

Alba de Oliveira Lemos

**Alocação de recursos para crescimento
versus defesa em espécies de Asteraceae**

Recife, 2011.

Alba de Oliveira Lemos

**Alocação de recursos para crescimento
versus defesa em espécies de Asteraceae**

Trabalho apresentado como requisito
para obtenção do título de Doutorado do
Programa de Pós-Graduação em
Biologia Vegetal-PPGBV/UFPE.

Lemos, Alba de Oliveira

Alocação de recursos para crescimento versus defesa em espécies de Asteraceae / Alba de Oliveira Lemos. – Recife: O Autor, 2011.

72 folhas : il., fig., tab.

Orientadora: Jarcilene Silva Almeida Cortez

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Pós-Graduação em Biologia Vegetal, 2011.

Inclui bibliografia

1. Plantas – Desenvolvimento
 2. Plantas- Nutrição
 3. Química vegetal
 4. Ácidos graxos
- I. Título.

571.2

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2011-240

Alba de Oliveira Lemos

Alocação de recursos para crescimento *versus* defesa em espécies de Asteraceae

Banca Examinadora:

Orientadora: _____
Prof.a. Dra. Jarcilene S. Almeida-Cortez – UFPE

Examinadores:

Prof. Dr. Marcelo Francisco Pompelli – UFPE (Titular)

Prof. Dr. Antônio Fernando Moraes de Oliveira – UFPE (Titular)

Prof.a. Dra. Elcida de Lima Araújo – UFRPE (Titular)

Prof.^a. Dr.^a. Suzene Izidio da Silva – UFRPE (Titular)

Prof. Dr. Mauro Guida Santos – UFPE (Suplente)

Prof.a. Dra. Kátia Porto (Suplente)

Aos meus pais, Amauri Martins Lemos (*In memoriam*) e Maria da Conceição de Oliveira Lemos, dedico.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por ter permitido eu ter chegado até aqui. Obrigada, Senhor!

Agradeço a minha família pela ajuda na forma de compreensão e apoio em todos os momentos da minha jornada no doutorado. Em especial a Mãe, meus irmãos (Gena e Dodó), Lucas, Felipe, Candinha, Bebinha e Eduardinho, todos de grande importância em minha vida.

À Professora Jarcilene Almeida Cortez pela orientação, por ter possibilitado meu crescimento profissional e por não ter deixado que eu desistisse deste trabalho. Meu muito obrigada!

Aos Professores do PPGBV que me deram apoio incondicional para que eu concluísse meu doutorado, especialmente as Professoras Laíse, Iva e Eugênia.

À Professora Suzene Izídio e a Mariana Oliveira pelas ajudas e idéias na tese, as quais ajudaram a enriquecê-la.

Aos colegas que convivi no Laboratório de Fisiologia Vegetal: Marciel, Talita, Karla, Brunão, Paulo, Laura, Gabriela, Katia e Veralúcia.

Aos colegas que tive o prazer de conhecer e conviver no CCB: Viviane, Priscila, Patriota, Laís e Melissa.

Aos colegas que também trabalharam nessa tese, ajudando-me, Tainah, Marina, Pedro, Lígia, Eugênia (minha irmã) e Raquel.

À Nívia Carla, Cláudia (Joaninha), Paulo de Tarso e Márcia Jaqueline, pessoas super especiais na minha vida. Só tenho a agradecer...

Ao Dr. Eulálio Cabral, pelas sugestões e orientação nas análises dos dados; pela amizade e carinho demonstrados.

A Leo e Jujú, pessoas queridas que guardo no coração. Obrigada pela força e torcida, as quais sempre me estimularam.

À minha equipe de trabalho da URCQA/Funasa-PE, por todo apoio e tolerância quanto as minhas ausências. Especialmente a Osman Lira, por ter compreendido o significado deste trabalho na minha vida profissional, valorizando-o e me dando a oportunidade de conciliar o trabalho como os estudos. À Graça, Beta, Glória, Fátima, Sueli e Giulliani, obrigada!

Sem dúvida alguma, não poderia deixar de agradecer em especial ao meu *Querido* Marcos Meiado, que foi fundamental para que eu concluísse o doutorado, com a permissão de Deus.

Aos Professores da Banca Avaliadora, Mauro Guida, Antônio Fernando, Marcelo Pompelli, Suzene Izídio, Elcida Araújo e Kátia Porto pelas sugestões e pela disponibilidade em participar da Banca.

À Universidade Federal de Pernambuco e ao PPGBV por terem possibilitado minha vida acadêmica.

A Hildebrando pelas ajudas no que lhe coube, pela presteza e atenção, meus agradecimentos.

Aos Programas de fomento, Capes e CNPq, por terem viabilizado o custeio deste trabalho.

Lista de Figuras

Figura 1. Vias de biossíntese dos compostos fenólicos	15
Figura 2. Via do ácido chiquímico para biossíntese de compostos fenólicos e alguns alcalóides.	16
Figura 3. Principais fatores que podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em planta.	17
Figura 4. Modelo conceitual do fluxo de energia através das folhas, mostrando a via de utilização de energia e dissipação de luz.	18
Figura 5. Aspecto geral de <i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	22
Figura 6. Aspecto geral de <i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	23
Figura 7. Aspecto geral de <i>Bidens pilosa</i> L.	23

Lista de tabelas

Referencial teórico

Tabela 1. Três espécies de Asteraceae utilizadas como plantas medicinais.	25
Tabela 2. Constituintes químicos de espécies de Asteraceae e estudos testando sua atividade em organismos.	26
Tabela 3: Teor de óleo e composição de ácidos graxos em cypselas de Asteraceae.	28

Capítulo I

Tabela 1. Efeito da disponibilidade de nutrientes (DN) no crescimento de <i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk. aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT), sob condições de luz branca.	44
Tabela 2. Efeito da qualidade da luz (QL) e da disponibilidade de nutrientes (DN) no crescimento de <i>Bidens pilosa</i> L. aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).	46
Tabela 3. Efeito da qualidade da luz (QL) e da disponibilidade de nutrientes (DN) no crescimento de <i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn. aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).	48
Tabela 4. Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em <i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk. (Asteraceae) submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN), com diluições de solução Hoagland completa a 100% (Controle), 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).	49
Tabela 5. Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em <i>Bidens pilosa</i> L. submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN), com diluições de solução Hoagland completa a 100% (Controle), 50% e 25%, a e duas qualidades de luz (QL), luz vermelha (LV) e luz branca (LB), analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).	50
Tabela 6. Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em <i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn. submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN) com diluições	

de solução Hoagland completa a 100% (Controle), 50% e 25% e a duas qualidades de luz (QL) luz vermelha (LV) e luz branca (LB), analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT). 51

Tabela 7. Biomassa seca total (BST) e concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Eclipta alba* (L.)Hassk. submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN) usando solução de Hoagland completa a 100%, 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT). 52

Tabela 8. Biomassa seca total (BST) e Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Bidens pilosa* submetida a dois tratamentos de luz (luz vermelha (LV) e luz branca (LB)) e a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes, usando solução de Hoagland completa a 100%, 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT). 52

Tabela 9. Biomassa seca total (BST) e Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. submetida a dois tratamentos de luz (luz vermelha (LV) e luz branca (LB)) e a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes, usando solução de Hoagland completa a 100%, 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT). 53

Capítulo II

Tabela 1. Teor relativo de óleo e perfil de ácidos graxos de cipselas de *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. (Asteraceae) provenientes do Vale do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil. 67

Sumário

1. Dedicatória.....	IV
2. Agradecimentos.....	V
3. Lista de figuras.....	VII
4. Lista de tabelas.....	VIII
5. Apresentação.....	12
6. Fundamentação teórica.....	13
6.1. Produtos secundários.....	14
6.2. Compostos fenólicos.....	15
6.3. Defesas químicas.....	19
6.4. Asteraceae.....	21
6.5. Fitoquímica de Asteraceae.....	24
6.6. Teor de óleo e perfil de ácidos graxos de espécies de Asteraceae.....	27
7. Referências bibliográficas.....	29
8. Capítulo I.....	38
8.1. Introdução.....	39
8.2. Metodologia.....	40
8.2.1. Obtenção de plântulas.....	40
8.2.2. Experimento de disponibilidade de nutrientes.....	41
8.2.3. Experimento da qualidade de luz.....	41
8.2.4. Análises de crescimento.....	41
8.2.5. Análises fitoquímicas.....	42
8.3. Resultados.....	42
8.3.1. Análise de crescimento.....	42
8.3.2. Produção de compostos fenólicos.....	49
8.3.3. Compromisso no crescimento <i>versus</i> defesa química.....	51

8.4. Discussão.....	53
8.4.1. Análise de crescimento.....	53
8.4.2. Produção de compostos fenólicos.....	55
8.4.3. Compromisso no crescimento <i>versus</i> defesa química.....	55
8.5. Conclusões.....	56
8.6. Referências bibliográficas.....	57
9. Capítulo II.....	61
9.1 Introdução.....	62
9.2. Metodologia.....	63
9.2.1. Espécies estudadas.....	63
9.2.2. Extração e determinação do teor de óleo.....	63
9.2.3. Hidrólise e obtenção dos metil-ésteres.....	63
9.2.4. Análise cromatográfica.....	64
9.2. Resultados e discussão.....	64
9.3. Conclusões.....	66
9.4. Referências bibliográficas.....	68
10. Resumo.....	71
11. Abstract.....	72

Apresentação

As plantas representam uma abundante fonte de alimento nas diversas comunidades, principalmente nos ecossistemas terrestres. Em resposta as pressões da herbivoria, as plantas desenvolveram, ao longo da evolução, muitos caracteres fisiológicos e morfológicos para defender, tolerar ou evitar a ação dos herbívoros (Olf *et al.*, 1999). O investimento em defesas representa um custo energético e nutricional para as plantas (Chew & Rodman, 1979), as quais têm que decidir entre o custo/benefício dessas defesas, pois os recursos, carbono e nitrogênio, utilizados nas defesas são os mesmos utilizados na alocação para crescimento e reprodução.

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a alocação de recursos para crescimento versus defesa em três espécies de Asteraceae.

Este estudo está dividido em dois capítulos:

O primeiro capítulo visa responder três perguntas em relação ao efeito da luz e da disponibilidade de nutrientes sobre *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* Gaertn.:

1. Como os recursos luz e nutrientes afetam o crescimento dessas três espécies?
2. A produção de compostos fenólicos pelas plantas varia nos diferentes tratamento de luz e de disponibilidade de nutrientes?
3. E, caso haja diferenças na produção de compostos fenólicos pelas plantas, se a diferença implica num *trade-off* na alocação de recursos para crescimento versus defesa química.

No segundo capítulo, foram avaliados os teores de óleo e a composições de ácidos graxos de cipselas de três espécies de Asteraceae, em que se buscou:

1. Determinar o teor de óleo e o perfil de ácidos graxos de cipselas de *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* Gaertn.;
2. Verificar se há diferenças no teor de óleo e no perfil de ácidos graxos entre os diferentes morfotipos de cipsela de *B. pilosa* e *S. nodiflora*.

Fundamentação teórica

Qualidade da luz

A luz é um fator essencial para as plantas, pois além de ser uma fonte de energia para a fotossíntese atua como um sinal ambiental que regula o crescimento e o desenvolvimento vegetal (Wei & Deng, 1996). Os vegetais não respondem apenas a presença ou ausência da luz, mas também à qualidade (Fellipe, 1986), a duração, intensidade e direção luminosa (Fankhauser & Chory, 1997). A luz visível, para o homem, é o espectro eletromagnético, que inclui desde o violeta (380 nm) até o vermelho extremo (775 nm) (Salisbury & Ross, 1992). Porém, a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é a faixa entre 400 e 700 nm, em que os pigmentos fotossintéticos apresentam maiores picos de absorção (Salisbury & Ross, 1992). A radiação nos diferentes extratos de uma comunidade proporciona condições variáveis de disponibilidade de radiação, com diferentes comprimentos de onda que são absorvidos pelas plantas. Estas variações no comprimento de onda são conhecidas como diferentes qualidades da luz, sendo a mais importante a que decorre da absorção da luz vermelha (V) e a não absorção da luz vermelha extrema (Ve) (Taiz & Zeiger, 1991).

Para tornar mais eficiente a captação da energia luminosa para a fotossíntese, as plantas desenvolveram fotorreceptores que atuam regulando o crescimento do desenvolvimento vegetal em função das características da luz incidente (Mourini & Muleo, 2003). Estes fotorreceptores são moléculas que transferem a excitação eletrônica, causada pela luz, em sinal celular (Almeida & Mundstock, 2001). O sinal original da luz no ambiente modifica o metabolismo celular influenciando no desenvolvimento das plantas, através de várias vias de tradução (Ballaré *et al.*, 1987). Dentre os fotorreceptores, o fitocromo é o que detecta as alterações na qualidade da luz, predominantemente nos comprimentos V e Ve (Smith, 1994). O fitocromo está associado às mudanças na morfologia das plantas em competição, podendo influenciar na disponibilidade de recursos necessários para o crescimento e alterar a luz incidente que determina o padrão de crescimento das plantas (Ballaré *et al.*, 1982). Em geral, os fitocromos que estão envolvidos na morfogênese das plantas detectam comprimentos de onda da luz vermelha. Enquanto que o alongamento das células é promovido pela luz vermelho-extremo (Fukuda *et al.*, 2008).

Produtos secundários

A partir da fotossíntese as plantas sintetizam substâncias que fazem parte do metabolismo básico, que são essenciais para a manutenção das células, como os lipídios, as proteínas, os carboidratos e os ácidos nucleicos, que são comuns aos seres vivos. Essas substâncias são originadas do metabolismo primário e a partir delas irão originar substâncias a partir de rotas biossintéticas diversas, e que estão restritas a determinados grupos de organismos, podendo, inclusive, ocorrer em uma espécie apenas, servindo com marcador taxonômico que são os metabólitos secundários (Vickery & Vickery, 1981; Vining, 1992; Taiz e Zeiger, 2004). Os metabólitos secundários podem ser classificados de uma forma geral em três grandes grupos – terpenos, compostos fenólicos e alcalóides.

Através do metabolismo da glicose são formados praticamente todos os metabólitos primários e secundários. A glicose é convertida em moléculas de ácido pirúvico que podem seguir duas vias diferentes. Na primeira, moléculas de piruvato entram na via do ácido chiquímico para formar todos os metabólitos secundários aromáticos (alcalóides indólicos, quinolínicos, isoquinolínicos, ligninas e lignanas, cumarinas e taninos hidrossolúveis). Na segunda, o piruvato continua sendo oxidado até a formação de moléculas de acetil-coenzima A. Estas podem seguir três vias diferentes: via do ciclo do ácido cítrico, via do mevalonato e via da condensação do acetato, formando os derivados do acetato. Na via do ciclo do ácido cítrico, serão formados os alcalóides pirrolidínicos, tropânicos, pirrolizidínicos, piperidínicos e quinolizidínicos. A via do mevalonato origina os terpenóides e os esteróis (Figura 1).

Por muito tempo, esses compostos tinham papel desconhecido, sendo considerados como produtos finais do metabolismo, sem função aparente (Taiz e Zeiger, 2004). Os compostos secundários, na verdade, apresentam um importante papel tanto nas interações mutualísticas, funcionando como atrativos visuais e olfativos de polinizadores (Robinson, 1984) e dispersores (Rhoades, 1979), como nas interações antagonistas, agindo como defesa das plantas contra parasitos, patógenos e fitófagos, além de inibir o desenvolvimento de outras plantas, através da alelopatia.

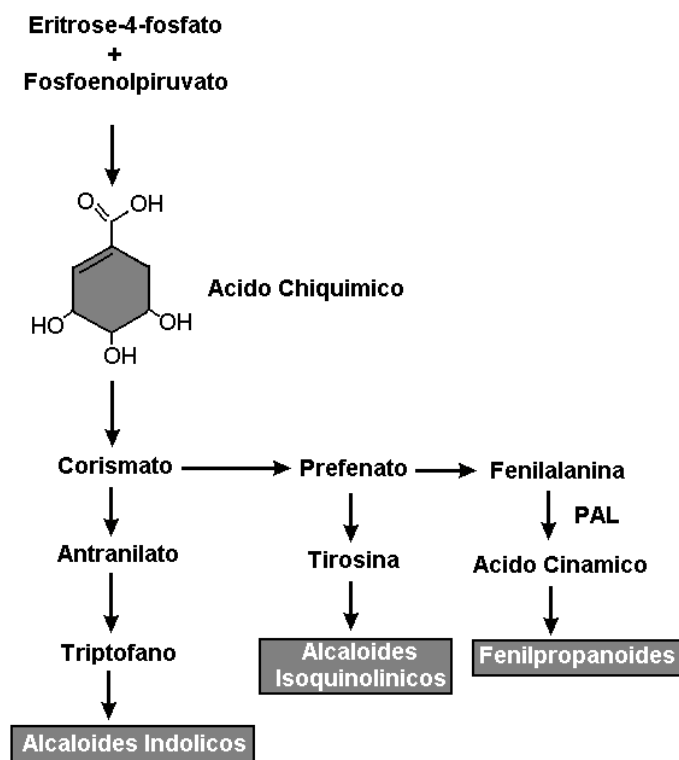


Figura 2. Via do ácido chiquímico para biossíntese de compostos fenólicos e alguns alcalóides.

A planta produz compostos fenólicos durante seu desenvolvimento normal ou em resposta a condições estressantes (Naczki & Shahidi, 2006). Muitos fatores internos e externos interferem no metabolismo dos compostos fenólicos e de outros metabólitos, tais como hormônios, idade e desenvolvimento da planta, níveis de nutrientes (Gobo-Neto & Lopes, 2007), genótipo da planta (Scalzo *et al.*, 2005), temperatura e luz (Naczki & Shahidi, 2006; Gobo-Neto & Lopes, 2007, Oh *et al.*, 2009) (Figura 3).

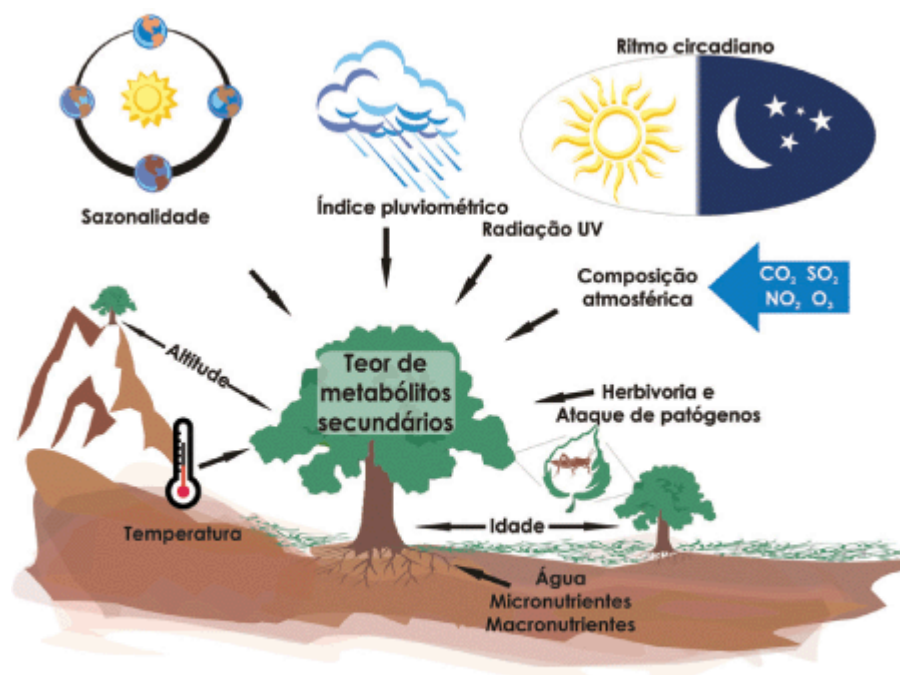


Figura 3. Principais fatores que podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em planta (Fonte: Gobbo-Neto & Lopes, 2007).

No que se refere à idade, sabe-se que tecidos mais jovens em geral possuem uma maior taxa biossintética de metabólitos, incluindo os compostos fenólicos (Gobo-Neto & Lopes, 2007). Cornelissen *et al.* (2001), verificaram que folhas maduras de *Bauhinia brevipes* continham teores de taninos mais elevados do que em folhas jovens. Souza *et al.* (2008), constataram que existem diferenças na qualidade dos compostos fenólicos entre folhas jovens e maduras de *Brassica oleracea* var. *costata*.

A concentração de compostos fenólicos também é afetada pela disponibilidade de nutrientes. Ambientes pobres em N faz com que haja uma maior produção destes compostos pela planta, pois a produção de proteínas é reduzida, evitando a competição pela fenilalanina, que é um precursor comum da proteína e dos compostos fenólicos na via do ácido chiquímico (Wright *et al.*, 2010).

A incidência excessiva de luz visível e UV é um fator que influencia a produção de compostos fenólicos, uma vez que estes compostos atuam na proteção da planta, de pigmentos e das membranas das folhas, evitando a oxidação de proteínas (Close *et al.*, 2003) (Figura 4). As plantas são capazes de ajustar os níveis de antocianinas, xantofilas, clorofilas, flavonóides e taninos. Esse ajuste permite que haja um equilíbrio na utilização

de energia e dissipação de luz em resposta aos níveis de energia absorvida da luz, dentro dos condicionais da disponibilidade de nutrientes. A incapacidade em equilibrar a absorção de luz, pela utilização e dissipação da energia luminosa, pode aumentar a necessidade de antioxidantes (Close *et al.*, 2003). Assim, há uma tendência a aumentar o acúmulo de alguns compostos fenólicos à medida que se aumenta o tempo de exposição aos raios UV (Grace & Logan, 2000; Lee *et al.*, 2003).

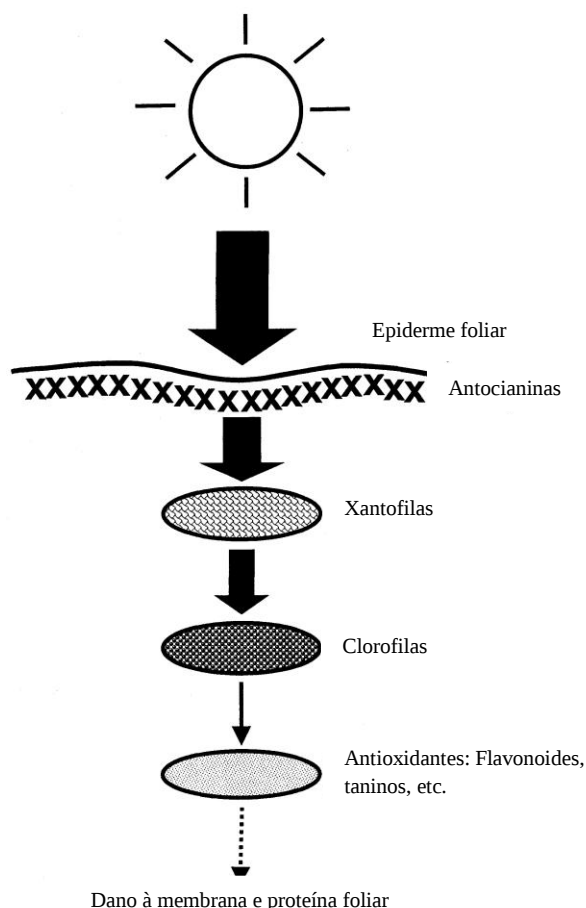


Figura 4. Modelo conceitual do fluxo de energia através das folhas, mostrando a via de utilização de energia e dissipação de luz. (Traduzido de: Close *et al.*, 2003)

Defesas químicas

As plantas representam uma abundante fonte de alimento nas diversas comunidades, principalmente nos ecossistemas terrestres. Ao longo do seu ciclo de vida, as plantas sofrem pressões impostas pelos consumidores primários, causando um forte impacto na vegetação, devido à influência seletiva pelo aumento da mortalidade das

mesmas e pela remoção de biomassa que poderia ser investido em seu crescimento e em sua reprodução (Coley *et al.*, 1985).

Em resposta as pressões da herbivoria, as plantas desenvolveram, ao longo da evolução, muitos caracteres fisiológicos e morfológicos para defender, tolerar ou evitar a ação dos herbívoros (Olf *et al.*, 1999). De acordo com Harborne (1988), as plantas apresentam dois tipos principais de defesas contra os fitófagos: defesas físicas e químicas. Como defesas físicas, as plantas apresentam epiderme espessa, depósitos cuticulares, espinhos, tricomas, fibras e resinas. E como defesas químicas, elas apresentam substâncias tóxicas e/ou repelentes, capazes de deter os herbívoros por deterrência, intoxicação ou redução da digestibilidade dos alimentos (Rhoades, 1979), afetando, dessa forma, o desenvolvimento e a reprodução, podendo, em alguns casos, leva-lo à morte.

Alguns compostos de defesa estão sempre presentes nos tecidos vegetais, independentemente de ataques de herbívoros, e são denominadas defesas constitutivas. (Karban & Baldwin, 1997; Almeida-Cortez, 2005). Enquanto que outras defesas apenas são produzidas em resposta a danos causados por herbívoros, sendo chamadas de defesas induzidas (Karban & Baldwin, 1997; Tollrian & Harvell, 1999; Melo & Silva-Filho, 2002).

O investimento em defesas representa um custo energético e nutricional para as plantas (Chew & Rodman, 1979), as quais têm que decidir entre o custo/benefício dessas defesas, pois os recursos, carbono e nitrogênio, utilizados nas defesas são os mesmos utilizados na alocação para crescimento e reprodução. Dessa forma, apenas será vantajoso para a planta investir em defesas se os custos destas forem menores que os custos de reposição de biomassa perdida, devido herbivoria. Além do custo para produzir tais compostos, a planta deve ter um custo adicional para desenvolver proteção à suas próprias defesas, para que não ocorra autotoxicidade (Edwards & Wratten, 1981).

Essas defesas, segundo Mckey (1974), devem ter uma distribuição ótima de acordo com o valor das diferentes partes da planta e com a vulnerabilidade que estas partes apresentam à herbivoria. Assim, órgãos mais valiosos, em termos de aptidão dentro de um dado estágio fenológico, alocariam uma maior quantidade de substâncias de defesas, e, portanto seriam mais protegidos contra inimigos naturais.

Muitas hipóteses tentam explicar a tendência das plantas em produzir determinados tipos de metabólitos secundários frente a fatores, aos quais as plantas estão expostas (Almeida-Cortez, 1997).

A teoria da aparência de Feeny (1976) sugere que a facilidade das plantas serem encontradas pelos herbívoros estaria relacionada com o tipo de defesas que elas apresentam, definindo dois tipos de defesas, quantitativas e qualitativas. As defesas quantitativas, como taninos e ligninas, por exemplo, são produzidas em grandes quantidades e são mais custosas metabolicamente, tendo ação, principalmente, contra herbívoros generalistas. Já as defesas qualitativas, como por exemplo, alcalóides e glicosídeos, apresentam um baixo custo metabólico e são produzidos em pequenas quantidades. De acordo com Feeny (1976), plantas aparentes, que são mais facilmente encontradas no tempo/espço pelos herbívoros, tendem a produzir defesas quantitativas e as não-aparentes, defesas qualitativas.

De acordo com a teoria da Disponibilidade de Recursos (Coley *et al.*, 1985), o tipo de investimento em defesa é determinado pela disponibilidade de nutrientes que as plantas dispõem. Assim, ambientes com pouca disponibilidade de nutrientes favorecem plantas com baixa razão de crescimento e altos níveis de defesas. Nesses ambientes, as plantas apresentam uma economia de nitrogênio, devido à diminuição de proteína foliar, resultando na diminuição das taxas respiratória e fotossintética. Dessa forma, plantas que crescem em ambientes limitantes de nutrientes, tendem a possuir compostos secundários como taninos, ligninas e fibras, as quais não possuem nitrogênio em suas moléculas. Por outro lado, plantas que crescem em ambientes ricos em nutrientes, tendem a possuir defesas nitrogenadas, como alcalóides.

A teoria do crescimento/diferenciação de Herms & Mattson (1992) relaciona a disponibilidade de recursos com crescimento e diferenciação das plantas. Esses autores propõem que uma planta deve equacionar a distribuição dos recursos entre os processos de crescimento e diferenciação ao longo de um gradiente de recursos disponíveis no ambiente. Assim, plantas com menor disponibilidade de recursos investem mais em defesa, em detrimento do crescimento, do que plantas que dispõem de mais recursos.

De acordo com a teoria do balanço carbono/nutriente (C/N), proposto por Bryant *et al.* (1983), recursos em excesso para a demanda de crescimento são alocados nos

compostos de defesas da planta. Esses autores sugerem que a disponibilidade de luz pode influenciar o balanço C/N nas plantas e, dessa forma, afetar o metabolismo secundário. Assim, ambientes com pouca luminosidade diminui a taxa de C/N na planta, devido à limitação na assimilação de carbono, diminuindo a concentração de compostos com carbono-base, pois esse recurso é alocado para o crescimento. Diferentemente, em ambientes com maior disponibilidade de luz, as plantas apresentam maiores concentrações de defesas com carbono-base, em detrimento de defesas com nitrogênio-base.

Todas essas teorias são baseadas num *trade-off* entre crescimento e defesa constitutiva contra herbívoros e consideram os compostos fenólicos como defesa induzida (Jones & Hartley, 1999). Diferentemente dessas teorias, Jones & Hartley (1999) elaboraram uma hipótese de que a produção destes compostos está relacionada com a competição entre a proteína e os compostos fenólicos por um precursor comum, a fenilalanina, na via da síntese do chiquimato, o Modelo da Competição da Proteína (MCP), que prediz que sobre baixa disponibilidade de nutrientes, as demandas de proteínas para crescimento é reduzida, aumentando a incorporação de fenilalanina na síntese de compostos fenólicos, elevando a concentração destes compostos. Assim, esta competição resulta num *trade-off* entre as taxas de proteínas *versus* síntese de compostos fenólicos e numa inversa relação entre eles. Já a teoria da Fotoinibição, prediz que o aumento na produção de compostos fenólicos em ambientes com maior intensidade luminosa e com disponibilidade de nutrientes reduzida não é devido a um mecanismo de defesa da planta contra a herbivoria, mas sim, de defesa contra danos causados pelo excesso de luz nas folhas (Close *et al.*, 2003).

Asteraceae

Asteraceae é uma família monofilética (Kim *et al.*, 1992, Gustafsson & Bremer, 1995, Funk *et al.*, 2005) representante de um dos maiores grupos das Angiospermas. Possui cerca de 23000 espécies, dentro de aproximadamente 1.700 gêneros, que estão divididos em três subfamílias e 17 tribos (Bremer, 1994), com distribuição cosmopolita (Funk *et al.*, 2005).

A tribo Helianthea possui 35 subtribos, das quais Ecliptinae e Coreopsidinae fazem parte. Ecliptinae é a maior subtribo de Helianthea, com 67 gêneros (Silva & Santos, 2010).

Os gêneros *Eclipta* e *Synedrella* pertencem a esta subtribo. Coreopsidinae também representa uma das maiores subtribos de Helianthea, com 31 gêneros, dentre os quais *Bidens* faz parte (Bremer, 1994).

Eclipta alba (L.) Hassk. é uma erva anual, que completa seu ciclo de vida em torno de quatro meses (Ramakrishna, 1960). Popularmente conhecida por agrião do brejo ou erva botão, *E. alba* é usada na medicina popular por possuir atividades tônicas e ser estimulante para o fígado (Arantes *et al.*, 2005), no tratamento de cirrose hepática e hepatite infecciosa (Dixit & Acar, 1981) e é conhecida como antídoto para veneno de cobras (Mors, 1991).



Figura 5. Aspecto geral de *Eclipta alba* (L.) Hassk. (Fotografia: Wibowo Djatmiko).

Synedrella nodiflora (L.) Gaertn. é uma espécie anual de porte herbáceo, originária da América Tropical, que possui ciclo de vida em torno de três à cinco meses (Chauhan & Johnson, 2009). É usada na medicina popular nos tratamentos de reumatismo e de dores de ouvido (Rathi & Gopalakrishnan, 2006).

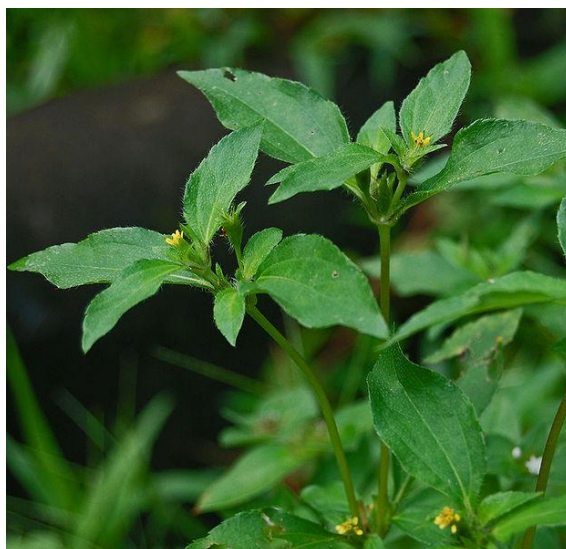


Figura 6. Aspecto geral de *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. (Fotografia: Wibowo Djatmiko).

Bidens pilosa L. é uma erva de ciclo anual curto, com várias gerações durante o ano, originária da América Tropical, com ampla ocorrência no mundo, conhecida popularmente como picão-preto (Adegas *et al.*, 2003). É. Seu florescimento varia entre sessenta a cem dias após a emergência, de acordo com a época da semeadura (Kissmann & Groth, 1992). Possui importância econômica por ser considerada invasora agressiva de plantações, além de serem usadas na medicina popular como anti-séptico, diurético, no tratamento de aftas (Govín *et al.*, 2003) e distúrbios do estômago, incluindo úlcera (Alvarez *et al.*, 1999).



Figura 7. Aspecto geral de *Bidens pilosa* L. (Fotografia: Wibowo Djatmiko).

Muitas espécies de Asteraceae são usadas para várias finalidades medicinais (Tabela 1), considerada uma das mais importantes fontes de espécies vegetais de interesse terapêutico (Judd *et al.*, 2002) Na medicina popular, espécies como *Calea divaricata* Benth e *Baccharis tridentata* Vahl. são usadas para combater a febre (Pio-Correia, 1952). Espécies do gênero *Acmella* e *Salmea* são utilizadas para aliviar dores de dente. Os gêneros *Arnica*, *Calendula* e *Echinacea* são outros exemplos de Asteraceae cujos extratos são usados na medicina popular.

Das espécies de Asteraceae usadas na medicina popular, *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. e *Bidens pilosa* L. são espécies consideradas importantes, amplamente utilizadas na cura de muitas doenças (Dixit & Acar, 1981; Alvarez *et al.*, 1999; Govín *et al.*, 2003; Arantes *et al.*, 2005; Rathi & Gopalakrishnan, 2006). Espécies de Asteraceae vem sendo investigadas cientificamente (Kwiecinski *et al.*, 2008) quanto a eficácia de seus princípios ativos, em que os efeitos positivos em diferentes tratamentos medicinais tem sido confirmados (Tabela 2).

Tabela 1. Três espécies de Asteraceae utilizadas como plantas medicinais. (Autores: 1- Kwiecinski, *et al.* (2011); 2- Kwiecinsk *et al.* (2008); 3- Venkatesha *et al.* (2011); 4- Bussmanna, *et al.* (2010); 5- Bradacs *et al.* (2011); 6- Dimo *et al.* (2002); 7- Deba *et al.* (2008); 8- MOBOT, (2011); 9- Dalal & Kataria (2009); 10- Majumdar *et al.* (2008); 11- Kotoky & Das (2008); 12- Christybapita *et al.* (2007); 13- Moon *et al.* (2003); 14- Ananthi *et al.* (2003); 15- Singh *et al.* (2002); 16- Singh, *et al.* (2001); 17- Leal *et al.* (2000); 18- Melo, *et al.* (1994); 19- Upadhyay *et al.* (2001); 20- Zhang & Chen (1996); 21- Baskaran & Jayabalan (2005); 22- Abad *et al.* (1996); 23- Forestieri *et al.* (1996); 24- Kulip (2003); 25- Shanmugam *et al.* (2009)).

Espécie/Sinônimos	Nomes vulgares	Indicação	Preparo	Parte usada
<i>Eclipta alba</i> L. (Hassk.) Sin. <i>Eclipta brachypoda</i> Michx., <i>Eclipta erecta</i> L., <i>Eclipta prostrata</i> (L.) L., <i>Eclipta punctata</i> L., <i>Verbesina alba</i> L., <i>Verbesina prostrata</i> L. (8)	Erva-botão, agrião-de-brejo, lanceta, surucuina	Hepatoprotetora, antimicrobiana (9) (12) (16)/ antioxidante (10)/doenças do fígado (9) (11)/ imunoestimulante (12)/ hipoglicemiante (13) (14)/elefantíase, leucodrema e doenças do baço (15)/antinociceptivo e antiinflamatório (17)/antiofídico, antimitótico e antihemorrágico (18)/ icterícia catarral, doenças de pele, digestivo, estimulante de apetite, regulador de intestino (21)	Suco das folhas frescas com pimenta preta em pó e sal a gosto administrado oralmente 2-3 vezes de 2-3 semanas (11)/ pasta de planta tomada por via oral (15)	Folhas (11) (15)
<i>Synedrella nodiflora</i> Gaertn.	-	Antiinflamatória (22) (23) / Tônica (24) / Reumatismo (25).		Folhas (22) (23) (25)/ planta inteira (24).
<i>Bidens pilosa</i> L. Sin.: <i>Bidens alausensis</i> Kunth, <i>Bidens alba</i> (L.) DC., <i>Bidens chilensis</i> DC., <i>Bidens odorata</i> Cav., <i>Centipeda orbicularis</i> Lour., <i>Careopsis leucanthema</i> L.(8)	Picão-preto, picão, amor-de-burro, amor-seco, carrapicho, carrapicho-agulha, carrapicho-cuambu, coambi, erva-picão, fura-capá, macela do campo, pancona, pico-pico, piolho-de-padre	Antitumoral (1) (2)/ dor, febre, angina, diabetes, edema, infecções, malária (2) antiinflamatória (2) (3)/antibacteriano (4)/tosse (5)/antiséptico, hepatoprotetora, redutor de pressão sanguínea, hipoglicemiante (6)	Infusão, solução hidroalcoólicas (2)	

Tabela 2. Constituintes químicos e atividades biológicas de três de espécies de Asteraceae utilizadas na medicina popular (Autores: 1- Kviessinski *et al.* (2011), 2- Kviessinski *et al.* (2008) ; 3- Shivaprasad *et al.* (2011); 4- Bussmanna *et al.* (2010); 5- Bradcs *et al.* (2010); 6- Dimo *et al.* (2002); 7- Deba *et al.* (2008); 9- Dalal e Kararia (2009); 10- Majumdar *et al.* (2008); 12- Crhistyapita *et al.* (2007); 13- Moon *et al.* (2003); 14- Ananthi *et al.* (2003) ; 16- Singh *et al.* (2001); 17- Leal *et al.* (2000); 18- Cavalcante *et al.* (2005).

Família/Espécie	Constituintes químicos e/ou Moléculas testadas	Extrato testado / solvente / parte da planta usada	Organismos testados / meio de cultura	Órgãos e tecidos estudados / cobaia (animal)
<i>Eclipta alba</i> L. (Hassk.)	Polissacarídeos (11)/ cumarinas (14) /flavonóides (15)/eclabaltina, α – amirina, ácido ursólico, ácido oleanólico, ecliptasaponina, daucosterol, sigma – 3 –O – glicosídeo (16) (17)	Extrato da parte aérea com acetato de etila (9)/ extrato aquoso das folhas (10)/suspensão de folhas (12)/extrato alcoólico de folhas frescas (13)/ extrato hidroalcoólico da parte aérea (14)	<i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Salmonella typhi</i> (8)/ <i>Aeromonas hydrophyla</i> (12)	Peixe tilápia – <i>Oreochromis mossambicus</i> (10)/ camundongos (12)(13)/ ratos (13) (14)
<i>Synedrella nodiflora</i> Gaertn.		Extrato metanólico de folhas (18)	Ratos (18)	Intestino grosso/ratos (18)
<i>Bidens pilosa</i> L.	Compostos poliacetilenos (1) (2); flavonóides (luteolina, quercetina) (2); Fenilheptatrina, ácidos linoléico e linolênico (3); triterpenos, α - pirenos, limoneno; β – trans – ocimeno, β – cis – ocimeno, τ – muroleno, β – burboneno, β – elemeno, β – cubebeno, α – cariofileno, óxido de cariofileno e megastigmatrienona (7)	Maceração hidroetanólica; fluido supercrítico/CO2/parte aérea(1); parte aérea/clorofórmio, acetato de etila (2); destilação do caule/ éter etílico (7)	Linhagens de células cancerígenas in vitro (1)	Peso do corpo, circunferência abdominal, tempo médio de sobrevivência/ Camundongos (1) (2)

Teor de óleo e perfil de ácidos graxos de espécies de Asteraceae

Sementes de oleaginosas são importantes fontes nutricionais, industriais e farmacológicas. A utilização de determinado óleo depende da composição dos respectivos ácidos graxos. Muitas espécies vegetais têm sido estudadas quanto ao teor de óleo e perfil dos ácidos graxos, na busca de novas fontes de óleo (Ramadan & Mörsel, 2003).

A família Asteraceae com cerca de 23.000 espécies e 1.700 gêneros, apesar de sua riqueza ainda é pouco investigada no que diz respeito ao teor de óleo e à composição de ácidos graxos. Possui espécies de importância econômica, devido aos elevados teores de óleo e de ácidos graxos insaturados, destacando-se *Helianthus annuus* (Reda e Carneiro, 2007; Erbas e Baydar, 2007). As espécies desta família apresentam predomínio do ácido linoléico, conforme visto em oleaginosas tradicionais como *Carthamus tinctorius* (75,9%) (Grieco e Piepoli, 1967) e *Helianthus annuus* (68,4%) (Reda e Carneiro, 2007; Erbas e Baydar, 2007), destacando-se na família a espécie *Iva xanthifolia*, com 32% de óleo, dos quais 80% são compostos por ácido linoléico, um importante ácido graxo essencial. (Daun e Tkachuk, 1976) (Tabela 3).

Família/ Espécie	Tribo	Teor de Óleo (%)	Ácidos Graxos (%)																	Referências
			8	10	12	14	14	16	16	18	18	18:2	18:3	20:0	20:1	22:0	22:1	24:0	Outros	
			0																	
ASTERACEAI																				
<i>Arctium minus</i>	Cardueae		n	n	n	0,2	n	6,3	0,1	2,2	13,7	58,4	n	0,5	0,2	0,3	n	0,9		Tsevegsüren <i>et al.</i> , 1999
<i>Calendula officinales</i>	Calenduleae	26,0	n	n	3,9	3,6	n	14,9	4,5	10,1	16,3	39,4	7,1	n	n	n	n	n	n	Saleem <i>et al.</i> , 1986
<i>Carduus acanthoides</i>	Cardueae	29,2	n	n	n	n	n	7,9	n	n	17,5	70,9	n	n	n	n	n	n	n	Nolasco <i>et al.</i> , 1987
<i>Carthamus tinctorius</i>	Cynareae	36,8	n	n	n	tr	n	7,4	0,2	2,6	13,4	75,9	0,1	0,2	0,1	0,1	-	-	-	Grieco e Piepoli, 1967
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	Anthemideae	17,4	n	n	n	0,07	n	9,4	0,1	2,25	3,91	77,7	0,14	0,49	0,1	0,24	0,03	n		Matthaus <i>et al.</i> , 2003
<i>Cynara cardunculus</i>	Cynareae	25,7	n	n	n	0,11	0,01	10,6	0,16	3,71	24,9	59,7	n	0,36	0,13	0,03	n	N		Curt <i>et al.</i> , 2002.
<i>Guizotia abyssinica</i>	Heliantheae	42,4	n	n	n	n	n	9,8	0,2	7,4	6,4	67,2	0,2	0,5	0,1	0,7	0,4	0,5	5,8	Dagne e Jonsson, 1997
<i>G. arborescens</i>		30,7	n	n	n	n	n	8,0	0,1	5,5	11,0	72,3	0,2	0,3	0,1	0,7	0,4	0,2	1,2	Dagne e Jonsson, 1997

<i>G. scabra</i>		31,3	n	n	n	n	n	9,2	0,2	7,7	11,1	65,6	0,2	0,6	0,1	0,7	0,4	0,3	3,6	Dagne e Jonsson, 1997
<i>G. villosa</i>		27,4	n	n	n	n	n	9,1	0,1	5,9	8,3	72,5	0,2	0,4	0,1	0,7	0,4	0,2	1,2	Dagne e Jonsson, 1997
<i>Helianthus annuus</i>	Heliantheae	42,2	n	n	0,1	0,2	n	8,0	0,3	7,0	13,0	68,4	0,3	0,5	0,5	1,3	n	0,4	n	Reda e Carneiro, 2007; Erbas e Baydar, 2007
<i>Iva xanthifolia</i>	Heliantheae	32,8	n	n	n	-	-	4,9	0,1	1,9	11,7	80,9	0,2	-	0,2	-	0,4	-	-	Daun e Tkachuk, 1976
<i>Lactuca sativa</i>	Lactuceae	31,0	n	n	n	0,5	n	6,5	n	2,0	19,0	40,4	3,0	n	n	n	n	n	17,4	Ansari <i>et al.</i> , 1987
<i>L. scariola</i>		27,5	n	n	n	2,0	n	25,0	n	1,4	7,1	50,9	1,4	n	n	n	n	n	10,0	Ansari <i>et al.</i> , 1987
<i>Vernonia galamalensis</i>	Vernonieae	41,0	n	n	n	n	n	2,9	n	2,5	5,0	13,7	n	n	n	n	n	n	74,3	Ayorinde <i>et al.</i> , 1990; Baye e Becker, 2005
<i>V. cinerea</i>		38,0	n	n	n	8,0	n	23,0	n	8,0	32,0	22,0	n	3,0	n	4,0	n	n	n	Azam <i>et al.</i> , 2005
<i>Youngia tenuicaulis</i>	Cichorieae	16,2	n	n	n	0,2	n	10,6	0,16	1,8	16,4	65,1	n	n	0,5	0,7	n	0,5		Tsevegsüren <i>et al.</i> , 1999

8:0= Ácido caprílico; 10:0 = Ácido cáprico; 12:0= Ácido láurico; 14:0= Ácido mirístico; 14:1= Ácido miristoléico; 16:0= Ácido palmítico; 16:1= Ácido palmitoléico; 18:0= Ácido esteárico; 18:1= Ácido oléico; 18:2= Ácido linoléico; 18:3= Ácido linolênico; 20:0= Ácido araquídico; 20:1= Ácido gadoléico; 22:0= Ácido beênico; 22:1= Ácido erúcico; 24:0= Ácido lignocérico; (n) Ácido graxo não mencionado; (-) Ácido graxo analisado e não detectado; (tr) traços.

Referências Bibliográficas:

A. M. FORESTIERI, M. T. MONFORTE, S. RAGUSA, A. TROVATO, L. IAUK. Antiinflammatory, Analgesic and Antipyretic Activity in Rodents of Plant Extracts used in African Medicine. **Phytotherapy Research**. Volume 10, Issue 2, pages 100–106, arch 1996.

ABAD, M.J., BERMEJO, P., CARRETERO, E., MARTINEZ-ACITORES, C., NOGUERA, B., VILLAR, A. Antiinflammatory activity of some medicinal plant extracts from Venezuela. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 55, n. 1, p. 63-68. 1996.

ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; PRETE, C. E. C. Embebição e germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21 (1), p. 21-25, 2003.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O Afilhamento Da Aveia Afetado Pela Qualidade De Luz Em Plantas Sob Competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31 (3), p. 393-400, 2001.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Herbivoria e mecanismos de defesa vegetal. In: **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. **La relation entre l'allocation aux composés secondaires et le taux de croissance relatif chez les Asteraceae**. Tese de Doutorado. Université de Sherbrooke, Québec, 1997.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SHIPLEY, B. No significant relationship exists between seedling relative growth rate under nutrient limitation and potetial tissue toxicity. **Functional Ecology**, v. 16, p. 122-127, 2002.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SHIPLEY, B.; ARNASON, J. T. Do plant species with high relative growth rates have poorer chemical defences? *Ecology*, v. 13, p. 819-827, 1999.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SHIPLEY, B.; ARNASON, J. T. Growth and chemical defense in relation to resource availability: tradeoffs or common responses to environmental stress? **Brazilian Journal of Biology**, v. 64 (2), p. 187-194, 2004.

- ALVAREZ, A.; POMAR, F.; SEVILLA, M. A.; MONTERO, M. J. Gastric antisecretory and antiulcer activities of an ethanolic extract of *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Schult. Bip. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 67(3), p. 333-340, 1999.
- ANANTHI, J., PRAKASAM, A., PUGALENDI, K.V. Antihyperglycemic activity of *Eclipta alba* leaf on alloxan-induced diabetic rats Yale. **Journal of Biology and Medicine** 76 (1-6), 97-102. 2003.
- ARANTES, M. C. B.; SIMON, F. P.; RIBEIRO, P. A. M.; REZENDE, M. H.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Caracterização farmacognóstica de *Eclipta alba* (L.) Hassk, Asteraceae (Agrião do Brejo). *Revista Eletronica de Farmacia*, v. 2 (2), p. 21-24, 2005.
- BALLARÉ, C. L., SÁNCHEZ, R. A., SCOPEL, A. L., CASAL, J. J., AND GHERSA, C. M. Early detection of neighbor plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. **Plant, Cell and Environment**, v. 10, p. 551–557, 1987.
- BASKARAN, P., JAYABALAN, N. An efficient micropropagation system for *Eclipta alba* – a valuable medicinal herb In Vitro Cell. **Dev. Biol. Plant** 41:532–539. 2005.
- BRADACS, G., MAES, L., HEILMANN, J. In vitro Cytotoxic, Antiprotozoal and Antimicrobial Activities of Medicinal Plants from Vanuatu. **Phytotherapy Research** 24: 800–809. 2010.
- BREMER, K. Asteraceae: Cladistics and classification. Timber Press, Portland, Oregon, USA, 1994.
- BRYANT, J. P.; CHAPIN III, F. S.; KLEIN, D. R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**. v. 40, p. 357-368, 1983.
- BUSSMANNA, R.W., MALCA-GARCÍAB, G., GLENNA, A., SHARONA, D., CHAITC, G., DÍAZB, D., POURMANDD, K., JONATD, B., SOMOGYE, S., GUARDADOF, G., AGUIRREF, C., CHANF, R., MEYERA, K., KUHLMANA, A., TOWNESMITHA, A., EFFIO-CARBAJAL, J., FRÍAS-FERNANDEZ, F., BENITOB, M. Minimum inhibitory concentrations of medicinal plants used in Northern Peru as antibacterial remedies. **Journal of Ethnopharmacology** 132: 101–108. 2010.

CHAROENYING, P.; TEERARAK, M.; LAOSINWATTANA, C. An allelopathic substance isolated from *Zanthoxylum limonella* Alston fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 125, p. 411-416, 2010.

CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Seed germination and seedling emergence of *Synedrella* (*Synedrella nodiflora*) in tropical environment. **Weed science**, v. 57, p. 36-42, 2009.

CHEW, F. S.; RODMAN, J. E. Plant resources for chemical defense. In **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. Rosenthal, G. A.; Janzen, D. H. (eds.). New York: Academic Press, 1979.

CHRISTYBAPITA, D., DIVYAGNANESWARI, M., MICHAEL, R. D. Oral administration of *Eclipta alba* leaf aqueous extract enhances the non-specific immune responses and disease resistance of *Oreochromis mossambicus* Fish & Shellfish. **Immunology** 23, 840 – 852. 2007.

CLOSE, D.; MCARTHUR, C.; HAGERMAN, A. E.; DAVIES, N. W. BEADLE, C. L. Phenolic acclimation to ultraviolet-A irradiation in *Eucalyptus nitens* seedlings across a nutrient environmental gradient. **Photosynthetica**, v. 45 (1), p. 36-42, 2007.

CLOSE, D.; MCARTHUR, C.; PATERSON, S.; FITZGERALD, H.; WALSH, A.; KINCADE, T. Photoinhibition: a link between effects of the environment on eucalypt leaf chemistry and herbivory. **Ecology**, V. 84 (11), p. 2952-2966, 2003.

CLOSE, D.; MCARTHUR, C.; PATERSON, S.; HAGERMAN, A. E.; FITZGERALD, H. Differential distribution of leaf chemistry in eucalypt seedlings due to variation in whole-plant nutrient availability. **Phytochemistry**, v. 66, p. 215-221, 2005.

COLEY, P. D.; BRYANT, J. P.; CHAPIN, F. S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, v. 230, p. 895-899, 1985.

CORNELISSEN, T. G.; FERNANDES, G. W. Defence, growth and nutrient allocation in the tropical shrub *Bauhinia brevipes* (Leguminosae). **Austral ecology**, v. 26, p. 246-253, 2001.

DALAL, S., KATARIA, S.K. Pharmacological investigation of *Eclipta alba* as potent antibacterial agent. **Annals of Biology** 25 (2), 99-104. 2009.

- DEBA, F., XUAN, T.D., YASUDA, M., TAWATA, S. Chemical composition and antioxidant, antibacterial and antifungal activities of the essential oils from *Bidens pilosa* Linn. var. **Radiata**. **Food Control**, 19: 346–352. 2008.
- DIMO, T., RAKOTONIRINA, S.V., TAN, P.V., AZAY, J., DONGO, E.; CROS, G. Leaf methanol extract of *Bidens pilosa* prevents and attenuates the hypertension induced by high-fructose diet in Wistar rats. **Journal of Ethnopharmacology**, 83: 183–191. 2002.
- DIXIT, S.P.; ACHAR, M.P. Study of Bhringaraja (*Eclipta alba*) therapy in jaundice in children, **Journal of Scientific Research in Plants and Medicines**, v. 2, p. 96–100, 1981.
- EDWARDS, P. J.; WRATTEN, S. D. Ecologia das interações entre insetos e plantas. Colôção Temas de Biologia 27, EPU-EDUSP, 1981.
- FANKHAUSER, C. AND CHORY, J. Light control of plant development. **Annu. Rev. Cell Dev. Biol.**, v. 13, p. 203–229, 1997.
- FEENY, P. Plant apparency and chemical defense. In Biochemical interactions between plants and insects. Wallace, J. and Mansell (eds.). **Recent Adv. Phytochem.** v. 10, p. 1-40, 1976.
- FELIPPE, G.M. Fotomorfogênese. In: Ferri, M.G. (Coord.) **Fisiologia Vegetal 2**. São Paulo: Epu, 2.Ed., p.231-280, 1986.
- FUKUDA, N.; FUJITA, M.; OHTA, Y.; SASE, S.; NISHIMURA, S.; EZURA, H. Directional blue light irradiation triggers epidermal cell elongation of abaxial side resulting um inhibition of leaf epinasty in geranium under red light condition. **Scientia Horticulturae**, v.115, p. 176-182, 2008.
- FUNK, V.A., BAYER, R.J., KEELEY, S., CHAN, R., WATSON, L., EMEINHOLZER, B.,SCHILLING, E., PANERO, J.L., BALDWIN, B.G., GARCIA-JACAS, N., SUSANNA, A. & JANSEN, R.K. Everywhere but Antarctica: Using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. **Biol. Skr.** v. 55, p. 343-374, 2005.
- GOBO-NETTO, L., LOPES, N. P. Plantas Medicinais: Fatores De Influência No Conteúdo De Metabólitos Secundários.*Química Nova*, v.30, p. 374-381, 2007.

GOVÍN, E.S.; LÓPEZ, I. M. L.; GUERRA, C.C.; FIGUEREDO, D. C.; VÁZQUEZ, M. C.; FRRADÁ, C.A.R.. Caracterización y conservación de *Bidens alba*. (L.) DC. var. *radiata* (Sch. Bip.) Ballard. **Rev Cubana Plant Med.** v. 8 (3), p., 2003.

GRACE, S. C.; LOGAN, B. A. Energy dissipation and radical scavenging by the phenylpropanoid pathway. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London.** Series B. 355. p. 1499-1510, 2000.

GUSTAFSSON, M.H. & BREMER, K. Morphology and phylogenetic interrelationships of the Asteraceae, Calyceraceae, Campanulaceae, Goodeniaceae and related families (Asterales). **Amer. J. Bot.** v. 82(2), p. 250-265, 1995.

HARBORNE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. London: Academic Press, 1988.

HÄTTENSCHWILER, S.; VITOUSCK, P. M. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. **Tree**, v. 15, p. 238-243, 2000.

HERMS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or defend. **Quartely Rev. Biol.** v. 67, p. 283-335, 1992.

JEFFREY, C. Compositae: Introduction with key to tribes. Pages 61-87 in **Families and Genera of Vascular Plants, vol. VIII, Flowering Plants, Eudicots, Asterales** (J. W. Kadereit and C. Jeffrey, eds.). Springer-Verlag, Berlin, 2007.

JONES, C. G.; HARTLEY, S. E. A protein competition model of phenolic allocation. **Oikos**, v. 86 (1), p. 27-44, 1999.

KARBAN, R.; BALDWIN, I. T. **Induced responses to herbivory**. Chicago: The University of Chicago Press, 1997.

KIM, K.J., JANSEN, R.K., WALLACE, R.S., MICHAELS, H.J. & PALMER, J.D. Phylogenetic implications of *rbcL* sequence variation in the Asteraceae. **Ann. Miss. Bot. Gard.** v. 79(2), p. 428-445, 1992.

KISSMANN, C. G.; GROTH, D. 1992. **Plantas Infestantes E Nocivas**. São Paulo: Basf Brasileira. 798 P. T. II

KOTOKY, P.N. DAS. Medicinal plants used for liver diseases in some parts of Kamrup district of Assam, a North Eastern State of India. **J. Fitoterapia** 79, 384–387. 2008.

Kulip, J. An ethnobotanical survey of medicinal and other useful plants of Muruts in Sabah, Malaysia. **Telopea** 10(1): 2003.

KVIECINSKI, M. R.; FELIPE, K. B., SCHOENFELDER, T., WIESE, L. P. L., ROSSI, M. H., GONÇÁLEZ, E., FELICIO, J. D., WILHELM FILHO, D., PEDROSA, R. C. Study of the antitumor potential of *Bidens pilosa* (Asteraceae) used in Brazilian folk medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, 117: 69–75. 2008.

KVIECINSKI, M.R.; BENELLI, P.; FELIPE, K.B.; CORREIA, J.F.G.; PICH, C.T.; FERREIRA, S.R.S.; PEDROSA, R.C.. SFE from *Bidens pilosa* Linné to obtain extracts rich in cytotoxic polyacetylenes with antitumor activity. **Journal of Supercritical Fluids**, Article In Press. 2011.

LEAL, L.K.A.M., FERREIRA, A.A.G., BEZERRA, G.A., MATOS, F.J.A., VIANA, G.S.B.. Antinociceptive, anti-inflammatory and bronchodilator activities of Brazilian medicinal plants containing coumarin: a comparative study. **Journal of Ethnopharmacology** 70, 151–159. 2000

LEE, J. P.; MIN, B. S.; AN, R. B. NA, M. K.; LEE, H. K.; KIM, J. G.; BAR, K. H.; KANG, S. S. Stilbenes from the roots of *Pleuropterus ciliinervis* and their anti-oxidant activities. **Phytochemistry**, v. 64, p. 759-763, 2003.

MAJUMDAR, A.S.; SARAF, M.N.; MUKHERJEE, S.A.; PATERE, S.N.; ANDRADES, N. R.; KAMBLE, R.Y. Xanthine oxidase inhibition and superoxide anion scavenging activity of *Eclipta alba*. Linn. **Indian Drugs** 45 (10), 824-826. 2008.

MCKEY, D. B. Adaptative patters in alkaloid physiology. **Am. Nat.** v.108, p. 305-320, 1974.

MELO, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Plant-insect interactions: na evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Braz. J. Plant Physiol.** v. 14, p.71-81, 2002.

MELO, P.A., NASCIMENTO, M.C., MORS, W.B., SUAREZ-KURTZ, G. Inhibition of the myotoxic and hemorrhagic activities venoms by *Eclipta prostrata* (Asteraceae) extracts and constituents. **Toxicon** 32 (5), 595–603. 1994.

MOBOT- Missouri Botanical Garden -Tropicos Disponível em <http://www.tropicos.org/Home.aspx> Acesso em 09.01. 2011

MOON, Y.-H., WOO, E.-R., LEE, D.-H. Hypoglycemic effect of polysaccharide isolated from *Eclipta alba* L. Korean. **Journal of Pharmacognosy** 34 (3), 246-249. 2003.

MORINI, S.; MULEO, R. Effects of light quality on micropropagation of woody species. In: JAIN, S.M.; ISHII, K. **Micropropagation of woody trees and fruits**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. p.3-35, 2003.

MORS, W. B. Plants against snakebites. **Memorial Instituto Oswaldo Cruz**, v. 86 (2), p. 193, 1991.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical analysis**, v. 41, p. 1523-1542, 2006.

OH, M. M.; CAREY, E. E.; Rajashekar, C. B. Environmental stresses induce health-promoting phytochemicals in lettuce. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 47, p. 578-583, 2009.

OLFF, H.; BROWN, V. K.; DRENT, R. H. **Herbivores: between plants and predators**. London: Blackwell Science, 1999.

RAMAKRISHNAN, P.S. Ecology of *Eclipta alba* Hassk. **Proc Natl Inst Sci India Sect B Biol Sci**, v. 26, p. 191-204, 1960.

RATHI, M.; GOPALAKRISHNAN, S. Insecticidal activity of aerial parts of *Synedrella nodiflora* Gaertn (Compositae) on *Spodoptera litura*. **Journal of Central European Agriculture**, v. 7 (2), p. 289-296, 2006.

RHOADES, D. F. **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. New York: Academic Press., 1979.

ROBINSON, G. E. Orchids pollinated by euglossine bees. **Bee Word**. v. 56(2), p. 68-73, 1984.

SAKIHAMA, Y.; COHEN, M. F.; GRACE, S. C.; YAMASAKI, H. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. **Toxicology**, v.177 (1), p. 67-80, 2002.

SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4 Ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, p. 681, 1992.

SCAALZO, J.; POLITI, A.; PELLEGRINI, N.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition**, v. 21, p. 207-213, 2005.

SHANMUGAM, S.; GAYATHRI, N.; SAKTHIVEL, B.; RAMAR, S.; RAJENDRAN, K. Plants used as Medicine by Paliyar Tribes of Shenbagathope in Virudhunagar District of Tamilnadu, India. **Ethnobotanical Leaflets** 13: 370-78. 2009.

SILVA, G. A. R.; SANTOS, J. U. M. Novos registros de espécies da subtribo Ecliptinae (Heliantheae-Asteraceae) para a Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 40 (3), p. 499-508, 2010.

SINGH, A.K., RAGHUBANSHI, A.S., SINGH, J.S. Medical ethnobotany of the tribals of Sonaghati of Sonbhadra district, Uttar Pradesh, India. **Journal of Ethnopharmacology** 81, 31-41. 2002.

SINGH, B., SAXENA, A.K., CHANDAN, B.K., AGARWAL, S.G., ANAND, K.K. In vivo hepatoprotective activity of active fraction from ethanolic extract of *Eclipta alba* leaves. **Indian Journal of Physiology and Pharmacology** 45 (4), 435-441. 2001.

SMITH, H. Sensing The Light Enviroment: The Functions Of The Phytochrome Family. In: Photomorphogenesis In **Plants**. 2 Ed. (R.E. Kendrick And G.H.M. Kronenberg Eds.) Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, p. 377-416, 1994.

SOSA, T.; VALARES, C.; ALÍAS, J. C.; LOBÓN, N. C. Persistence of flavonoids in *Cistus ladanifer* soils. **Plant Soil**, v. 337, p. 51-63, 2010.

SOUSA C, PEREIRA DM, PEREIRA JA, BENTO A, RODRIGUES MA, DOPICO-GARCIA MS, VALENTÃO P, LOPES G, FERRERES F, SEABRA RM, ANDRADE PB. Multivariate analysis of tronchuda cabbage (*Brassica oleraceae* L. var *costata* DC) phenolics: influence of fertilizers. **J Agric Food Chem.** v. 56, p. 2231-2239, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TOLLRIAN, R.; HARVELL, C. D. **The ecology and evolution of inducible defenses**. New Jersey: Princeton University Press, 1999.

UPADHYAY, R.K., PANDEY, M.B., JHA, R.N., PANDEY, V.B. Eclalbatin, a triterpine saponins from *Eclipta alba*. **J. Asian Nat. Prod. Res.** 3, 213–217. 2001.

VENKATESHA, S. H., BERMAN, B. M., MOUDGIL, K. D. Herbal medicinal products target defined biochemical and molecular mediators of inflammatory autoimmune arthritis. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, 19: 21–29. 2011.

VICKERY, M. L.; VICKERY, B. **Secondary plant metabolism**. London: Mc Millan, 1981.

VINING, L.C. Secondary metabolism. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.8 (1), p. 90-91, 1992.

WEI, N., DENG, X.W. The Role Of The Cop/Det/Fus Genes In Light Control Of Arabidopsis Seedling Development. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 112 (3), p. 871-878, 1996.

WRIGHT, D.M., JORDAN, G.J., LEE, W.G., DUNCAN, R.P., FORSYTH, D.M., & COOMES, D.A. Do leaves of plants on phosphorus-impooverished soils contain high concentrations of phenolic defence compounds? **Functional Ecology**, v. 24, p. 52-61, 2010.

ZHANG, M., CHEN, Y. Chemical constituents of *Eclipta alba* (L.) Hassak. **Zhongguo Zhong Yao Za Zhi** 21, 480–481. 1996.

Capítulo I

Alocação de recursos para crescimento versus defesa em três espécies de Asteraceae.

Introdução

Diversas teorias evolutivas tentam explicar o dilema das plantas para alocar recursos para o crescimento, reprodução e defesa vegetal (Bryant *et al.* 1983, Coley *et al.* 1985, Herm & Mattson 1992). Herms e Mattson (1992) propuseram que há um compromisso (*trade-off*) entre a capacidade de uma planta crescer rapidamente e alocar menos recursos para defesa, e que em ambientes com nutrientes escassos é fundamental à sobrevivência da planta um investimento maior em defesa em o que resultou num crescimento lento. Sob esse aspecto, Almeida Cortez e colaboradores testaram em diversos trabalhos realizados em casa de vegetação (Phytotron) sob condições controladas de intensidade de luz e de disponibilidade de nutrientes, se havia um compromisso entre alocação de recursos para o crescimento e a produção de compostos secundários em 31 espécies de Asteraceae (Almeida-Cortez 1999, 2003, Almeida-Cortez & Shipley 2002, Shipley & Almeida-Cortez 2003). Os autores concluíram que nas espécies coletadas em diversas áreas das Províncias de Québec e Ontário, este “trade-off” não foi detectado.

As Asteraceae apresentam uma grande variedade de compostos de defesas (Cronquist, 1981), incluindo os de natureza fenólica. Esta família é considerada economicamente interessante pelo seu largo uso na alimentação, medicina e nas indústrias de cosméticos, corantes e inseticidas (Lawrence, 1951; Dillon, 1980). Em Pernambuco, a família é descrita como sendo uma das que possuem maior riqueza de espécies na Caatinga (Araújo *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2009). Das Asteraceae ocorrentes nesse ecossistema, *Eclipta alba* (L.) Hassk. *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. são espécies consideradas importantes pelas suas características invasoras em plantações e pelo seu uso na medicina popular (Dixit & Acar, 1981; Mors, 1991; Alvarez, *et al.*, 1999; Govín, *et al.*, 2003; Arantes *et al.*, 2005; Rathí & Gopalakrishnan, 2006).

A característica monofilética de Asteraceae (Funk *et al.* 2005; Jeffrey, 2007) confere às espécies desta família a qualidade de serem ótimas ferramentas de estudos comparativos entre elas. Considerando que algumas espécies desta família já foram estudadas quanto a relação em crescimento *versus* defesa por Almeida-Cortez (1999). Assim, o objetivo principal deste estudo foi verificar os efeitos da disponibilidade de nutrientes e de diferentes qualidades

de luz no crescimento e no teor de fenóis de espécies coletadas no semi-árido do nordeste brasileiro.

Metodologia

Obtenção das plântulas

Cipselas de *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. foram coletadas no mês de junho de 2008 no Vale do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil, e foram armazenadas em sacos de papel pardo sob 25°C até o momento da germinação.

Para a obtenção das plântulas, cipselas das três espécies foram postas para germinar no mês de julho de 2008, em placas de Petri, com papel filtro previamente umedecido, em câmara de BOD e mantido à 25°C, com fotoperíodo de 12 horas. Foram distribuídas 50 sementes por placa, num total de vinte placas de Petri por espécie. Cinco dias após a germinação, plântulas da mesma idade foram transferidas para potes de 500 mL contendo substrato do tipo vermiculita e areia lavada (na proporção de 1:1), sendo uma plântula por pote que em seguida foram acondicionados em câmara de crescimento e mantidas à 25°C, com fotoperíodo de 12 horas, com intensidade de luz de 300 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Experimento de Disponibilidade de Nutrientes

Após serem transferidas para a câmara de crescimento, as plântulas passaram por um período de aclimação, recebendo rega diária com água destilada, com solo mantido em sua capacidade de pote (CP), em sua máxima de retenção de água, a qual foi determinada seguindo metodologia sugerida por Souza *et al.* (2000). Após esse período, as plantas foram submetidas a três tratamentos nutritivos, utilizando-se três diluições de solução de Hoagland completa (100% (controle); 50%; e 25% de concentração), com rega diária até atingir a CP.

Experimento da Qualidade de luz

As plantas foram mantidas em câmara de crescimento do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal-UFPE, com fotoperíodo de 12/12 horas de claro/escuro, com intensidade luminosa de

300 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ com lâmpadas fluorescentes branca de 40W (de luz branca); posteriormente, foram submetidas a um fotoperíodo de 12/12 horas de claro/escuro, com intensidade luminosa de 300 $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, com a combinação de lâmpadas fluorescentes tipo Gro-lux® 40W e lâmpadas incandescentes de 100W (luz vermelha).

A intensidade luminosa foi avaliada com aparelho luxímetro marca De Lux Digital, em vários pontos da sala de crescimento, em diversas distâncias das lâmpadas.

Análise de crescimento

Após um período de 60, 75 e 90 dias do início dos tratamentos, dez indivíduos de cada tratamento foram coletados para obtenção das medidas de comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR); contado o número de folhas e de inflorescências; e determinada a biomassa seca da PA e PS. As biomassas secas da PA e PS foram obtidas através de pesagem em balança analítica do material seco, em estufa a 50° C, até se obter peso constante, em seguida, o material botânico foi macerado. Esse material foi armazenado em frascos de vidro, protegidos da luz e novamente desidratados em estufa à 50°C por duas horas para as análises fitoquímicas.

Análise fitoquímica

Os compostos fenólicos foram quantificados segundo metodologia proposta por Price & Butle (1977, 1978), modificada por Almeida-Cortez (1997). Inicialmente, foi feito um extrato com 0,5 g do material vegetal seco macerado com 10 mL de solução de metanol (com HCl à 8%), que foi agitado em Vortex por 2 minutos. O extrato ficou em repouso por 1 hora e posteriormente foi centrifugado por 2 minutos, a 1150 RPM. Uma alíquota de 250 μL do sobrenadante foi retirada e transferida para tubos de ensaio contendo 25 mL de água deionizada e os tubos de ensaio foram agitados em Vortex por dois minutos. Foram adicionados 3 mL do reagente de cloreto férrico (FeCl_3 0,1M em HCl 0,1M) e após três minutos foram adicionados 3 mL de reagente ferricianeto de potássio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0,008M em água deionizada). Após 15 minutos de repouso no escuro, as amostras foram lidas em espectrofotômetro a 720 nm (Almeida-Cortez 1997). As análises para quantificar os

compostos fenólicos totais foram realizadas no Laboratório de Ecologia Aplicada e Fitoquímica (LEAF), UFPE.

A concentração dos compostos fenólicos foi obtida através da comparação dos dados de absorbância das amostras com os obtidos através de uma curva padrão, feita com concentrações conhecidas de ácido gálico.

Os dados foram analisados através do teste ANOVA fatorial, utilizando-se o Software Statistica 7 e as diferenças entre as médias foram analisadas pelo teste de Tukey. A fim de evitar erros derivados da múltipla comparação, os dados foram corrigidos pelo índice de Bonferroni.

Resultados

Análise de crescimento

A qualidade da luz afetou fortemente o estabelecimento de *Eclipta alba* (L.). Das três espécies estudadas, esta foi a única espécie em que as plântulas não conseguiram se estabelecer sob condições de luz vermelha. Três tentativas de cultivo dessa espécie sob luz vermelha foram realizadas, porém nenhuma plântula sobreviveu. Assim, neste trabalho iremos apresentar a resposta de *E. alba* submetida apenas a diferentes disponibilidades de nutrientes.

A resposta de *E. alba* à disponibilidade de nutrientes foi significativa para todos os parâmetros de crescimento analisados nas três épocas de coleta, exceto quanto ao comprimento da raiz (CR) ($p=0,14$) e a razão parte aérea:raiz (PA:R) ($p=0,142$) aos 60 DAIT (Tabela 1). Nas três épocas de coleta, a PA:R apresentou uma redução no coeficiente a medida que se reduziu a disponibilidade de nutrientes, indicando que esta espécie investe mais na raiz em detrimento da parte aérea em ambientes com pouco nutrientes.

Tabela 1. Efeito da disponibilidade de nutrientes (DN) no crescimento de *Eclipta alba* (L.) Hassk. aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT), sob condições de luz branca. CR= comprimento da raiz; CPA= comprimento da parte aérea; PA:R= razão parte aérea:raiz; BSR= biomassa seca da raiz; BSA= biomassa seca da parte aérea; e NF= número de folhas. .

DAIT	DN (%)	CR (cm)	CPA (cm)	PA:R	BSR (g)	BSA (g)	NF
60	100	11,5 ± 1,5 ^a	10,6 ± 1,5 ^a	0,929 ± 0,16 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,2 ± 0,04 ^a	21,6 ± 4,4 ^a
	50	9,9 ± 1,1 ^a	7,5 ± 1,1 ^b	0,769 ± 0,12 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,03 ^b	17,4 ± 8,6 ^b
	25	7,6 ± 1,7 ^a	3,3 ± 1,0 ^c	0,443 ± 0,13 ^a	0,006 ± 0,004 ^b	0,02 ± 0,01 ^c	5,9 ± 1,6 ^c
75	100	12,4 ± 1,4 ^a	19,5 ± 2,4 ^a	1,586 ± 0,23 ^a	0,3 ± 0,08 ^a	0,4 ± 0,1 ^a	23,6 ± 4,8 ^a
	50	11,2 ± 0,8 ^b	16,6 ± 1,3 ^b	1,492 ± 0,20 ^a	0,2 ± 0,06 ^b	0,3 ± 0,08 ^b	15,4 ± 2,6 ^b
	25	9,8 ± 0,7 ^c	6,7 ± 2,0 ^c	0,713 ± 0,21 ^b	0,06 ± 0,05 ^c	0,06 ± 0,03 ^c	9,6 ± 1,5 ^c
90	100	14,3 ± 4,5 ^a	37,7 ± 5,4 ^a	2,431 ± 0,40 ^a	0,3 ± 0,2 ^a	0,9 ± 0,1 ^a	23,5 ± 4,2 ^a
	50	14,7 ± 2,5 ^a	24,7 ± 6,5 ^b	1,684 ± 0,44 ^b	0,3 ± 0,3 ^b	0,5 ± 0,2 ^b	15,7 ± 2,5 ^a
	25	10,9 ± 0,9 ^b	6,8 ± 3,6 ^c	0,628 ± 0,34 ^c	0,02 ± 0,01 ^c	0,05 ± 0,04 ^c	9,8 ± 2,1 ^b

Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos de DN, em cada época de coleta.

A disponibilidade de nutrientes influenciou no crescimento de *Bidens pilosa* (L.) aos 60 DAIT. Os comprimentos da raiz e da parte aérea e a biomassa seca da parte aérea ($p < 0,001$) variaram em função da disponibilidade de nutrientes. Porém, a PA:R e a BSR não diferiram em resposta a disponibilidade de nutrientes, independentemente da qualidade da luz (Tabela 2).

Aos 75 DAIT, a resposta de *B. pilosa* à disponibilidade de nutrientes no comprimento da raiz ($p < 0,001$) e na PA:R variou de acordo com a qualidade da luz, em que, sob luz vermelha, esses parâmetros de crescimento não foram afetados pela disponibilidade de nutrientes.

As análises feitas no comprimento da parte aérea, na PA:R, na biomassa seca da raiz ($p < 0,001$) e na biomassa seca da parte aérea ($p < 0,001$) apresentaram diferenças entre os tratamentos de disponibilidade de nutrientes aos 90 DAIT, enquanto que o comprimento da raiz não variou em função a disponibilidade de nutrientes, em nenhuma qualidade da luz.

Em todas as épocas de coleta, a PA:R reduziu a razão, à medida que foi disponibilizado menos nutriente para as plantas. A luz afetou a PA:R até os 75 DAIT, não apresentando diferenças aos 90 DAIT.

O número de folhas de *B. pilosa* foi uma variável afetada nas três idades, pela qualidade da luz ($p < 0,001$ nas três idades). Já a disponibilidade de nutriente apenas afetou o número de folhas das plantas que cresceram sob luz branca ($p < 0,001$). Entretanto, a partir dos 75 DAIT a interação entre esses dois fatores exerceu influência no número de folhas ($p < 0,001$ aos 75 e 90 DAIT) (Tabela 2). De uma maneira geral, *B. pilosa* se desenvolveu mais sob condição de LV. Apesar do número de folhas ter sido maior sob luz branca, a biomassa seca das folhas foi maior sob luz vermelha. Sob luz branca, *B. pilosa* apresentou uma plasticidade na produção das folhas, reduziu o seu tamanho e aumentando o seu número, quando comparado com a condição de luz vermelha.

Tabela 2. Efeito da qualidade da luz (QL) (Luz branca (LB) e luz vermelha (LV)) e da disponibilidade de nutrientes (DN) no crescimento médio de *Bidens pilosa* L. aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT). CR= comprimento da raiz; CPA= comprimento da parte aérea; PA:R= razão parte aérea:raiz; BSR= biomassa seca da raiz; BSA= biomassa seca da parte aérea; e NF= número de folhas.

QL	Idade (Dias)	DN (%)	CR (cm)	CPA (cm)	PA:R	BSR (g)	BSA (g)	NF
LB	60	100	13,9 ± 2,0 ^{a A}	8,3 ± 1,8 ^{a A}	0,602 ± 0,13 ^{a A}	0,03 ± 0,03 ^{a A}	0,13 ± 0,15 ^{a A}	16,9 ± 6,0 ^{a A}
		50	11,7 ± 2,3 ^{ab A}	7,2 ± 1,4 ^{a A}	0,643 ± 0,15 ^{a A}	0,02 ± 0,02 ^{a A}	0,04 ± 0,01 ^{a b A}	9,3 ± 1,8 ^{b A}
		25	9,7 ± 2,4 ^{b A}	4,6 ± 0,7 ^{b A}	0,495 ± 0,13 ^{a A}	0,003 ± 0,001 ^{a A}	0,01 ± 0,01 ^{b A}	7,8 ± 1,4 ^{b A}
	75	100	14,1 ± 2,1 ^{ab A}	13,0 ± 2,5 ^{a A}	0,945 ± 0,24 ^{a A}	0,13 ± 0,03 ^{a A}	0,5 ± 0,14 ^{a A}	25,4 ± 8,6 ^{a A}
		50	14,7 ± 2,3 ^{a A}	11,0 ± 1,1 ^{a A}	0,753 ± 0,13 ^{a A}	0,06 ± 0,04 ^{b A}	0,23 ± 0,11 ^{b A}	17,3 ± 8,9 ^{b A}
		25	10,6 ± 2,4 ^{b A}	6,1 ± 1,5 ^{b A}	0,597 ± 0,16 ^{b A}	0,008 ± 0,005 ^{c A}	0,04 ± 0,02 ^{c A}	12,2 ± 3,2 ^{b A}
	90	100	17,6 ± 2,2 ^{a A}	26,3 ± 11,1 ^{a A}	1,485 ± 0,54 ^{a A}	0,31 ± 0,08 ^{a A}	1,8 ± 0,5 ^{a A}	58,2 ± 13,5 ^{a A}
		50	18,9 ± 3,1 ^{a A}	20,1 ± 5,9 ^{a A}	1,109 ± 0,42 ^{a A}	0,25 ± 0,17 ^{a A}	1,1 ± 0,36 ^{b A}	39,4 ± 15,2 ^{b A}
		25	15,6 ± 3,0 ^{a A}	9,7 ± 4,5 ^{b A}	0,669 ± 0,39 ^{b A}	0,05 ± 0,05 ^{b A}	0,25 ± 0,2 ^{c A}	29,2 ± 13,7 ^{b A}
LV	60	100	20,1 ± 3,3 ^{a B}	7,6 ± 1,6 ^{a A}	0,380 ± 0,80 ^{a B}	0,068 ± 0,05 ^{a A}	0,2 ± 0,09 ^{a B}	8,3 ± 5,2 ^{a B}
		50	17,2 ± 3,2 ^{ab B}	6,5 ± 1,3 ^{ab A}	0,389 ± 0,11 ^{a B}	0,034 ± 0,023 ^{a A}	0,1 ± 0,04 ^{b A}	6,4 ± 2,7 ^{a A}
		25	15,2 ± 3,0 ^{b B}	5,4 ± 1,9 ^{b A}	0,354 ± 0,12 ^{a B}	0,026 ± 0,024 ^{a A}	0,06 ± 0,04 ^{b A}	6,1 ± 1,5 ^{a A}
	75	100	21,1 ± 3,1 ^{a B}	14,0 ± 1,7 ^{a A}	0,672 ± 0,10 ^{a B}	0,37 ± 0,12 ^{a B}	0,9 ± 0,16 ^{a B}	8,8 ± 2,7 ^{a B}
		50	23,5 ± 6,6 ^{a B}	9,9 ± 1,6 ^{b A}	0,452 ± 0,15 ^{a B}	0,14 ± 0,1 ^{b B}	0,32 ± 0,13 ^{b A}	6,0 ± 0,9 ^{a B}
		25	21,0 ± 4,6 ^{a B}	9,5 ± 0,8 ^{b B}	0,474 ± 0,13 ^{a A}	0,11 ± 0,04 ^{b B}	0,22 ± 0,06 ^{b B}	5,6 ± 1,3 ^{a B}
	90	100	20,8 ± 1,6 ^{a A}	23,39 ± 2,2 ^{a A}	1,129 ± 0,15 ^{a A}	0,71 ± 0,2 ^{a B}	1,9 ± 0,36 ^{a A}	10,1 ± 1,2 ^{a B}
		50	22,8 ± 4,6 ^{a A}	17,4 ± 2,1 ^{ab A}	0,795 ± 0,20 ^{ab A}	0,61 ± 0,16 ^{a B}	0,99 ± 0,08 ^{b A}	9,5 ± 1,4 ^{a B}
		25	23,9 ± 4,1 ^{a B}	14,3 ± 1,6 ^{b A}	0,613 ± 0,13 ^{b A}	0,39 ± 0,1 ^{b B}	0,6 ± 0,1 ^{c B}	8,8 ± 1,4 ^{a B}

Letras minúsculas iguais e maiúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos de DN e de QL, respectivamente, em cada época de coleta.

Das três espécies estudadas, *Synedrella nodiflora* (L.) foi a mais afetada pela disponibilidade de nutrientes e pela qualidade da luz (Tabela 3). A disponibilidade de nutrientes apenas não influenciou significativamente a PA:R e o número de folhas aos 60 DAIT, sob condição de luz vermelha. Ao passo que a qualidade da luz só deixou de exercer influência sobre a biomassa seca da raiz aos 60 DAIT e sobre a PA:R e o número de folhas, aos 75 DAIT.

A influência da disponibilidade de nutrientes sobre todos os parâmetros de crescimento analisados apenas ocorreu de acordo com a qualidade da luz, uma vez que, sob luz branca, esses parâmetros diferiram entre os tratamentos de disponibilidade de nutrientes, nas três épocas de coleta.

Da mesma forma que *E. alba* e *B. pilosa*, *S. nodiflora* reduziram a razão PA:R a medida que se disponibilizou menos nutriente para as plantas, apresentando os menores coeficientes quando comparado as demais espécies estudadas. A única condição de tratamento em que *S. nodiflora* investiu mais na parte aérea, em detrimento da raiz, foi sob luz vermelha em 100% de disponibilidade de nutrientes, o que foi evidenciado pela razão maior que 1,0.

A resposta de *S. nodiflora* quanto ao número de folhas variou de acordo com a idade das plantas. Aos 60 DAIT, apenas a qualidade da luz influenciou significativamente no número de folhas, já aos e 90 DAIT, a qualidade da luz e a disponibilidade de nutrientes afetaram ($p < 0,001$, para cada fator, nas duas idades), isoladamente, essa variável (Tabela 5).

A única espécie estudada que atingiu a fenofase de floração foi *S. nodiflora*, a qual passou a produzir inflorescências a partir dos 75 DAIT, sob luz vermelha. A influência da DN foi significativa ($p < 0,001$) apenas aos 90 DAIT (Tabela 3).

Da mesma forma que *B. pilosa*, *S. nodiflora* apresentou um melhor desenvolvimento sob condições de luz vermelha.

Tabela 3. Efeito da qualidade da luz (QL) e da disponibilidade de nutrientes (DN) no crescimento de *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT). CR= comprimento da raiz; CPA= comprimento da parte aérea; PA:R= razão parte aérea:raiz; BSR= biomassa seca da raiz; BSA= biomassa seca da parte aérea; NF= número de folhas; e NI= número de inflorescências.

DL	DAIT	DN (%)	CR (cm)	CPA (cm)	PA:R	BSR (g)	BSA (g)	NF	NI	
LB	60	100	12,2 ± 2,9 ^{a A}	5,1 ± 1,4 ^{a A}	0,449 ± 0,19 ^{a A}	0,02 ± 0,005 ^{a A}	0,01 0,004 ^{a A}	14,2 ± 4,3 ^{a A}	-	
		50	7,8 ± 1,4 ^{b A}	2,4 ± 0,7 ^{b A}	0,320 ± 0,12 ^{a A}	0,006 ± 0,002 ^{b A}	0,004 0,001 ^{ab A}	10,0 ± 3,7 ^{b A}	-	
		25	5,2 ± 1,4 ^{c A}	0,8 ± 0,2 ^{c A}	0,154 ± 0,05 ^{b A}	0,002 ± 0,001 ^{b A}	0,001 ± 0,0003 ^{b A}	9,2 ± 3,0 ^{b A}	-	
	75	100	13,0 ± 1,3 ^{a A}	6,2 ± 1,9 ^{a A}	0,475 ± 0,14 ^{a A}	0,03 ± 0,02 ^{a A}	0,2 ± 0,08 ^{a A}	16,1 ± 4,5 ^{a A}	-	
		50	9,0 ± 1,6 ^{ab A}	2,3 ± 0,8 ^{b A}	0,257 ± 0,09 ^{b A}	0,008 ± 0,003 ^{b A}	0,05 ± 0,03 ^{b A}	9,6 ± 4,1 ^{b A}	-	
		25	7,6 ± 1,3 ^{b A}	0,9 ± 0,3 ^{c A}	0,128 ± 0,04 ^{c A}	0,005 ± 0,005 ^{b A}	0,01 ± 0,004 ^{b A}	7,1 ± 1,9 ^{b A}	-	
	90	100	16,5 ± 1,4 ^{a A}	8,1 ± 2,9 ^{a A}	0,509 ± 0,19 ^{a A}	0,3 ± 0,1 ^{a A}	0,4 ± 0,1 ^{a A}	21,3 ± 7,1 ^{a A}	-	
		50	11,2 ± 1,6 ^{b A}	2,8 ± 0,9 ^{b A}	0,257 ± 0,09 ^{b A}	0,06 ± 0,04 ^{b A}	0,08 ± 0,06 ^{b A}	9,1 ± 5,3 ^{b A}	-	
		25	7,25 ± 1,6 ^{c A}	1,2 ± 0,3 ^{b A}	0,172 ± 0,04 ^{b A}	0,01 ± 0,01 ^{c A}	0,01 ± 0,001 ^{c A}	6,9 ± 2,5 ^{b A}	-	
	LV	60	100	15,6 ± 4,6 ^{a B}	3,8 ± 2,1 ^{a A}	0,241 ± 0,10 ^{a B}	0,03 ± 0,03 ^{a A}	0,06 ± 0,05 ^{a B}	7,5 ± 3,1 ^{a B}	-
			50	13,2 ± 2,2 ^{ab B}	2,2 ± 0,5 ^{b A}	0,170 ± 0,04 ^{a B}	0,007 ± 0,005 ^{b A}	0,03 ± 0,02 ^{b B}	6,8 ± 2,0 ^{a A}	-
			25	11,8 ± 2,2 ^{b B}	1,6 ± 0,9 ^{b B}	0,139 ± 0,03 ^{a A}	0,003 ± 0,001 ^{b A}	0,01 ± 0,005 ^{b B}	7,1 ± 2,0 ^{a A}	-
75		100	17,9 ± 2,0 ^{a B}	10,4 ± 1,8 ^{a B}	0,582 ± 0,08 ^{a A}	0,12 ± 0,04 ^{a B}	0,5 ± 0,1 ^{a B}	12,7 ± 3,21 ^{a A}	0,4 ± 0,7 ^a	
		50	16,6 ± 4,3 ^{ab B}	5,6 ± 1,9 ^{a B}	0,335 ± 0,08 ^{b A}	0,06 ± 0,04 ^{b B}	0,2 ± 0,1 ^{b B}	7,1 ± 1,7 ^{b A}	0,2 ± 0,4 ^a	
		25	14,1 ± 2,2 ^{b B}	2,5 ± 0,6 ^{c B}	0,177 ± 0,03 ^{c A}	0,01 ± 0,007 ^{c A}	0,05 ± 0,03 ^{c B}	4,8 ± 1,01 ^{b A}	-	
90		100	21,0 ± 2,0 ^{a B}	37,0 ± 6,3 ^{a B}	1,760 ± 0,23 ^{a B}	0,6 ± 0,09 ^{a B}	2,3 ± 0,24 ^{a B}	40,7 ± 4,7 ^{a B}	7,5 ± 2,4 ^a	
		50	25,43 ± 3,0 ^{b B}	24,7 ± 6,0 ^{b B}	0,972 ± 0,19 ^{b B}	0,4 ± 0,1 ^{b B}	1,1 ± 0,3 ^{b B}	21,3 ± 5,0 ^{b B}	4,4 ± 1,7 ^b	
		25	21,0 ± 3,1 ^{a B}	9,9 ± 2,5 ^{c B}	0,464 ± 0,08 ^{c B}	0,2 ± 0,08 ^{c B}	0,4 ± 0,1 ^{c B}	11,9 ± 3,8 ^{c B}	1,6 ± 1,3 ^c	

Letras minúsculas iguais e maiúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos de DN e de QL, respectivamente, em cada época de coleta.

Produção de compostos fenólicos

Eclipta alba (L.) apresentou diferenças significativas na produção de compostos fenólicos aos 60, 75 e 90 DAIT ($p < 0,001$) em resposta a disponibilidade de nutrientes (Tabela 4). Aos 60 DAIT, a produção de compostos fenólicos decresceu à medida que foi disponibilizado mais nutriente. Diferentemente, aos 75 DAIT, a espécie apresentou uma relação positiva entre a concentração de compostos fenólicos e a disponibilidade de nutrientes. Entretanto, aos 90 DAIT, *E. alba* apresentou uma concentração de compostos fenólicos similar nos tratamentos de 25% e 100% de solução Hoagland completa, reduzindo significativamente sua concentração no tratamento de 50%. A produção de compostos fenólicos em *E. alba* não apresentou uma relação, positiva ou negativa, com a disponibilidade de nutrientes. Nesse estudo, o padrão de produção desse metabólito variou de acordo com a época de coleta dos indivíduos de *E. alba*, dentro do gradiente de disponibilidade de nutrientes.

Tabela 4. Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Eclipta alba* (L.) Hassk. (Asteraceae) submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN), com diluições de solução Hoagland completa a 100% (Controle), 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).

DN (%)	CFT (mg/g)					
	60 DAIT		75 DAIT		90 DAIT	
	Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
100	115,86 ^a	30,70	309,33 ^a	23,96	312,81 ^a	59,45
50	167,26 ^b	11,87	284,53 ^{ab}	59,55	250,97 ^b	21,32
25	239,13 ^c	30,21	232,30 ^b	42,62	318,24 ^a	23,46

Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos de DN, em cada época de coleta.

A resposta de *B. pilosa* aos tratamentos de luz foi significativa ($p < 0,001$) quanto à concentração compostos fenólicos aos 60, 75 e 90 DAIT (Tabela 5). A resposta às diferentes disponibilidades de nutrientes apenas ocorreu sob condições de luz vermelha,

aos 60 e 90 DAIT. *B. pilosa* também apresentou uma maior concentração de compostos fenólicos sob luz vermelha, quando comparado com a luz branca.

Tabela 5. Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Bidens pilosa* L submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN), com diluições de solução Hoagland completa a 100% (Controle), 50% e 25%, a e duas qualidades de luz (QL), luz vermelha (LV) e luz branca (LB), analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).

QL	DN (%)	CFT (mg/g)					
		60 DAIT		75 DAIT		90 DAIT	
		Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
LB	100	49,56 ^{a B}	14,54	213,22 ^{a B}	11,60	304,87 ^{a B}	12,98
	50	40,93 ^{a B}	9,67	172,55 ^{a B}	5,59	369,36 ^{a B}	27,96
	25	81,74 ^{a B}	7,32	187,73 ^{a B}	16,37	314,62 ^{a B}	12,56
LV	100	642,07 ^{a A}	30,07	843,20 ^{a A}	84,36	559,20 ^{a A}	74,15
	50	498,05 ^{b A}	42,80	484,07 ^{a A}	178,55	758,10 ^{b A}	71,80
	25	773,83 ^{c A}	56,94	846,12 ^{a A}	45,32	963,20 ^{c A}	36,15

Letras minúsculas iguais e maiúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos de DN e de QL, respectivamente, em cada época de coleta.

Synedrella nodiflora (L.) Gaertn. também apresentou diferenças significativas na produção de compostos fenólicos entre os dois tratamentos de luz ($p < 0,001$) e entre os três tratamentos de disponibilidade de nutrientes ($p < 0,001$), apresentando maiores concentrações sob luz vermelha. Em geral, os indivíduos de *S. nodiflora* apresentaram uma concentração de compostos fenólicos reduzida à medida que se aumentou a disponibilidade de nutrientes. Aos 75 DAIT, essa produção não apresentou diferenças entre os três tratamentos de disponibilidade de nutrientes, sob condições de luz branca (Tabela 6).

Tabela 6. Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN) com diluições de solução Hoagland completa a 100% (Controle), 50% e 25% e a duas qualidades de luz (QL) luz vermelha (LV) e luz branca (LB), analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).

QL	DN (%)	CFT (mg/g)					
		60 DAIT		75 DAIT		90 DAIT	
		Médias	DP	Médias	DP	Médias	DP
LB	100	99,29 ^{a B}	4,89	89,68 ^{a B}	10,64	89,26 ^{a B}	41,17
	50	133,41 ^{b A}	16,06	72,13 ^{a B}	4,44	98,59 ^{b A}	6,59
	25	147,48 ^{b B}	9,65	94,27 ^{a B}	10,72	144,00 ^{b B}	15,81
LV	100	232,44 ^{a A}	10,34	221,6 ^{a A}	8,55	70,46 ^{a A}	13,98
	50	116,70 ^{b A}	12,69	180,77 ^{b A}	18,55	148,32 ^{b A}	23,09
	25	203,47 ^{a A}	33,25	219,21 ^{a A}	33,22	227,57 ^{c A}	55,44

Letras minúsculas iguais e maiúsculas iguais indicam que não há diferença entre os tratamentos de DN e de QL, respectivamente, em cada época de coleta.

Compromisso no crescimento versus defesa química

A análise de regressão dos dados de crescimento e de concentração de compostos fenólicos não mostrou a relação em *E. alba* (L.) Hassk. na defesa versus crescimento ($p=0,045$, $p=0,045$ e $p=0,065$, respectivamente aos 60, 75 e 90 DAIT) em indivíduos cultivados em diferentes disponibilidades de nutrientes (Tabela 7).

A qualidade da luz influenciou significativamente no compromisso de alocação de recursos entre defesa e crescimento em *Bidens pilosa* L. aos de 60 e 90 DAIT ($p=0,019$ e $p=0,010$, respectivamente), enquanto que aos 75, esse compromisso não foi evidenciado ($p=0,106$). Sob condição de luz vermelha, esta espécie passou a investir mais em defesa química, quando comparado com condições de luz branca (Tabela 8).

Quanto à resposta de *B. pilosa* a disponibilidade de nutrientes, esta espécie apresentou um investimento significativamente maior em defesas, em detrimento do crescimento, aos 60, 75 e 90 DAIT.

Tabela 7. Biomassa seca total (BST) e concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Eclipta alba* (L.)Hassk. submetida a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes (DN) usando solução de Hoagland completa a 100%, 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).

	60 DAIT		75DAIT		90 DAIT	
DN (%)	BST (g)	CFT (mg/g)	BST	CFT (mg/g)	BST	CFT (mg/g)
100	0,24	115,86	0,70	309,33	1,20	312,81
50	0,10	167,26	0,50	284,53	0,80	250,97
25	0,01	239,13	0,12	232,30	0,07	318,24

Tabela 8. Biomassa seca total (BST) e Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Bidens pilosa* submetida a dois tratamentos de luz (luz vermelha (LV) e luz branca (LB)) e a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes, usando solução de Hoagland completa a 100%, 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).

		60 DAIT		75 DAIT		90 DAIT	
	DN (%)	BST	CFT (mg/g)	BST	CFT (mg/g)	BST	CFT (mg/g)
LB	100	0,13	49,56	0,63	213,22	2,11	304,87
	50	0,06	40,93	0,29	172,55	1,35	369,36
	25	0,01	81,74	0,05	187,73	0,30	314,62
LV	100	0,27	642,07	1,27	843,20	2,61	559,20
	50	0,13	498,05	0,46	484,07	1,60	758,10
	25	0,09	773,83	0,33	846,12	0,99	963,20

A luz não influenciou no compromisso em crescimento em *Sinedrella nodiflora* (L.) Gaertn., em nenhuma época de coleta ($p=0,076$, $p=0,064$ e $p=0,048$, respectivamente aos 60, 75 e 90 DAIT) (Tabela 9).

Tabela 9. Biomassa seca total (BST) e Concentração de compostos fenólicos totais (CFT) em *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. submetida a dois tratamentos de luz (luz vermelha (LV) e luz branca (LB)) e a três tratamentos de disponibilidade de nutrientes, usando solução de Hoagland completa a 100%, 50% e 25%, analisada aos 60, 75 e 90 dias após o início dos tratamentos (DAIT).

		60 DAIT		75 DAIT		90 DAIT	
	DN (%)	BST	CFT (mg/g)	BST	CFT (mg/g)	BST	CFT (mg/g)
LB	100	0,03	99,29	0,23	89,68	0,70	89,26
	50	0,01	133,41	0,06	72,13	0,14	98,59
	25	0,003	147,48	0,02	94,27	0,02	144,00
LV	100	0,09	232,44	0,62	221,6	2,90	70,46
	50	0,04	116,70	0,26	180,77	1,50	148,32
	25	0,01	203,47	0,06	219,21	0,60	227,57

Discussão

Análise de crescimento

A resposta a qualidade da luz variou entre as espécies estudadas, em que *Bidens pilosa* (L.) sofreu maior influência da luz branca, enquanto *Eclipta alba* (L.) e *Synedrella nodiflora* Gaertn. foram mais afetadas pela luz vermelha. Entretanto, foi na luz vermelha que *B. pilosa* e *S. nodiflora* apresentaram, de uma maneira geral, um maior desenvolvimento de seus indivíduos.

Estudos que avaliam os efeitos da luz sobre o crescimento vegetal, em geral, são focados na intensidade luminosa. Porém, trabalhos vêm sendo realizados, demonstrando a importância da qualidade da luz para as plantas (Li & Kubota, 2009; Macedo *et al.*, 2011). Macedo *et al.* (2011), avaliando os efeitos de qualidade da luz sobre *Alternanthera brasiliana* Kuntze, verificaram que a biomassa seca das folhas foi

significamente maior sob luz vermelha do que sob luz branca. Porém, Li & Kubota (2009) não verificaram diferenças entre os efeitos da luz branca e vermelha sobre crescimento de alface (*Lactuca sativa* L. cv. Red Cross), após 12 dias do início dos tratamentos de luz.

A razão PA:R, independentemente da qualidade da luz, apresentou um comportamento comum nas três espécies estudadas em resposta a disponibilidade de nutrientes, em que houve uma tendência de um maior investimento na raiz à medida que os nutrientes foram menos disponibilizados. *B. pilosa* e *S. nodiflora* também tiveram uma resposta comum a qualidade da luz, apresentando maiores coeficientes sob luz vermelha.

Resultados semelhantes foram obtidos em seis espécies de Asteraceae, *Achillea millefolium*, *Arctium minus*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Cichorium intybus*, *Matricaria matricarioides* e *Rudbeckia hirta*, que investiram mais em raiz à medida que a disponibilidade de nutrientes foi reduzida (Almeida-Cortez *et al.*, 2004).

Sob condições de déficit hídrico, as plantas tendem a investir mais na raiz na tentativa de obter água nos níveis mais profundos do solo. Essa estratégia também é usada pelas plantas que se desenvolvem sob condições limitantes de nutriente e de luz (Gunatilleke *et al.*, 1997).

A qualidade da luz também interferiu na fenofase de floração de *S. nodiflora*, a qual teve sua fase reprodutiva inibida pela luz branca. Neste estudo, até o momento da última coleta, esta espécie não conseguiu desenvolver suas inflorescências, mantendo-se na fase vegetativa.

A influência dos fatores analisados foi exercida, na maioria das variáveis, segundo a época de coleta, a indução isolada ou através da interação entre os fatores, de forma diferenciada dentro de cada espécie, não apresentando um padrão de efeitos nas três espécies estudadas. Isso pode ocorrer devido a características intrínsecas de cada espécie. Na natureza, as plantas estão sujeitas aos fatores bióticos e abióticos, que ocorrem simultaneamente, de forma integrada. A avaliação da ação dos fatores de forma integrada aproxima-se mais da realidade vivenciada pelas plantas na natureza do que a análise de forma isolada.

Produção de compostos fenólicos

A resposta na produção de compostos fenólicos à disponibilidade de nutrientes variou entre as espécies estudadas. O estímulo a uma maior produção destes compostos ocorreu em função da idade em *Eclipta alba* (L.) Hassk., da qualidade da luz em *Bidens pilosa* (L.) e independentemente da qualidade da luz em *Sinedrella nodiflora* Gaertn., havendo uma tendência de uma maior produção de compostos fenólicos à medida que a disponibilidade de nutrientes foi reduzida.

Além de afetar o metabolismo primário, a disponibilidade de nutrientes também influencia no metabolismo secundário (Gobbo-Neto & Lopes, 2007). Esses resultados são consistentes com a teoria do balanço carbono/nutriente (Bryant *et al.*, 1983).

A produção de compostos fenólicos em *B. pilosa* e *S. nodiflora* foi influenciada pela luz vermelha, em que, de uma maneira geral, apresentaram maiores concentrações.

Vêm sendo demonstrado que a qualidade da luz influencia na produção de compostos fenólicos, havendo um maior estímulo ocasionado pela luz vermelha, quando comparado com os efeitos da luz branca (Galuszka *et al.*, 2005; Li & Kubota, 2009).

Compromisso em crescimento versus defesa química

Das três espécies estudadas, a única que apresentou um compromisso em crescimento *versus* defesa foi *Bidens pilosa* (L.) aos 60 e 90 DAIT. Apesar de *Sinedrella nodiflora* Gaertn. ter produzido uma maior concentração de compostos fenólicos sob condição de luz vermelha, a qualidade da luz não induziu um compromisso em crescimento *versus* defesa nessa espécie.

Outros estudos também não evidenciaram esse *trade-off* entre crescimento *versus* defesa em muitas espécies de Asteraceae ocorrentes no Canadá (Almeida-Cortez *et al.*, 1999, 2004; Almeida-Cortez & Shipley, 2002).

Opondo-se a teoria do balanço carbono nutriente, duas novas teorias foram elaboradas na tentativa de explicar o investimento de compostos fenólicos sob determinadas condições ambientais (Jones & Hartley, 1999; Close *et al.*, 2003; Wright,

et al., 2010). De acordo com a teoria do Modelo da Proteína Competição, o maior investimento na produção de compostos fenólicos em ambientes com pouca disponibilidade de nutrientes, deve-se ao fato de nesses ambientes a produção de proteína ser reduzida, disponibilizando a fenilalanina, um precursor comum das proteínas de dos compostos fenólicos (Jones & Hartley, 1999). Já a teoria da Fotoinibição, prediz que o aumento na produção de compostos fenólicos em ambientes com maior intensidade luminosa e com disponibilidade de nutrientes reduzida não é devido a um mecanismo de defesa da planta contra a herbivoria, mas sim, de defesa contra danos causados pelo excesso de luz nas folhas (Close *et al.*, 2003).

Conclusões

Os resultados obtidos no presente estudo, evidenciam a importância da luz vermelha no desenvolvimento vegetal, podendo ser negativa, como foi para *Eclipta alba* (L.) Hassk; ou positiva, estimulando um maior desenvolvimento das plantas e uma maior produção de compostos fenólicos, como ocorreu em *Bidens pilosa* (L.) e *Synedrella nodiflora* Gaertn.

Neste trabalho, a teoria da disponibilidade de recursos foi refutada para as espécies *E. alba* e *S. nodiflora*. Porém os resultados de *B. pilosa* corroboram com a teoria da disponibilidade de recursos por apresentarem uma relação com crescimento *versus* defesa, apesar de aos 60 DAIT não ter ocorrido esse compromisso.

Referências bibliográficas

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. **La relation entre l'allocation aux composés secondaires et le taux de croissance relatif chez les Asteraceae**. Tese de Doutorado. Université de Sherbrooke, Québec, 1997.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Herbivoria e mecanismos de defesa vegetal. In: **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SHIPLEY, B. No significant relationship exists between seedling relative growth rate under nutrient limitation and potential tissue toxicity. **Functional Ecology**, v. 16, p. 122-127, 2002.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SHIPLEY, B.; ARNASON, J. T. Do plant species with high relative growth rates have poorer chemical defences? **Ecology**, v. 13, p. 819-827, 1999.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SHIPLEY, B.; ARNASON, J. T. Growth and chemical defense in relation to resource availability: tradeoffs or common responses to environmental stress? **Brazilian Journal of Biology**, v. 64 (2), p. 187-194, 2004.

ALVAREZ, A.; POMAR, F.; SEVILLA, M. A.; MONTERO, M. J. Gastric antisecretory and antiulcer activities of an ethanolic extract of *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Schult. Bip. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 67(3), p. 333-340, 1999.

ARANTES, M. C. B.; SIMON, F. P.; RIBEIRO, P. A. M.; REZENDE, M. H.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Caracterização farmacognóstica de *Eclipta alba* (L.) Hassk, Asteraceae (Agrião do Brejo). **Revista Eletronica de Farmacia**, v. 2 (2), p. 21-24, 2005.

ARAÚJO, E. L.; ANDRADE, K. S.; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, S. I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em Uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. **Acta bot. Bras.** v. 19 (2)., 2005.

BRYANT, J. P.; Chapin III, F. S.; Klein, D. R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**. v. 40, p. 357-368, 1983.

CLOSE, D.; MCARTHUR, C.; PATERSON, S.; FITZGERALD, H.; WALSH, A.; KINCADE, T. Photoinhibition: a link between effects of the environment on eucalypt leaf chemistry and herbivory. **Ecology**, v. 84 (11), p. 2952-2966, 2003.

COLEY, P. D.; BRYANT, J. P.; CHAPIN, F. S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, v. 230, p. 895-899, 1985.

CRONQUIST, A. **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York: Columbia University Press, 1981.

DILLON, M. O. Compositae: Introduction to Family, In: J.F. Macbride & Collaborators, Flora of Peru, Fieldiana. **Botany**, N.S. 5, 12-21. 1980.

GALUSZKA P, FRÉBORTOVÁ J, LUHOVÁ L, BILYEU KD, ENGLISH JT, FRÉBORT, I. Tissue localization of cytokinin dehydrogenase in maize: Possible involvement of quinone species generated from plant phenolics by other enzymatic systems in the catalytic reaction. **Plant Cell Physiol**. 46: 716-728, 2005.

GOBO-NETTO, L., LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374-381. 2007.

GOVÍN, E.S.; LÓPEZ, I. M. L.; GUERRA, C.C.; FIGUEREDO, D. C.; VÁZQUEZ, M. C.; FERRADÁ, C.A.R.. Caracterización y conservación de *Bidens alba*. (L.) DC. var. *radiata* (Sch. Bip.) Ballard. **Rev Cubana Plant Med**. v. 8 (3), p., 2003.

GUNATILLEKE, C. V. S.; GUNATILLEKE, I. A. U. N.; PERERA, G. A. D.; BURSLEN, D. F. R. P.; ASHTON, P. M. S. & ASHTON, P. S. Responses to nutrient addition among seedlings of eight closely related species of *Shorea* in Sri Lanka. **Journal of Ecology**, v. 85, p. 301-311, 1997.

FUNK, V.A., BAYER, R.J., KEELEY, S., CHAN, R., WATSON, L., EMEINHOLZER, B., SCHILLING, E., PANERO, J.L., BALDWIN, B.G., GARCIA-JACAS, N., SUSANNA, A. & JANSEN, R.K. Everywhere but Antarctica: Using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. **Biol. Skr.** v. 55, p. 343-374, 2005.

HARBORNE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. London: Academic Press, 1988.

HERMS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or defend. **Quarterly Rev. Biol.** v. 67, p. 283-335, 1992.

JEFFREY, C. Compositae: Introduction with key to tribes. Pages 61-87 in **Families and Genera of Vascular Plants, vol. VIII, Flowering Plants, Eudicots, Asterales** (J. W. Kadereit and C. Jeffrey, eds.). Springer-Verlag, Berlin, 2007.

JONES, C. G.; HARTLEY, S. E. A protein competition model of phenolic allocation. **Oikos**, v. 86 (1), p. 27-44, 1999.

LAWRENCE, G. H. M. **Taxonomia das plantas vasculares**. V. 2. Lisboa: Fundação Calauste Gulbenkian, 1951.

LI, Q., KUBOTA, C., Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67(1), p. 59-64, 2009.

MACEDO, A. F.; LEAL-COSTA, M. V.; TAVARES, E. S.; LAGE, C. L. S.; ESQUIBEL, M. A. The effect of light quality on leaf production and development of *in vitro*-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, p. 43-50, 2011.

OLFF, H.; BROWN, V. K.; DRENT, R. H. **Herbivores: between plants and predators**. London: Blackwell Science, 1999.

PRICE, M. L.; BUTLER, L. G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. **J. Aric. Food. Chem.** v.25, p. 1268, 1977.

RHOADES, D. F. **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. New York: Academic Press, 1979.

RATHI, M.; GOPALAKRISHNAN, S. Insecticidal activity of aerial parts of *Synedrella nodiflora* Gaertn (Compositae) on *Spodoptera litura*. **Journal of Central European Agriculture**, v. 7 (2), p. 289-296, 2006.

SILVA, K. A.; ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta Bot. Bras.** v.23 (1), p. 100-110, 2009.

SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de Métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo do algodoeiro herbáceo. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4 (3), p. 338-342, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

WRIGHT, D.M., JORDAN, G.J., LEE, W.G., DUNCAN, R.P., FORSYTH, D.M., & COOMES, D.A. Do leaves of plants on phosphorus-impooverished soils contain high concentrations of phenolic defence compounds? **Functional Ecology**, v. 24, p. 52-61, 2010.

Capítulo II

Teor de óleo e perfil de ácidos graxos em cipselas de três espécies de Asteraceae ocorrentes no Estado de Pernambuco, Brasil.

Introdução

Os óleos fixos são produtos do metabolismo vegetal e têm alto valor nutritivo para seres humanos como fontes naturais de ácidos graxos essenciais como o ácido linoléico e linolênico (Pinho, 2009). Os óleos também são usados como componentes importantes nas indústrias de sabões, detergentes, cosméticos, tintas, lubrificantes e combustíveis (Rittner, 1996).

Apesar da importância econômica dos óleos vegetais e de as composições de ácidos graxos de muitas espécies terem sido bastante estudadas, apenas poucas espécies são usadas na agricultura e nas indústrias de óleo (Pinho, 2009). Há algumas décadas, a busca de fontes alternativas de óleo de floras tropicais vem aumentando (Princen, 1983; Foidl *et al.*, 1996).

De acordo com Pinho (2009), muito interesse tem-se centrado nas regiões semiáridas, e muitos estudos estão sendo realizados para avaliar o potencial de produção deste tipo de vegetação. A Caatinga é o principal ecossistema do Nordeste do Brasil, onde cerca de 18 milhões de pessoas vivem nessa região semiárida, que compreende 900,000 km² (Araújo *et al.*, 2002). Estudos fitosociológicos apontam a família Asteraceae como uma das que possuem maior riqueza no componente herbáceo (Araújo *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2009).

Em um levantamento bibliográfico realizado por Barbosa *et al.* (2010), de espécies vegetais brasileiras com potencial oleaginoso para aproveitamento na produção de biodiesel, foi verificado que a maioria das espécies de Asteraceae já estudadas, quanto ao teor de óleo e do perfil de ácidos graxos, possui uma concentração elevada de ácidos graxos insaturados ($\geq 50\%$ de ácido oléico+linoléico).

Estudos que identifiquem plantas oleaginosas com potencial para serem cultivadas pela população local, de forma a atender as necessidades de energia e alimentos, que podem permitir o uso sustentável dos recursos vegetais locais, são muito importantes (Pinho, 2009), sobretudo para espécies de famílias de elevada abundância como as que ocorrem naturalmente na Caatinga pernambucana e que muitas de suas espécies têm um perfil de ácidos graxos interessante do ponto de vista econômico.

objetivou-se caracterizar o teor de óleo e o perfil de ácidos graxos de três espécies herbáceas desta família ocorrentes no Nordeste do Brasil.

Metodologia

Espécies estudadas

Cipselas de *Eclipta alba* (L.) Hassk. *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. foram coletadas no mês de junho de 2008 no Vale do Catimbau, Pernambuco, Brasil, e foram armazenadas em sacos de papel pardo sob temperatura ambiente até o momento da extração do óleo. *B. pilosa* e *S. nodiflora* apresentam dois morfotipos de cipselas em seus capítulos. Neste trabalho, foi considerado como Morfotipo I, a cipsela central e Morfotipo II, a periférica, para ambas as espécies.

Extração e determinação do teor de óleo

As cipselas das três espécies foram desidratadas em estufa a 60°C por 48 horas e o óleo extraído Soxhlet por 8 h, utilizando-se *n*-hexano como solvente (Ahmad *et al.*, 1981). O solvente foi evaporado em evaporador rotatório e o óleo armazenado em vidros previamente pesados.

Os vidros foram mantidos em dessecador, e pesados diariamente até atingirem peso constante. O percentual de óleo obtido foi calculado com base na média aritmética da triplicata de cada amostra.

Hidrólise e obtenção dos metil-ésteres

O conteúdo de ácidos graxos do óleo das sementes foi determinado a partir da hidrólise dos triglicerídeos. Em 25 mg de óleo, adicionou-se 1,5 mL de solução metanólica de NaOH (0,5 N), aquecendo a 100°C em banho-maria por 10 minutos e posteriormente arrefecendo em gelo por 5 minutos. Após hidrólise, os ácidos graxos foram convertidos para metil-ésteres, através da adição de 2,5 mL de solução metanólica de BF₃, sendo aquecida mais uma vez em banho-maria por 30 minutos e arrefecida por mais 5 minutos. Adicionou-se 2,5 mL de solução de NaCl (1%) e 3 mL de *n*-heptano. As amostras foram agitadas e centrifugadas por 5 minutos a 3.000 rotações por minuto (rpm) e posteriormente a umidade retirada com 0,1 g de sulfato de sódio anidro. A fase superior (orgânica) obtida após a centrifugação foi isolada em recipiente de vidro e armazenada sob refrigeração (4°C) até análise.

Análise cromatográfica

Os ácidos graxos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa de impacto eletrônico (Shimadzu 17A QP5050, Kyoto, Japão) equipado com um detector de ionização de chama e um DB-5 fundidos a uma coluna de sílica capilar (5% difenil e dimetilpolissiloxano 95%, 30 m × 0,25 mm). A temperatura inicial da coluna foi de 150°C, e subiu a uma taxa de 4°C / min. a 250°C, e em seguida, manteve-se em 250°C por 20 min. Detector e injetor tiveram temperaturas de 280°C, e hélio foi usado como gás de arraste a uma taxa de fluxo de 39 cm³/ min.

Os ácidos graxos foram identificados através de comparações com os tempos de retenção dos padrões de ácidos graxos metil-ésteres, e comparações de sua massa de dados espectrais com aqueles disponíveis na biblioteca Wiley229. As quantidades relativas de cada ácido graxo foram determinadas através da comparação da área integrada de seu pico com as áreas integradas dos picos das amostras padrão de ácidos graxos. As análises cromatográficas foram realizadas no Departamento de Química Analítica da UFPE.

Resultados e discussão

As cipselas das espécies estudadas apresentaram teores de óleo que variaram de $7,57 \pm 1,68\%$ (*Bidens pilosa* L. morfotipo I) a $17,42 \pm 0,91\%$ (*Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. morfotipo II) (Tabela 1). Os teores também variaram de acordo com o morfotipo das cipselas, tanto em *B. pilosa* e *S. nodiflora*, com o morfotipo II apresentando maior quantidade de óleo ($13,65 \pm 0,7\%$ e $17,42 \pm 0,91\%$, respectivamente) (Tabela 1), percebendo-se que a estocagem de lipídios nessas espécies é influenciada pelo morfotipo das cipselas.

Os teores de óleo apresentados pelas espécies foram inferiores quando comparados ao de outras espécies de Asteraceae pertencentes à mesma tribo (Heliantheae) (Seiler *et al.*, 2010), como espécies de *Guizotia* (*G. arborescens* – 30,7%; *G. scabra* – 31,3% e *G. villosa* – 27, 4%) (Dagne e Jonsson, 1997), bem como de espécies já utilizadas economicamente como *Guizotia abyssinica* (42,4%) e *Helianthus*

annuus (42,2%) (Dagne e Jonsson, 1997; Erbas e Baydar, 2007; Reda e Carneiro, 2007).

Foram detectados oito tipos ácidos graxos, predominando os de cadeia longa, houve pouca variação quando se comparou o teor de óleo entre os morfotipos das cipselas (Tabela 1). O ácido mais representativo nas duas das espécies foi o ácido linoléico (C18:2), à exceção de *E. alba*, em que o ácido palmítico se apresentou em maiores quantidades (36,34%) (Tabela 1). O predomínio do ácido linoléico é característico em óleo de cipselas de Asteraceae, conforme visto em *Carthamus tinctorius* (75,9%) (Grieco e Piepoli, 1967) e *Helianthus annuus* (68,4%) (Reda e Carneiro, 2007; Erbas e Baydar, 2007), merecendo destaque ainda a espécie *Iva xanthifolia*, onde esse ácido perfaz cerca de 80% do óleo (Daun e Tkachuk, 1976).

Em *S. nodiflora* nota-se a ocorrência dos ácidos graxos de cadeia longa araquídico (C20:0), behênico (C22:0) e lignocérico (C24:0) (Tabela 1). Esses ácidos, em geral, são menos frequentes em óleos vegetais, no entanto, há registros de sua ocorrência, muito embora em quantidades mínimas, em Asteraceae como em espécies de *Guizotia* (Dagne e Jonsson, 1997). No entanto, em todas as espécies estudadas houve a presença de ácidos graxos não identificados (Tabela 1), que devido à complexidade de suas moléculas podem ser ácidos graxos incomuns. A família Asteraceae é conhecida por conter uma variedade de ácidos graxos incomuns (Tsevegsuren *et al.*, 2000), como ácidos graxos insaturados *cis* ou *trans* com duplas ligações nas posições 3 ou 5, ou conjugados, acetilênicos, epoxilados ou hidroxilados (Tsevegsuren *et al.*, 1999). Espécies de *Saussurea* e *Youngia* são exemplos da presença de tais ácidos, visto que seu óleo contém o ácido γ -linolênico, e *Vernonia galamensis* que apresenta 80% do vernólico, um ácido epoxilado (Fizeha *et al.*, 2010).

A presença desses ácidos incomuns nas espécies confere a esses óleos interesse econômico, pois alguns deles possuem efeito terapêutico sendo comercializados como fitoterápicos (γ -linolênico) (Tsevegsuren e Aitzetmüller, 1996) ou então utilizados na indústria de oleoquímicos como solventes de tintas e vernizes, por possuírem baixa viscosidade e polimerização (ácidos epóxi – ácido vernólico) (Fizeha *et al.*, 2010). Logo, estudos mais detalhados devem ser feitos com essas espécies a fim de identificar se estas também apresentam ácidos graxos incomuns.

Conclusão

Dentre as espécies estudadas, as cipselas do morfotipo II de *Synedrella nodiflora* apresentaram o maior conteúdo de óleo. O teor de óleo nos morfotipos das cipselas de *Bidens pilosa* e *Synedrella nodiflora* foi superior no morfotipo II, mas ainda sendo inferiores ao de outras espécies de Asteraceae.

O perfil de ácidos graxos seguiu o padrão comum as Asteraceae, onde o ácido linoléico foi o mais representativo. Em todas as espécies ocorreram ácidos que não puderam ser identificados. Assim, estudos mais detalhados sobre o perfil de ácidos graxos em Asteraceae devem ser realizados, a fim de identificar se estes ácidos graxos são incomuns, já que a ocorrência desse tipo de ácido é frequente na família em questão.

Tabela 1. Teor relativo de óleo e perfil de ácidos graxos de cipselas de *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. (Asteraceae) provenientes do Vale do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil.

Espécies	Óleo ^A (%)	Ácidos graxos ^B (%)										
		C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C22:0	C24:0	NI	SAT	INSAT
<i>E. alba</i>	11,90 ± 1,37	n.d.	36,34	13,33	n.d.	34,93	n.d.	n.d.	n.d.	12,88	49,67	34,93
<i>B. pilosa</i> I	7,57 ± 1,68	-	38,11	9,30	-	45,27	-	-	n.d.	5,78	47,41	45,27
<i>B. pilosa</i> II	13,65 ± 0,70	-	37,93	4,29	8,58	44,16	n.d.	n.d.	n.d.	4,78	42,22	52,74
<i>S. nodiflora</i> I	9,98 ± 0,67	-	19,79	8,93	4,32	34,22	3,59	13,35	3,70	7,60	49,36	38,54
<i>S. nodiflora</i> II	17,42 ± 0,91	n.d.	19,64	9,50	4,31	41,08	3,45	12,34	3,17	6,50	48,1	45,39

^AOs dados são médias das três determinações. ^B - = traços; n.d.= Não detectado; C14:0= ácido mirístico; C16:0 = ácido palmítico; C18:0 = ácido esteárico; C18:1 = ácido oléico; C18:2 = ácido linoléico; C20:0 = ácido araquídico; C22:0 = ácido behênico; C24:0 = ácido lignocérico; NI = Não identificado; SAT = ácidos graxos saturados; INSAT = ácidos graxos insaturados.

Referências

- AHMAD, M.U.; HUSAIN, S.K.; OSMAN, S.M. Ricinoleic Acid In *Phyllanthus niruri* Seed Oil. **J. Amer. Oil Chem. Soc.**, v.58, p. 673-674, 1981.
- ALVAREZ, A.; POMAR, F.; SEVILLA, M. A; MONTERO, M. J. Gastric antisecretory and antiulcer activities of an ethanolic extract of *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Schult. Bip. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 67(3), p. 333-340, 1999..
- ARANTES, M. C. B.; SIMON, F. P.; RIBEIRO, P. A. M.; REZENDE, M. H.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Caracterização farmacognóstica de *Eclipta alba* (L.) Hassk, Asteraceae (Agrião do Brejo). **Revista Eletronica de Farmacia**, v. 2 (2), p. 21-24, 2005.
- ARAÚJO, E. L.; ANDRADE, K. S.; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, S. I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em Uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. **Acta bot. Bras.** v. 19 (2), p., 2005.
- BARBOSA, M. O.; PINHO, R.S., MAYWORM, M. A. S.; SALATINO, A.; SILVA, S. I. Famílias na flora brasileira com óleos de sementes potencialmente indicadas para aproveitamento na produção de biodiesel. In **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa, PB. P. 107, 2010.
- DAGNE, K.; JONSSON, A. Oil Content and Fatty Acid Composition of Seeds of *Guizotia* Cass (Compositae). **J. Sci. Food Agric.**, V. 73, p. 274-278, 1997.
- DAUN, J. K.; TKACHUK, R. Fatty acid composition of oils extracted from Canadian weed seeds. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, V. 53, p. 661-662, 1976.
- DIXIT, S.P.; ACHAR, M.P. Study of Bhringaraja (*Eclipta alba*) therapy in jaundice in children, **Journal of Scientific Research in Plants and Medicines**, v.2, p. 96–100, 1981.
- ERBAS, S.; BAYDAR, H. Defoliation Effects on Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed Yield and Oil Quality. **Turk. J. Biol.**, V. 31, p. 115-118, 2007.

FISEHA, A.; TADESSE, M.; BEKELE, T., BEDEMO, B. Phytochemical investigations of *Vernonia galamensis* seeds. **Chemistry of Natural Compounds**, V. 46 (5), p. 692-697, 2010.

FOIDL, N.; FOIDL, G.; SANCHEZ, M.; MITTELBAACH, M.; HACKEL, S. *Jatropha curcas* L. as a source for production of biofuel in Nicaragua. **Bioresource Technology**, v. 58, p. 77-82, 1996.

GOVÍN, E.S.; LÓPEZ, I. M. L.; GUERRA, C.C.; FIGUEREDO, D. C.; VÁZQUEZ, M. C.; FRRADÁ, C.A.R.. Caracterización y conservación de *Bidens alba*. (L.) DC. var. *radiata* (Sch. Bip.) Ballard. **Rev Cubana Plant Med.** Vol.8 (3);, 2003.

GRIECO, D.; PIEPOLI, G. Composition en acides gras des huiles végétales alimentaires. **Oléagineux**, v. 22, p. 611-612, 1967.

PINHO, R. S.; OLIVEIRA, A. F. M.; SILVA, S. I. Potential oilseed crops from the semiarid of northeastern Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100 (23), 6114-6117, 2009.

PRINCEN, L.H., New oilseed crops on the horizon. **Economic Botany**, v. 37, p. 478–492, 1983.

RATHI, M.; GOPALAKRISHNAN, S. Insecticidal activity of aerial parts of *Synedrella nodiflora* Gaertn (Compositae) on *Spodoptera litura*. **Journal of Central European Agriculture**, V. 7 (2), p. 289-296, 2006.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, v. 27, p. 60-67, 2007.

RITTNER, H. **Óleo de mamona e derivados**. São Paulo, H. Rittner. 103p, 1996.

SALGADO, J. M.; DANIELI, F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; FRIAS, A.; MANSI, D. N. O óleo de abacate como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 20-26, 2008.

SEILER, G. J.; GULYA, T. J.; KONG, G. Oil concentration and fatty acid profile of wild *Helianthus* species from the southeastern United States. **Industrial Crops and Products**, v. 31, p. 527-533, 2010.

SILVA, K. A.; ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta Bot. Bras.** V. 23 (1), p. 100-110, 2009.

SOUZA FILHO, P. R. M. Aquênios heteromórficos de *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. (Asteraceae): influência da luz na germinação e no crescimento inicial. Monografia, CCB/UFPE, 2008.

TSEVEGSIREN, N.; AITZETMÜLLER, K. γ -Linolenic and Stearidonic Acids in Mongolian Boraginaceae. . **J. Am. Oil Chem. Soc.** 73 (12): 1681 – 1684, 1996.

TSEVEGSÜREN, N., AITZETMÜLLER, K.; VOSMANN, K. Occurrence of γ -Linolenic Acid in Compositae: A Study of *Youngia tenuicaulis* Seed Oil. **Lipids**, V. 34 (5), p. 525-529, 1999.

TSEVEGSÜREN, N.; AITZETMÜLLER, K.; BRUHL, L.; WERNER, G. Seed Oil Fatty Acids of Mongolian Compositae: The *trans*-Fatty Acids of *Heteropappus hispidus*, *Asterothamnus centrali-asiaticus* and *Artemisia palustris*. **J. High Resol. Chromatogr.**, V. 23(5), p. 360–366, 2000.

Alocação de recursos para crescimento versus defesa em espécies de Asteraceae.

Resumo: Os nutrientes obtidos pelas plantas são incorporados em compostos necessários ao crescimento e desenvolvimento ou alocados para defesa química da planta. O objetivo deste trabalho foi o de verificar se espécies de Asteraceae tem um compromisso entre o crescimento e defesa química em relação à disponibilidade de recursos (diferentes qualidades de luz e de disponibilidade de nutrientes). Foram analisadas variáveis de crescimento, produção de compostos fenólicos e determinado o teor de óleo das cipselas de três espécies: *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Bidens pilosa* L. e *Synedrella nodiflora* Gaertn. A luz vermelha foi importante para o desenvolvimento vegetal, sendo negativa para *Eclipta alba*, que não conseguiu se desenvolver nessa qualidade de luz; e positiva para *B. pilosa* e *S. nodiflora*, que apresentaram maior desenvolvimento das plantas e uma maior produção de compostos fenólicos. As espécies *E. alba* e *S. nodiflora* não apresentaram um compromisso em crescimento versus defesa, apenas *B. pilosa* apresentou esse compromisso. As cipselas das espécies estudadas apresentaram baixos teores de óleo, 11,90%, 7,57%, 13,65%, 9,98% e 17,42%, em *E. alba*, nos morfotipos I e II de *B. pilosa* e de *S. nodiflora*, respectivamente. Os diferentes morfotipos de cipselas em *B. pilosa* e *S. nodiflora* apresentaram conteúdos de óleo diferentes entre si. Entretanto, o perfil dos ácidos graxos não apresentou diferenças entre os morfotipos.

Palavras-chaves: Asteraceae, crescimento, defesa química, teor de óleo e ácidos graxos.

Resource allocation to growth versus defense in Asteraceae species.

Abstract: The nutrients obtained by the plants are incorporated into compounds necessary for growth and development or allocated for the plant's chemical defense. The aim of this study was to determine whether species of Asteraceae have a compromise between growth and defensive chemistry in relation to availability of resources (different qualities of light and nutrient availability). Variables of growth, production of phenolic compounds and determining the oil content of three species of cypselae: *Eclipta alba* (L.) Hassk., *Bidens pilosa* L. and *Synedrella nodiflora* Gaertn. The red light was important for plant development and was negative for *E. alba*, which failed to develop this quality of light, and positive for *B. pilosa* and *S. nodiflora*, which showed higher plant development and increased production of phenolic compounds. The species *E. alba* and *S. nodiflora* not show a commitment to growth versus defense, only *B. pilosa* showed this commitment. The the cypselae studied had low levels of oil, 11.90%, 7.57%, 13.65%, 9.98% and 17.42% in *E. alba*, morphotype I and II of *B. pilosa* and *S. nodiflora*, respectively. The oil contents of the morphotypes of cypselae of *B. pilosa* and *S. nodiflora* were different. However, the fatty acid profile did not differ between the morphotypes.

Keywords: Asteraceae, growth, chemical defense, oil content and fatty acids.