatografia em camada delgada (CCD), aplicados em concentração padronizada sobre placas de sílica gel 60 F₂₅₄, utilizando-se fases móveis com diferentes graus de polaridade e comparação com padrão de flavonoides (quercetina e rutina). As placas cromatográficas foram reveladas com solução NP 1%. Para o doseamento de flavonoides totais, expressos como rutina, os extratos foram transferidos para balões volumétricos de 100 mL e o volume completado com metanol. Alíquotas de 1 mL foram transferidas para balões volumétricos de 25 mL, contendo 1 mL de solução de cloreto de alumínio a 2% (p/V) em metanol. O volume final foi ajustado com metanol. Como branco, 1 mL da solução aquosa de cloreto de alumínio diluído com metanol em balão de 25 mL foi utilizado. Após 30 min de repouso ao abrigo da luz procederam-se as leituras de absorvância em comprimento de onda de 425 nm num espectrofotômetro. O teor de flavonoides totais foi calculado com base na equação da reta obtida e os resultados expressos em µg/mL de rutina. Para tanto, foi preparada uma curva de calibração de rutina nas concentrações de 2, 4, 6, 8, 10 e 12 µg/mL e leitura da absorvância a 425 nm. Os resultados foram obtidos em duplicata (HUBINGER, 2009)

Resultados e Discussão

As plantas, submetidas ao tratamento em sombra, desenvolveram-se nitidamente melhor que as plantas em tratamento com exposição à luz solar direta. Com relação à nutrição, as plantas cultivadas com tratamento CA, e numa escala inferior EB, apresentaram desenvolvimento superior aos tratamentos TPI e K. As plantas cultivadas com tratamentos TPI e K não apresentaram diferenças significativas em seu desenvolvimento entre si, sendo que, à sombra, apresentaram levemente um melhor crescimento em relação à luz. Mudanças cultivadas em luz solar direta com os substratos K, EB e CA apresentaram um crescimento de 73,3, 230 e 280%, respectivamente, enquanto as plantas cultivadas sob sombrite 50% desenvolveram-se em torno de 73,3, 284,9 e 460% quando cultivadas nos substratos K, EB e CA, respectivamente. Esses resultados em porcentagem estão relacionados às mudas cultivadas em TPI, consideradas controle do experimento com crescimento 100%. Em termos de crescimento, o tratamento CA à sombra mostrou-se o mais efetivo, uma vez que as plantas cresceram 4,60 vezes mais que o controle TPI no mesmo tipo de iluminação (**FIGURA 1**).

FIGURA 1. Altura média das plantas (*K. pinnata*) conforme a iluminação (luz e sombrite 50%) durante o período do experimento.



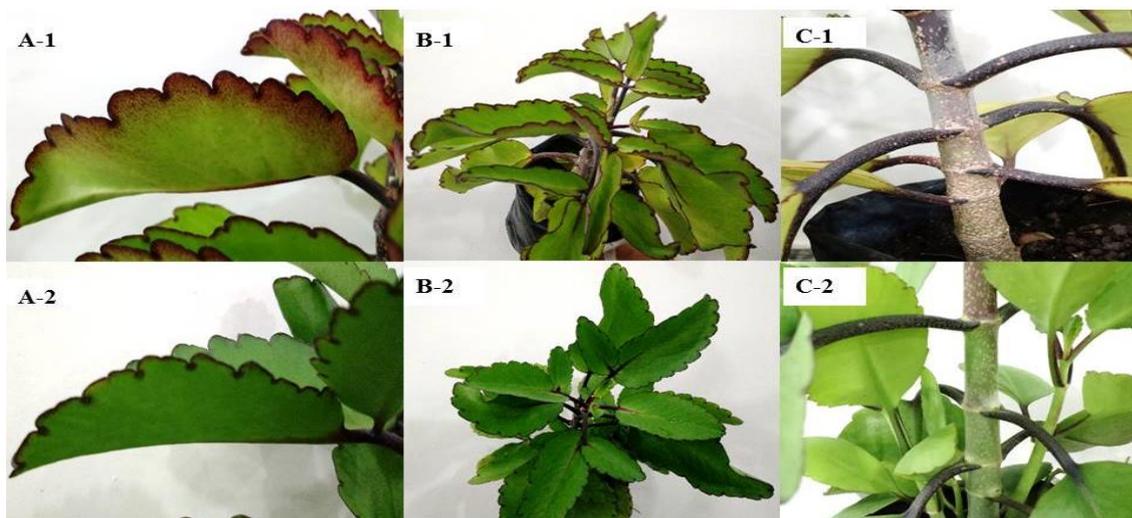
O desenvolvimento da *K. pinnata* pode ser atribuído às características químicas de cada tratamento (**TABELA 1**), no caso do substrato contendo CA, garantiu rendimento superior em diversas variáveis

avaliadas, seguido do EB. Vale ressaltar que, estas misturas de adubos orgânicos, apresentaram baixa acidez, elevada disponibilidade de P, além de uma boa quantidade de bases trocáveis em detrimento dos demais substratos avaliados. Morais e Barbosa (2012), ao avaliarem o desenvolvimento de “atroveran” (*Ocimum selloi* Benth., Lamiaceae) a partir de experimento com adubos verdes e compostos orgânicos, constataram que a cama de aviário possibilitou maior rendimento de fitomassa. Isto pode ser atribuído a composição química destes compostos.

A adubação orgânica, como, por exemplo, esterco bovino e cama de aviário, além de fornecer nutrientes para as plantas, melhora as condições físicas do solo, aumenta a retenção de água, reduz as perdas por erosão, favorece o aumento da capacidade de troca catiônica, elevando o pH e, desta forma, reduz o alumínio trocável, aumentando a disponibilidade de nutrientes, porém tem como desvantagem o alto custo (FREIRE, 2004). Experimentos prévios relatam algumas vantagens da adubação com cama de aviário, como alta concentração de macronutrientes, aumento no carbono total e teor de matéria orgânica do solo (YADVINDER-SINGH et al., 2009), maior capacidade de retenção e infiltração de água do solo, aumento do pH do solo, melhorias na qualidade física, química e biológica dos solos (MCGRATH et al., 2009).

Sob o aspecto da morfologia das plantas, as mudas submetidas à sombra apresentaram-se mais viçosas, de folhas com coloração verde-escura, levemente dobrada e com suas bordas serrilhadas. Diferentemente, as mudas submetidas à luz apresentaram folhas de coloração verde-amareladas, mais serrilhadas, com bordas avermelhadas, e nitidamente mais fechadas (enroladas em direção à face adaxial) que as plantas de sombra, provavelmente é uma adaptação em resposta à exposição solar direta; seus caules apresentaram manchas esbranquiçadas e coloração castanho-avermelhada, e todas as plantas apresentaram folhas senescentes, com exceção do tratamento CA (**FIGURA 2**).

FIGURA 2. (A) Bordas e coloração das folhas, (B) Fechamento das folhas, (C) Característica do caule. (1) Luz. (2) Sombra.



Segundo Cruz e colaboradores (2012), a coloração avermelhada das margens foliares e do caule representa acúmulo de antocianinas, pigmento da classe dos flavonoides que conferem coloração avermelhada, azulada ou alaranjada às estruturas vegetais. Os autores verificaram elevado teor de antocianinas em *K. pinnata* e *K. brasiliensis* cultivadas em luz solar total (100%). Em nível microscópico são observadas estruturas secretoras encontradas nos caules, pecíolos e lâminas foliares, que são idioblastos contendo antocianinas. O acúmulo periférico desses pigmentos nas plantas expostas a luz solar direta

justifica-se devido ao seu efeito fotoprotetor, tanto que a biossíntese de antocianinas requer alta intensidade luminosa. Há uma correlação positiva bem estabelecida entre a intensidade luminosa e a produção de substâncias fenólicas, uma vez que essas substâncias, entre elas as antocianinas, possuem elevada capacidade de absorver luz, protegendo a planta contra os danos induzidos pela radiação UV.

Da mesma forma que neste estudo, Nascimento e colaboradores (2015b) notaram que mudas de *K. pinnata* após tratamento com radiação UV-B as folhas apresentaram-se em involução (torcidas em direção à face adaxial), principalmente nos primeiros nós. A involução da lâmina foliar pode reduzir a área foliar exposta à radiação UV-B solar. As auxinas parecem ter papel fundamental neste processo, uma vez que essa classe de hormônios induz mudanças morfológicas comuns em resposta à radiação UV-B em plantas.

Embora o estudo tenha sido conduzido com delineamento experimental, não foi possível realizar análises estatísticas dos resultados, devido às perdas de parcelas experimentais, o que inviabilizou o teste de médias, assim como a análise descritiva dos dados. Entretanto, numericamente, foi possível observar algumas diferenças expressivas entre os parâmetros avaliados. Plantas cultivadas com o tratamento CA à sombra apresentaram maior rendimento em biomassa, seguido de EB. Além do mais, a área das folhas dos espécimes adubados com CA também foi maior que a dos demais cultivos, nos dois tipos de iluminação. A quantidade de folhas totais e o diâmetro do caule tanto em EB quanto CA foram superiores em relação a TPI e K nas mesmas condições de iluminação. Os parâmetros número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e biomassa no tratamento CA à sombra foram os mais expressivos em relação aos demais tratamentos (TABELA 2).

TABELA 2. Análise do número de folhas totais, diâmetro do caule, área foliar e pesagem da massa fresca e seca das partes aéreas das plantas de cada tratamento.

Tratamentos		Número de folhas (unid.)	Diâmetro do caule (mm)	Área foliar (cm ²)	Biomassa (g)		Teor de umidade (%)
					Fresca	Seca	
Luz	TPI	10	4,37	11,14	4,91	0,91	81,41
	EB	28	10,39	105,12	144,18	18,60	87,10
	CA	27	10,55	109,51	180,77	14,83	91,79
	K	8	4,21	10,51	2,21	0,37	83,06
Sombra	TPI	12	3,45	12,59	6,07	1,07	82,42
	EB	22	9,46	92,80	157,83	11,09	92,97
	CA	35	12,43	122,02	258,29	22,80	91,17
	K	9	2,68	10,01	5,91	1,01	82,82

É interessante observar que não houve diferenças expressivas na área foliar dos espécimes cultivados à luz e à sombra de um mesmo tratamento, com exceção do tratamento CA à sombra. A área foliar é um atributo relacionado com o balanço hídrico e também à taxa de assimilação de carbono (CORNELISSEN et al., 2003). Em condições sob intensa luz solar, áreas foliares menores são entendidas como uma estratégia das plantas para evitar a perda de água por transpiração (JAMES e BELL, 2001). Por outro lado, o aumento da área foliar decorre de ampliação da superfície fotossintetizante na planta visando maximização da absorção luminosa (CARVALHO et. al., 2006). No entanto, a semelhança entre a área das folhas cultivadas à luz e à sombra de um mesmo indivíduo neste experimento, indica que as plantas devem

possuir outros mecanismos eficientes para controlar o balanço hídrico, como por exemplo, o fechamento de suas folhas ou estômatos (BONAL e GUEHL, 2001). Outra possibilidade é que as plantas mantenham a área de suas folhas constantes independentemente do ambiente (VENDRAMI, 2012).

Os resultados mostraram que *K. pinnata* possui um alto percentual de água em sua composição, pelo fato de ser uma planta suculenta. O teor de umidade das plantas cultivadas com adubos orgânicos foi levemente maior. O alto teor de água evidencia a importância da secagem correta do material vegetal para processamento pela indústria de fitoterápicos, uma vez que processos de secagem inadequados podem levar à contaminação por fungos e bactérias o que, além de representar riscos devido à produção de substâncias tóxicas, pode acarretar destruição e/ou alteração dos princípios ativos, tornando-se assim o material vegetal impróprio ao consumo (AMARAL et al., 2003).

A análise dos extratos etanólicos por CCD mostrou diferenças qualitativas entre as plantas de cada tratamento. Pela comparação com padrões de flavonoides, confirmou-se a presença de rutina e ausência de quercetina (FIGURA 3).

FIGURA 3. Cromatografia em camada delgada do extrato etanólico 80% das plantas de cada tratamento com os padrões de flavonoides quercetina (QC) e Rutina (RUT). Fase móvel: acetato de etila/ácido acético glacial/H₂O destilada (10:1,1:2,6). Legenda: TPI= terra preta de índio; K= cloreto de potássio; EB=esterco bovino; CA= cama de aviário; L= luz solar direta; S= sombrite 50%.



O doseamento de flavonoides totais dos extratos hidroalcoólicos 80% por UV mostrou que no tratamento EB na presença de luz, as plantas apresentaram o maior teor de rutina (3,68%), seguido de TPI (3,63%), K (2,82%) e CA (2,74%), todos cultivados sob luz solar direta. Já nas plantas cultivadas à sombra, o tratamento com K apresentou maior teor de rutina (2,35%), seguido de TPI (1,92%), EB (1,79%) e CA (1,45%). Portanto, o teor de flavonoides foi maior nas plantas cultivadas à luz em todos os substratos, demonstrando a importância da luminosidade no metabolismo dessas substâncias.

Vários fatores ambientais influenciam a biossíntese de flavonoides nas plantas, como por exemplo, injúrias, secas, baixas temperaturas e excesso de radiação UV (JAAKOLA et al., 2004). Muitas vezes a produção de determinadas substâncias está relacionada a uma condição de estresse e desta forma a adubação pode desfavorecer a produção de princípios ativos (FREIRE, 2004).

A radiação solar é um dos fatores que, via de regra, está relacionada à variação quantitativa. Muitos trabalhos demonstraram que há um aumento quantitativo de flavonoides em órgãos expostos à luz, em comparação com aqueles que estão à sombra. Muzitano e colaboradores (2011) evidenciaram a resposta de flavonoides na planta *K. pinnata* com a mudança da radiação solar. Em seu estudo, o teor de flavonoides aumentou significativamente sob a luz solar, quando comparado com extrato obtido a partir de espécimes de *K. pinnata* recolhidos na mesma estação (outono), mas crescente na sombra.

Entre as várias funções fisiológicas dos flavonoides nas plantas, uma se destaca na proteção contra radiação UV (KOES, QUATTROCCHIO e MOL, 1994). Num experimento realizado com mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L., Ericaceae) foi observado que plantas cultivadas em campo aberto sob exposição solar direta, apresentaram as folhas superiores avermelhadas (ricas em antocianinas), em comparação com as plantas cultivadas à

sombra, um fenômeno compreendido como proteção contra radiação UV-B. Flavonoides e outros compostos fenólicos são substâncias que fortemente absorvem UV e se acumulam principalmente nas células epidérmicas dos tecidos das plantas após indução por UV. Folhas de mirtilo expostas ao sol apresentaram elevada expressão de genes da via biossintética dos flavonoides, como genes das enzimas fenilalanina amônia liase (PAL), chalcona sintase (CHS) e flavona 3-hidroxilase (F3H) (JAAKOLA et al., 2004).

Radiação UV e luz azul são importantes reguladores para a expressão gênica e para o desenvolvimento das plantas, uma vez que induzem a expressão de enzimas como chalcona sintase e fenilalanina amônia liase (PAL), ambas envolvidas no metabolismo de substâncias fenólicas (LONG e JENKINS, 1998). Nascimento e colaboradores (2013) constataram que mudas de *K. pinnata* cultivadas sob tratamento com luz azul suplementar à luz branca produziram maior teor de quercetina 3-O- α -L-arabinopiranosil (1 \rightarrow 2) α -L-ramnopiranosídeo, o flavonoide majoritário, cujos extratos dessas plantas apresentaram elevada atividade antioxidante.

Tratamento de *K. pinnata* com radiação UV-B suplementar à luz branca estimulou a produção de flavonoides, principalmente quercitrina. Os flavonoides atuam como filtros, protegendo os tecidos internos das folhas dos efeitos da radiação, como, por exemplo, a formação de espécies reativas de oxigênio, uma vez que estes compostos fenólicos têm capacidade antioxidante (NASCIMENTO et al., 2015a).

Conclusão

O maior rendimento em biomassa da planta não está necessariamente relacionado ao aumento proporcional da produção de metabólitos secundários, pois as plantas cultivadas com TPI e K, cuja biomassa foi menor que EB e CA, também apresentaram teor expressivo de flavonoides. A biomassa das plantas foi maior quando cultivadas à sombra, porém a luminosidade parece exercer influência direta na biossíntese dos flavonoides. Observou-se que as melhores condições de cultivo para *K. pinnata*, aliando crescimento e produção de flavonoides, foi o tratamento EB sob luz solar direta. Constata-se que a otimização das condições de cultivo de plantas medicinais é extremamente importante na obtenção de matérias-primas de qualidade para a produção de fitoterápicos.

Referências

ALMEIDA, A. P.; SILVA, S. A. G.; SOUZA, M. L. M.; LIMA, L. M. T. R.; ROSSI-BERGMANN, B.; GONÇALVES DE MORAES, V. L.; COSTA, S. S. Isolation and chemical analysis of a fatty acid fraction of *Kalanchoe pinnata* with a potent lymphocyte suppressive activity. Thieme Verlag. *Planta Medica*, v.66, p.134-137, New York. 2000. ISSN 0032-0943. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

AMARAL, F. M. M.; COUTINHO, D. F.; RIBEIRO, M. N. S; OLIVEIRA, M. A. Avaliação da qualidade de drogas vegetais comercializadas em São Luís/Maranhão. SciELO. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.13, p.27-30, Curitiba. 2003. ISSN 0102-695X [[CrossRef](#)]

ARAÚJO, R. F. M.; ROLIM-NETO, P. J.; SOARES-SOBRINHO, J. L.; AMARAL, F. M. M.; NUNES, L.C.C. Phytomedicines: Legislation and market in Brazil. ABF. *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 94, n. 3, p. 331-341, São Paulo. 2013. ISSN 1516-9332. [[Link](#)]

BONAL, D.; J. M. GUEHL. Contrasting patterns of leaf water potential and gas exchange responses to drought in seedlings of tropical rainforest species. Wiley. *Functional Ecology*, v. 15, p. 490- 496, USA. 2001. ISSN 1365-2435 [\[CrossRef\]](#)

BRASIL. Ministério da Saúde. Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (Rennisus). Brasília. [\[Link\]](#). Acesso em: 12 de fev. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. *Relação Nacional de Medicamentos Essenciais: RENAME 2014*, - 9ª ed. rev. e atual. Ministério da Saúde, 230p. Brasília. 2015. [\[Link\]](#). Acesso em: 03 de mar. 2016.

CARON, B. O.; SANTOS, D. R.; SCHMIDT, D.; BASSO, C. J.; BEHLING, A.; ELOY, E. & BAMBERG, R. Biomassa e Acúmulo de Nutrientes em *Ilex Paraguariensis* A. St. Hil. UFSM. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 2, p. 267-276, Santa Maria. 2014. ISSN 1980-5098. [\[CrossRef\]](#)

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D.; LISBOA, S. P.; BARBOSA, L. C. A.; CECON, P. R. Crescimento e metabolismo em artemísia em função do nível de irradiância. Associação Brasileira de Horticultura. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 289-294, Brasília. 2006. ISSN 1806-9991 [\[CrossRef\]](#)

CRUZ, B. P.; CHEDIER, L. M.; PEIXOTO, P. H. P.; FABRI, R. L.; PIMENTA, D. S. Effects of light intensity on the distribution of anthocyanins in *Kalanchoe brasiliensis* Camb. and *Kalanchoe pinnata* (Lamk.) Pers. SciELO. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 84, n. 1, p. 211-217, Rio de Janeiro. 2012. ISSN 0001-3765 [\[CrossRef\]](#)

CORNELISSEN, J. H. C.; S. LAVOREL; E. GARNIER; S. DÍAZ; N. BUCHMANN; D. E. GURVICH; P. B. REICH; H. TER STEEGE; H. D. MORGAN; M. G. A. VAN DER HEIJDEN; J. G. PAUSAS & H. POORTER. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. CSIRO. *Australian Journal of Botany*, v. 51, p. 335-380, Australia. 2003. ISSN 1444-9862. [\[CrossRef\]](#)

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M. C. *Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas*, 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 162 p, 1994.

EKOR, M. The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, v. 4, p. 1-10, USA. 2014. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Amazônia Oriental. *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará*. Belém, 262 p, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Manual de métodos de análises de solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p, 2011.

FREIRE, M. F. I. Plantas medicinais: a importância do saber cultivar. *Revista Científica Eletrônica Agronomia*, n. 5, 2004. ISSN 1677- 0293 [\[Link\]](#)

FUNARI, C. S.; FERRO, V. O. Uso ético da biodiversidade brasileira: necessidade e oportunidade. SciELO. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 15, n. 2, p. 178-182, João Pessoa. 2005. ISSN 1981-528X [\[CrossRef\]](#)

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. SBQ. *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 374-381, São Paulo. 2007. [[Link](#)] [[CrossRef](#)]

HUBINGER, S. Z. *Estudo farmacognóstico e desenvolvimento de fitocosmético de ação antioxidante dos frutos de Dimorphandra mollis Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae)*. Araraquara, SP: Dissertação apresentada no Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, UNESP, 2009. [[Link](#)]

JAAKOLA, L.; MÄÄTTÄ-RIIHINEN, K.; KÄRENLAMPI, S.; HOHTOLA, A. Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves. Springer. *Planta*, v. 218, p. 721-728, USA. 2004. ISSN 1432-2048. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

JAAKOLA, L.; HOHTOLA, A. Effect of latitude on flavonoid biosynthesis in plants. Wiley. *Plant, Cell and Environment*, v. 33, p. 1239-1247, USA. 2010. ISSN 1365-3040. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

JAMES, S. A.; BELL, D. T. Leaf morphological and anatomical characteristics of heteroblastic *Eucalyptus globosus* ssp. *globosus* (Myrtaceae). CSIRO. *Australian Journal of Botany*, v. 49, p. 259-269, Australia. 2001. ISSN 1444-9862. [[CrossRef](#)]

KAMBOJ, A.; SALUJA, A. K. *Bryophyllum pinnatum* (Lam.) Kurz: phytochemical and pharmacological profile: A review. Phcog.Net. *Pharmacognosy Review*, v.3, n.6, p. 364-375, India. 2009. ISSN 0976-2787. [[Link](#)]

KOES, R. E.; QUATTROCCHIO, F.; MOL, J. N. M. The flavonoid biosynthetic pathway in plants: Function and evolution. Wiley. *BioEssays*, v. 16, n. 2, p. 123-32, USA. 1994. ISSN 1521-1878. [[CrossRef](#)]

LONG, J. C.; JENKINS, G. I. Involvement of Plasma Membrane Redox Activity and Calcium Homeostasis in the UV-B and UV-A/Blue Light Induction of Gene Expression in Arabidopsis. ASPB. *The Plant Cell*, v. 10, p. 2077-2086, USA. 1998. ISSN 1531-298X. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. *Plantas medicinais no Brasil: nativas exóticas cultivadas*. 2ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 223 p, 2008.

MORAIS, L. A. S.; BARBOSA, A. G. Influência da adubação verde e diferentes adubos orgânicos na produção de fitomassa aérea de atoveran (*Ocimum selloi* Benth.). SciElo. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 14, p. 246-249, Botucatu. 2012. ISSN 1516-0572 [[CrossRef](#)]

MCGRATH, S.; MAGUIRE, R. O.; TACY, B.F.; FIKE, J. H. Improving soil nutrition with poultry litter application in low input forage systems. Digital Library. *Agronomy Journal*, v.102, p.48-54, USA. 2009. [[CrossRef](#)]

MUZITANO, M. F.; TINOCO, L. W.; GUETTE, C.; KAISER, C. R.; ROSSI-BERGMANN, B.; COSTA, S. S. The antileishmanial activity assessment of unusual flavonoids from *Kalanchoe pinnata*. Elsevier. *Phytochemistry*, v.67, p. 2071-2077, USA. 2006. ISSN 0031-9422. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

MUZITANO, M. F.; BERGONZI, M. C.; MELO, G. O.; BILIA, A. R.; VINCIERI, F. F.; ROSSI-BERGMANN, B.; COSTA, S. S. Influence of cultivation conditions, season of collection and extraction method on the content of antileishmanial flavonoids from *Kalanchoe pinnata*. Elsevier. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 133, p. 132-137, USA. 2011. ISSN 0378-8741 [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

NASCIMENTO, L. B. S.; LEAL-COSTA, M. V.; COUTINHO, M. A. S.; MOREIRA, N. S.; LAGE, C. L. S.; BARBI, N. S.; COSTA, S. S.; TAVARES, E. S. Increased Antioxidant Activity and Changes in Phenolic Profile of *Kalanchoe pinnata* (Lamarck) Persoon (Crassulaceae) Specimens Grown Under Supplemental Blue Light. Wiley. *Photochemistry and Photobiology*, v. 89, p. 391–399, USA. 2013. ISSN 1751-1097. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

NASCIMENTO, L. B. S.; LEAL-COSTA, M. V.; MENEZES, E. A.; LOPES, V. R.; MUZITANO, M. F.; COSTA, S. S.; TAVARES, E. S. Ultraviolet-B radiation effects on phenolic profile and flavonoid content of *Kalanchoe pinnata*. Elsevier. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 148, p. 73–81, USA. 2015a. ISSN 1011-1344. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

NASCIMENTO, L. B. S.; MOREIRA, N. S.; LEAL-COSTA, M. V.; COSTA, S. S.; TAVARES, E. S. Induction of wound-periderm-like tissue in *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (Crassulaceae) leaves as a defence response to high UV-B radiation levels. Oxford Academic. *Annals of Botany*, v. 116, p.763–769, USA. 2015b. ISSN 0305-7364. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

OKWU, D. E.; JOSIAH, C. Evaluation of the chemical composition of two Nigerian medicinal plants. Academic Journal. *African Journal of Biotechnology*, v.5, n.4, p.357-361, USA. 2006. ISSN 1684-5315. [[Link](#)] [[CrossRef](#)]

VENDRAMI, J. L. *Plasticidade na espessura entre folhas de sol e de sombra em árvores de borda*. Curso de Pós-Graduação em Ecologia, USP. São Paulo. 2012. [[Link](#)]

VILELA, A. E.; RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Proposes L.* (Mimosaceae). Elsevier. *Journal of Arid Environments*, v. 44, n. 4, p.415-423. USA. 2000. ISSN 0140-1963. [[CrossRef](#)]

YADVINDER-SINGH; GUPTA, R. K.; THIND, H. S.; BIJAY-SINGH; VARINDERPAL-SINGH; GURPREET-SINGH; JAGMOHAN-SINGH; LADHA, J. K. Poultry litter as a nitrogen and phosphorus source for the rice–wheat cropping system. Springer. *Biology and Fertility of Soils*, v.45, p.701-710, USA. 2009. ISSN 1432-0789. [[CrossRef](#)]

SUPRATMAN, U.; FUJITA, T.; AKIYAMA, K.; HAYASHI, H.; MURAKAMI, A.; SAKAI, H.; KOSHIMIZU, K.; OHIGASHI, H. Anti-tumor promoting activity of bufadienolides from *Kalanchoe pinnata* and *K. daigremontiana* x *tubiflora*. Taylor&Francis. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, v. 65, n. 4, p. 947-949, Japan. 2001. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

SUPRATMAN, U.; FUJITA, T.; AKITAMA, K.; HAYASHI, H. New Insecticidal bufadienolide, Bryophyllin C, from *Kalanchoe pinnata*. Taylor&Francis. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, v. 64, p. 1310-1312, Japan. 2000. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

THIERS, B. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Boston. 2016. (continuously updated). [[Link](#)]

Conflito de interesses: O presente artigo não apresenta conflitos de interesse.

Histórico do artigo: Submissão: 29/07/2016 | Aceite: 29/11/2017 | Publicação: 23/05/2017

Como citar este artigo: PINHEIRO, Hiago S.; GIACOMIN, Leandro L.; REIS, Iolanda M. S.; BARATTO, Leopoldo C. Avaliação do desenvolvimento e da produção de flavonoides de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (Crassulaceae) em diferentes condições de luz e nutrição. *Revista Fitos*. v.10, n.4. p. 404-416. Rio de Janeiro. 2016. e-ISSN 2446.4775. Disponível em: <<http://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/360>>. Acesso em: 11 maio 2017.

Licença CC BY 4.0: Você está livre para copiar e redistribuir o material em qualquer meio; adaptar, transformar e construir sobre este material para qualquer finalidade, mesmo comercialmente, desde que respeitado o seguinte termo: dar crédito apropriado e indicar se alterações foram feitas. Você não pode atribuir termos legais ou medidas tecnológicas que restrinjam outros autores de realizar aquilo que esta licença permite.
