

53180

37677MFN

EVARISTO MAURO DE CASTRO

**ALTERAÇÕES ANATÔMICAS, FISIOLÓGICAS E
FITOQUÍMICAS EM *Mikania glomerata* Sprengel. (GUACO)
SOB DIFERENTES FOTOPERÍODOS E NÍVEIS DE
SOMBREAMENTO.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientador

José Eduardo Brasil Pereira Pinto

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2002



Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Castro, Evaristo Mauro de

Alterações anatômicas, fisiológicas e fitoquímicas em *Mikania glomerata*
Sprengel (Guaco) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento / Evaristo
Mauro de Castro. -- Lavras : UFLA, 2002.

221 p. : il.

Orientador: José Eduardo Brasil Pereira Pinto.

Tese (Doutorado) -- UFLA.

Bibliografia.

1. *Mikania glomerata*. 2. Anatomia vegetal. 3. Sombreamento. 4. Fotoperíodo.
5. Cumarina. 6. Óleo essencial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-581.1
-583.55

EVARISTO MAURO DE CASTRO

**ALTERAÇÕES ANATÔMICAS, FISIOLÓGICAS E
FITOQUÍMICAS EM *Mikania glomerata* Sprengel.(GUACO) SOB
DIFERENTES FOTOPERÍODOS E NÍVEIS DE
SOMBREAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em
Fitotecnia, para a obtenção do título de
"Doutor".

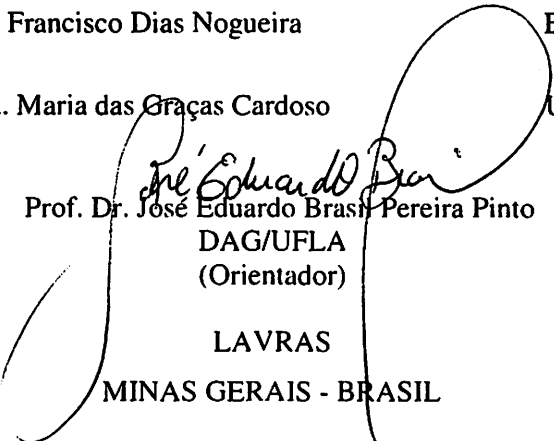
APROVADA em 14 de março de 2002

Prof. Dr Amauri Alves de Alvarenga UFLA

Profª Dra. Ângela Maria Soares UFLA

Prof. Dr. Francisco Dias Nogueira EPAMIG

Prof. Dra. Maria das Graças Cardoso UFLA


Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira Pinto
DAG/UFLA
(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus

Aos meus pais, José Estevam de Castro Filho e Terezinha,

À minha Esposa Leide

Aos meus filhos Lucas e Matheus

DEDICO

Aos meus Avós, Alzira e José Estevam, Ana e José Galdino

Ao meu sogro Américo e à minha sogra Deozette

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de poder servir os nossos semelhantes, ensinando e aprendendo todos os dias.

À minha família pela confiança, pelo carinho, pela compreensão e pelo apoio durante todas as fases importantes de minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Biologia e ao Departamento de Agricultura pela oportunidade de desenvolver este trabalho e realizar o meu curso.

Ao professor Dr. José Eduardo B. P. Pinto pela orientação, incentivo, dedicação, compreensão e amizade demonstrada durante a execução deste trabalho e de todo o curso.

Aos professores Doutores Amauri Alves de Alvarenga, Francisco Dias Nogueira, Ângela Maria Soares e Maria das Graças Cardoso pelo apoio, ajuda e sugestões apresentadas durante toda a execução do experimento, pela amizade, paciência e pelos exemplos de honestidade e integridade demonstrados.

À professora Dra Nanuza Lúza de Menezes USP-SP, pela amizade, pelos inúmeros ensinamentos e pela lição de vida.

Aos professores do setor de Anatomia Vegetal Manoel Gavilanes e Daniel Castro, pela compreensão e amizade.

À minha esposa Leide pelo apoio, compreensão e incentivo sem os quais não chegaria até aqui.

A meus filhos Lucas e Matheus pelo carinho, paciência e compreensão.

Aos meus pais e irmãos pelo incentivo, confiança e apoio.

Aos meus sobrinhos, cunhados e cunhadas pelo carinho e incentivo.

Aos amigos Érico e Aramália pelo apoio e ajuda apresentados a este trabalho e pela amizade.

Aos alunos de Iniciação Científica, Érico, Carlos, Samanta e Nicolau por estarem sempre dispostos, pela valiosa ajuda na montagem do experimento, coleta

das plantas e das análises laboratoriais, o que contribuiu também para a sua formação acadêmica.

Aos alunos Flávio Bolzan e Fábio Aguiar pela assistência nas extrações e análises do óleo essencial.

Ao professor Dr. José Donizete Alves pela amizade, confiança e motivação durante a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Fisiologia Vegetal e de Fitotecnia pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Biologia e de Agricultura, em especial a Izonel, Joel, Odorêncio, Evaristo, Lena, Dartanhã, Luis, Zélia, Patrícia, Neuzi, Rafaela e Evaldo pela ajuda durante o curso.

Aos funcionários da Biblioteca Central das UFLA, em especial a Antônio Máximo de Carvalho, pelo apoio e colaboração.

A João Luís, Érico e Samanta pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Alcivania e Marcelo Malta pela ajuda valiosa na quantificação da cumarina.

Ao professor Tarcísio de Moraes e a Suzan Bertolucci pela amizade e apoio.

Ao Departamento de Engenharia e a EPAMIG

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO.

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	01
1 Introdução	01
2 Referencial Teórico	03
3 Referências Bibliográficas	20
CAPÍTULO 2: Variação na anatomia foliar de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (guaco), submetidas a diferentes níveis de sombreamento.	28
1 Resumo	28
2 Abstract	29
3 Introdução	30
4 Material e Métodos	33
5 Resultados e Discussão	37
6 Conclusões	60
7 Referências Bibliográficas	61
CAPÍTULO 3: Variação na anatomia foliar de plantas jovens de <i>Mikania</i> <i>glomerata</i> Sprengel (Guaco) Sob diferentes fotoperíodos.	64
1 Resumo	64
2 Abstract	65
3 Introdução	66
4 Material E Métodos	68
5 Resultados E Discussão	72
6 Conclusões	101
7 Referências Bibliográficas	102
CAPÍTULO 4: Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas em plantas jovens de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel.(guaco) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.	104

1 Resumo.....	104
2 Abstract	105
3 Introdução	106
4 Material e Métodos	109
5 Resultados e Discussão	113
6 Conclusões	129
7 Referências Bibliográficas	130
CAPÍTULO 5: Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas em plantas jovens de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (Guaco) submetidas a diferentes fotoperíodos	
136	
1 Resumo.....	136
2 Abstract	137
3 Introdução	138
4 Material e Métodos	142
5 Resultados e Discussão	146
6 Conclusões	161
7 Referências Bibliográficas	162
CAPÍTULO 6: Influência do fotoperíodo e de níveis de sombreamento no teor de cumarina e óleos essenciais de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (guaco).....	
166	
1 Resumo.....	166
2 Abstract	168
3 Introdução	169
4 Material e Métodos	171
5 Resultados e Discussão	177
6 Conclusões	199
7 Referências Bibliográficas	200
Anexos	204

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPITULO 02 Variação na anatomia foliar de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (guaco) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.	28
TABELA 01 Médias de números de estômatos/mm ² e índice estomático na face abaxial em plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	38
TABELA 02 Médias de números de estômatos/mm ² e índice estomático em plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	39
TABELA 03 Espessura (μm) dos tecidos epidérmicos, parênquima paliçádico e espessura total de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. submetidas a diferentes níveis de sombreamento, nas três posições do ramo. UFLA, Lavras-MG, 2002.	43
TABELA 04 Espessura (μm) dos tecidos epidérmicos, parênquima paliçádico e espessura total de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel submetidas a diferentes níveis de sombreamento, UFLA, Lavras - MG, 2002.	44
CAPÍTULO 04 Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas de plantas jovens de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel.(guaco) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.	104

TABELA 01	Biomassa seca total (MST), biomassa seca das folhas (MSF), do ramo (M S RAMO), das raízes (MSR) e relação MSR/ Biomassa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. submetidas a quatro níveis de sombreamento (médias de 16 plantas), após 100 dias de plantio. UFLA, Lavras-MG, 2002	114
TABELA 02	Área foliar total (AFT), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF) de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. submetidas a diferentes condições de radiação (média de 16 plantas). UFLA, Lavras-MG, 2002	117
TABELA 03	Altura das epidermes abaxial, adaxial, espessura do parênquima paliçádico, esponjoso e espessura total do limbo de folhas de guaco crescidas sob diferentes níveis de luz, com 100 dias de tratamento (média de 60 repetições). UFLA, Lavras-MG, 2002.	120
TABELA 04	Teores de clorofila a, b e total (mg/g de matéria fresca) e relação clorofila a/b em mudas de <i>Mikania glomerata</i> submetidas a diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	127
TABELA 05	Eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm) de plantas de <i>Mikania glomerata</i> submetidas a diferentes níveis de sombreamento.	128
CAPITULO 05	Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas de plantas jovens de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (guaco) submetidas a diferentes fotoperíodos	136
TABELA 01	Influência do fotoperíodo na espessura (µm) das estruturas anatômicas de folhas de guaco (médias de sessenta repetições). UFLA, Lavras-MG, 2002.	155

TABELA 02	Fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	158
TABELA 03	Eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. UFLA, Lavras-MG, 2002.	158
TABELA 04	Teores de clorofila a, b e total (mg/g de matéria fresca) e relação clorofila a/b em mudas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, nas três posições do ramo, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	160
CAPITULO 06	Influência do fotoperíodo e de níveis de sombreamento no teor de cumarina e óleos essenciais de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (guaco).	166
TABELA 01	Teor de cumarina em folhas de <i>Mikania glomerata</i> sob diferentes níveis de sombreamento, em plantas jovens (100 DAT) e plantas adultas com idade de aproximadamente 26 meses (médias das tres posições do ramo). UFLA, Lavras-MG, 2002.	179
TABELA 02	Teor de cumarina em folhas e caules de <i>Mikania glomerata</i> em função das posições na planta (média de todos os tratamentos). UFLA, Lavras-MG, 2002.	179
TABELA 03	Teor de óleo essencial para plantas jovens e adultas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel submetidas a diferentes condições de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	184

TABELA 04	Teores de cumarina em folhas de <i>Mikania glomerata</i> sob diferentes fotoperíodos, em plantas jovens (100 DAT) e plantas adultas com idade de aproximadamente 26 meses. UFLA, Lavras-MG, 2002.	191
TABELA 05	Teores médios de óleo essencial para plantas jovens de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. submetidas a diferentes fotoperíodos. UFLA, Lavras-MG, 2002.	194

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPITULO 01 Alterações anatômicas, fisiológicas e fitoquímicas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento.	i
FIGURA 01 Tipos de cumarina. Adaptado de Simões e Spitzer, (1999). UFLA, Lavras-MG, 2002.	05
FIGURA 02 Esquema de biossíntese de cumarina. UFLA, Lavras-MG, 2002.	06
CAPITULO 02 Variação na anatomia foliar de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. (guaco) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.	28
FIGURA 01 Planta de <i>Mikania glomerata</i> com demonstração das diferentes regiões estudadas. UFLA, Lavras-MG, 2002.	34
FIGURA 02 Secções paradérmicas da epiderme da face abaxial de folha de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002	40
FIGURA 03 Relação entre os níveis de sombreamento, a condutância estomática (A) e o número de estômatos/mm ² (B) dentro de cada região da planta de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. (médias de dezesseis repetições). UFLA, Lavras-MG, 2002.	42

FIGURA 04	Secções transversais da folha de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel submetidas aos diferentes níveis de sombreamento (100 dias após tratamentos). A- Pleno sol, B- 30% sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. Barras = 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	45
FIGURA 05	Secções transversais da folha de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel, demonstrando parênquima com células em forma de Y, H ou V. As barras nas figuras correspondem a 50µm (30% de sombreamento). UFLA, Lavras-MG, 2002.	46
FIGURA 06	Relação entre os níveis de sombreamento na altura e largura do feixe vascular central e maior e altura do xilema em folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel., UFLA, Lavras-MG, 2002.	48
FIGURA 07	Relação entre os níveis de sombreamento no número de vasos do xilema do feixe vascular central e maior, em folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. na região da nervura central. UFLA, Lavras-MG, 2002.	49
FIGURA 08	Relação entre os níveis de sombreamento, dentro de cada região da planta, sobre a altura e largura do feixe vascular central e maior e altura do xilema em folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel., na região da nervura principal. UFLA, Lavras-MG, 2002	50
FIGURA 09	Secções transversais da nervura mediana e maior da folha de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel, submetidas a diferentes níveis de sombreamento. A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 100µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	51
FIGURA 10	Relação entre os níveis de sombreamento dentro de cada região da planta sobre o comprimento do pecíolo de folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002	52

- FIGURA 11 Relação entre os níveis de sombreamento, dentro de cada região da planta, sobre a altura e largura do feixe vascular central e maior, altura do xilema(A) e diâmetro do pecíolo(B), em pecíolos de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel., em secção transversal na metade do seu comprimento. UFLA, Lavras-MG, 2002. 53
- FIGURA 12 Secções transversais do pecíolo da folha de *Mikania glomerata* Sprengel. na metade do seu comprimento, submetidos aos efitos dos níveis de sombreamento (100 dias após o tratamento). A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 200µm. UFLA, Lavras-MG, 2002. 54
- FIGURA 13 Relação entre os níveis de sombreamento, a altura e a largura do feixe vascular central e maior e altura do xilema, em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel., do pecíolo em secção transversal na metade do seu comprimento. UFLA, Lavras-MG, 2002. 55
- FIGURA 14 Relação entre os níveis de sombreamento, o número de vasos do xilema do pecíolo, entre os tratamentos (A) e entre as diferentes posições na planta (B), em secção transversal na metade do comprimento do mesmo. UFLA, Lavras-MG, 2002. 56
- FIGURA 15 Secções transversais do pecíolo, pormenor do tecido colenquimatoso no córtex, evidenciando os estratos celulares sob influência dos níveis de sombreamento A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002. 57

FIGURA 16	Secções transversais do pecíolo de folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel, na metade do comprimento do mesmo, submetido aos efeitos dos níveis de sombreamento, mostrando pormenor das diferenças do feixe vascular central e maior. A-Pleno sol, B-30% C- 50% e D-70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	58
FIGURA 17	Secção transversal do pecíolo, pormenor evidenciando a camada média interna do córtex com as estrias de Caspary. A barra na figura corresponde a 50µm (30% de sombreamento). UFLA, Lavras-MG, 2002.	59
CAPITULO 03	Variação na anatomia foliar de plantas jovens de guaco (<i>Mikania glomerata</i> Sprengel) sob diferentes fotoperíodos.	64
FIGURA 01	Planta de <i>Mikania glomerata</i> demonstrando as diferentes regiões estudadas. UFLA, Lavras-MG, 2002.	69
FIGURA 02	Relação entre os fotoperíodos (8,12,16 e 20 horas) e a espessura dos tecidos epidérmicos nas diferentes posições do ramo (inferior, mediana e basal). UFLA, Lavras-MG, 2002.	73
FIGURA 03	Secções paradérmicas da epiderme da face abaxial da folha de guaco submetida a diferentes condições de fotoperíodo. A- Fotoperíodo de 8 h; B- Fotoperíodo de 12 h; C- Fotoperíodo de 16 h; D- Fotoperíodo de 20 horas. Barra=50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	75
FIGURA 04	Números de estomatos/mm ² entre os diferentes fotoperíodos testados e entre as diferentes posições da planta de <i>M. glomerata</i> . UFLA, Lavras-MG, 2002.	76
FIGURA 05	Médias da condutância estomática de oito plantas de <i>Mikania glomerata</i> em cada tratamento, dentro de cada região da planta. UFLA, Lavras-MG, 2002.	76

FIGURA 06	Relação entre o fotoperíodo e o número de estômatos nas folhas de <i>Mikania glomerata</i> , dentro de cada região da planta. (Medias de 144 campos). UFLA, Lavras-MG, 2002.	77
FIGURA 07	Relação entre o fotoperíodo e o diâmetro polar, equatorial e índice estomático em folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.	78
FIGURA 08	Relação entre os fotoperíodos, dentro de cada região da planta, e o índice estomático. UFLA, Lavras-MG, 2002.	79
FIGURA 09	Relação entre os fotoperíodos (8,12,16 e20 horas) e a espessura dos tecidos foliares nas três regiões da planta (ápice, meio e base) . UFLA, Lavras-MG, 2002.	81
FIGURA 10	Relação entre o fotoperíodo (8,12,16 e 20 horas) e a espessura total do limbo nas diferentes posições do ramo (ápice, meio e base). UFLA, Lavras-MG, 2002	83
FIGURA 11	Secções transversais da folha de <i>Mikania glomerata</i> submetida aos diferentes fotoperíodos (90 DAT). A- 8 , B- 12, C- 16 e D-20 horas. Barra= 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	84
FIGURA 12	Relação entre os fotoperíodos e a altura do feixe vascular, altura do xilema e largura do feixe vascular, em folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.	85
FIGURA 13	Secções transversais de folhas de <i>Mikania glomerata</i> , na região da nervura principal, submetidas aos efeitos de diferentes fotoperíodos (90 DAT). A- 8 h, B- 12 h, C- 16 h e D- 20 horas. Barra= 100µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	85

FIGURA 14	Seções transversais da folha de <i>Mikania glomerata</i> , mostrando as diferenças do feixe vascular central e maior, na região da nervura principal, submetidos aos efeitos dos diferentes fotoperíodos. A- 8 h, B- 12 h, C- 16 h e D- 20 horas. Barra= 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	86
FIGURA 15	Seções transversais da folha de <i>Mikania glomerata</i> mostrando pormenor da nervura principal e estruturas, internas, submetida aos efeitos dos diferentes fotoperíodos (90 dias após o tratamento). A- 8 h, B- 12 h, C- 16 h e D- 20 horas. Barra= 100µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	87
FIGURA 16	Relação entre os fotoperíodos e o número de vasos do xilema do feixe vascular central e maior, em folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel., na região da nervura central. UFLA, Lavras-MG, 2002.	88
FIGURA 17	Relação entre os fotoperíodos e a altura do xilema, largura e altura do feixe vascular central e maior em folhas de <i>Mikania glomerata</i> , na região da nervura central, dentro de cada região da planta. UFLA, Lavras-MG, 2002.	88
FIGURA 18	Relação entre os fotoperíodos e o número de vasos do xilema da nervura central de folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel, dentro de cada região da planta. UFLA, Lavras-MG, 2002.	89
FIGURA 19	Secções transversais da nervura central da folha de <i>Mikania glomerata</i> ., pormenor do tecido colenquimatoso no córtex, evidenciando os estratos celulares sob influência dos fotoperíodos. A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas.Barra= 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	90
FIGURA 20	Relação entre o fotoperíodo e o diâmetro do pecíolo de folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. nas regiões superior, mediana e basal. UFLA, Lavras-MG, 2002.	91

FIGURA 21	Relação entre o fotoperíodo (8,12,16 e 20 horas) e o tamanho do pecíolo de folhas de <i>Mikania glomerata</i> , nas diferentes posições do ramo. A- ápice, B-meio, C-base. UFLA, Lavras-MG, 2002.	93
FIGURA 22	Secção transversal do pecíolo de folhas de <i>Mikania glomerata</i> , pormenor do tecido colenquimatoso no córtex, evidenciando os estratos celulares sob a influência do fotoperíodo. A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas. Barra=50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	94
FIGURA 23	Secções transversais do pecíolo da folha de <i>Mikania glomerata</i> , na metade do comprimento, submetido aos efeitos dos diferentes fotoperíodos. A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas. Barra= 100µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	95
FIGURA 24	Secções transversais do pecíolo da folha de guaco, mostrando pormenor das diferenças do feixe vascular central e maior, do número de vasos do xilema, na metade do comprimento do mesmo, submetido ao efeito do fotoperíodo (90 dias após o tratamento). A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas. Barra=50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.	96
FIGURA 25	Relação entre o fotoperíodo (8,12,16 e 20 horas) e altura do xilema, altura e largura do feixe vascular maior e central do pecíolo, em folhas de <i>Mikania glomerata</i> . UFLA, Lavras-MG, 2002.	97
FIGURA 26	Relação entre os fotoperíodos (8,12,16 e 20 horas) e o número de vasos do xilema do feixe vascular central e maior do pecíolo de folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.	98
FIGURA 27	Relação entre os fotoperíodos, dentro de cada região da planta, e a altura do xilema, largura e altura do feixe vascular central e maior do pecíolo, em folhas de <i>Mikania glomerata</i> , na metade do comprimento do mesmo. UFLA, Lavras-MG, 2002.	99

FIGURA 28	Relação entre os fotoperíodos e o número de vasos do xilema do pecíolo, dentro de cada região da planta de <i>Mikania glomerata</i> . UFLA, Lavras-MG, 2002.	99
CAPITULO 04	Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas de plantas jovens de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel.(guaco) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.	104
FIGURA 01	Distribuição de matéria seca nas folhas, caules e raízes de plantas de <i>Mikania glomerata</i> submetidas a quatro níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	117
FIGURA 02	Altura do ramo de plantas de <i>Mikania glomerata</i> em função dos diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	121
FIGURA 03	Comprimento dos entrenós de plantas de <i>Mikania glomerata</i> em função de diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	122
FIGURA 04	Número de folhas de plantas de <i>Mikania glomerata</i> em função dos diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	122
FIGURA 05	Relação entre o diâmetro do caule de plantas de <i>Mikania glomerata</i> e os diferentes sombreamentos. UFLA, Lavras-MG, 2002.	123
FIGURA 06	Teores de clorofila a, b e total (mg/g de matéria fresca) em mudas de <i>Mikania glomerata</i> submetidas a diferentes fotoperíodos, nas três posições do ramo. UFLA, Lavras-MG, 2002.	124
FIGURA 07	Relação clorofila a/b em mudas de <i>Mikania glomerata</i> submetidas a diferentes sombreamento, nas três posições do ramo. UFLA, Lavras-MG, 2002.	126

CAPITULO 05	Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas de plantas jovens de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (Guaco) submetidas a diferentes fotoperíodos.	136
FIGURA 01	Matéria seca total (A), matéria seca das raízes (B), do ramo (C) e das folhas (D) de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Spreng submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	147
FIGURA 02	Porcentagem de matéria seca alocada pela planta de guaco para a formação e crescimento de folha, ramo e raiz (A), e matéria seca da relação raiz/parte aérea (B) em função de diferentes fotoperíodos. UFLA, Lavras-MG, 2002.	149
FIGURA 03	Aspecto geral de plantas e raízes de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. A- de 20 horas, B- 16 horas, C- 12 horas e D- 8 horas, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	150
FIGURA 04	Áreas foliares (A) e número de folhas (B), de plantas de guaco em função dos diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	151
FIGURA 05	Razão de área foliar (RAF), (A) e razão de peso foliar (RPF). (B) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	153
FIGURA 06	Área foliar específica (AFE) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	154
FIGURA 07	Altura do ramo (A) e comprimento de entrenós (B) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	156
FIGURA 08	Diâmetro do ramo de plantas de guaco em função de diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.	157

CAPITULO 06	Influência do fotoperíodo e de níveis de sombreamento no teor de cumarina e óleos essenciais de plantas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel (guaco).	166
FIGURA 01	Esquema da metodologia usada para análise de cumarina em <i>Mikania glomerata</i> . UFLA, Lavras-MG, 2002.	175
FIGURA 02	Cromatograma do padrão de cumarina (A) e da amostra de <i>Mikania glomerata</i> (B). UFLA, Lavras-MG, 2002.	177
FIGURA 03	Representação da curva de calibração para quantificação da cumarina em <i>Mikania glomerata</i> . UFLA, Lavras-MG, 2002.	178
FIGURA 04	Distribuição dos teores de cumarina em folhas e caules de plantas jovens e adultas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel., localizadas em diferentes regiões do ramo, sob diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.	182
FIGURA 05	Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de <i>Mikania glomerata</i> cultivada a pleno sol. UFLA, Lavras-MG, 2002.	186
FIGURA 06	Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de <i>Mikania glomerata</i> cultivadas com 30% de intensidade luminosa. UFLA, Lavras-MG, 2002.	187
FIGURA 07	Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de <i>Mikania glomerata</i> cultivadas com 50% de intensidade luminosa. UFLA, Lavras-MG, 2002.	188
FIGURA 08	Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de <i>Mikania glomerata</i> cultivadas com 70% de intensidade luminosa. UFLA, Lavras-MG, 2002.	189

FIGURA 09	Secção transversal de folhas de <i>Mikania glomerata</i> , detalhe do tricoma capitado. UFLA, Lavras-MG, 2002.	192
FIGURA 10	Secção transversal de folhas de <i>Mikania glomerata</i> Sprengel, detalhe do canal secretor. UFLA, Lavras-MG, 2002.	193
FIGURA 11	Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de <i>Mikania glomerata</i> cultivadas sob 8 horas de fotoperíodo . UFLA, Lavras-MG, 2002.	196
FIGURA 12	Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de <i>Mikania glomerata</i> cultivadas sob 16 horas de fotoperíodo. UFLA, Lavras-MG, 2002.	197
FIGURA 13	Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de <i>Mikania glomerata</i> cultivadas sob 20 horas de fotoperíodo. UFLA, Lavras-MG, 2002.	198

RESUMO

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Alterações Anatômicas, Fisiológicas e Fitoquímicas em *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) Sob Diferentes Fotoperíodos e Níveis de Sombreamento.**, 2002. 221p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. *

O gênero *Mikania*, pertence à família Asteraceae e é composto por aproximadamente 450 espécies do gênero *Mikania*, cerca de 200 destas encontradas no Brasil. Sob o aspecto medicinal, são atribuídas diversas propriedades terapêuticas, como antiinflamatória e broncodilatadora, sendo a cumarina uma das substâncias associadas a esse efeito. Os estudos sobre os fatores ambientais como a radiação, que interferem nas condições de cultivo de espécies medicinais, são associados às alterações morfofisiológicas e, conseqüentemente, à síntese de substâncias derivadas do metabolismo secundário. Nesse contexto, pela necessidade de uma exploração econômica desse potencial para a produção em larga escala de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco), o presente trabalho teve como objetivos a verificação dos efeitos da duração e intensidade luminosa no crescimento inicial dessa espécie, para a produção de cumarina e óleos essenciais. Em geral, os resultados demonstraram ser o nível de 30% de sombreamento mais favoráveis ao desenvolvimento de plantas. Na produção de cumarina, revelou-se que em plantas jovens (100 dias de idade), cultivadas em pleno sol o teor de cumarina nas folhas foi duas vezes maior se comparado com o da planta adulta cultivada na mesma condição de radiação. A região superior da planta, tanto para folhas como para caule, apresentou maior teor em todos níveis de radiação. Em relação ao conteúdo de óleo essencial, esse teor, foi menor, 70% de sombreamento. Quanto aos diferentes fotoperíodos estudados, o de 16 horas demonstra o mais favorável ao desenvolvimento das plantas. Quanto ao teor de cumarina nas folhas foi superior ao dos demais tratamentos. Em relação ao conteúdo de óleo essencial os fotoperíodos (8, 12, 16, 20 horas) não apresentaram diferenças estatísticas. A caracterização por espectrometria de infravermelho revelou que não houve modificação da estrutura química dos metabólitos presentes. A variação na anatomia das folhas foi caracterizada por um aumento da espessura foliar e do número de estômatos, de acordo com os níveis de sombreamento e fotoperíodos.

* Comitê Orientador: PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto (Orientador) – UFLA, Dr. Amauri Alves de Alvarenga- UFLA, Dr^a Maria das Graças Cardoso- UFLA.

ABSTRACT

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Anatomical, physiological and biochemical alterations in *Mikania glomerata* Sprengel under different intensities and duration of light.** Lavras: UFLA, 2002. 221p. (Tese - Doctorate)*

The genus *Mikania* belongs to the family Asteraceae and is composed of about 450 species, around 200 out of those are found in Brazil. Under the medicinal aspect a number of therapeutic properties such as anti-inflammatory and bronchi-dilating are ascribed, coumarin being one of the substances associated to this effect. The studies about the environmental factors such as radiation, which interfere on the growing conditions of medicinal species, associated to the morphophysiological alterations and consequently in the synthesis of substances derived from secondary metabolism. Under this context, by the need for a economical exploration of that potential, for the large scale production of *Mikania glomerata* Sprengel (guaco), the present work was designed to verify the effects of duration and light intensity on the early growth of that species in the production of coumarin and essential oils. In general, the results showed that the level of 30% of shading is the most favorable for the development of plants. In coumarin production, they revealed that on young plants (100 days old) grown in the full sunshine, coumarin content in the leaves was two times as great as that compared with the adult plant cultivated under the same radiation condition. The upper radiation of the plant both for leaves and stem presented an increased content in all the levels of radiation. Relative to essential oil content, it was 70 less in the shading. As to the different photoperiods studied, they showed that of 16 hours to be the most favorable for the development of the plants, as regards coumarin content in the leaves, it was superior to the other treatments relative to the content of essential oils, the photoperiods of 8, 12, 16 and 20 hours, there were no statistic differences. The infrared spectrometry characterization revealed that they did not modify chemical structure of the present metabolites. The variation in the anatomy of leaves was characterized by an increase of leaf thickness and number of stomas according to the levels of shading and photoperiods.

* Guidance Committee: PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto-UFLA (Major Professor), Dr. Amauri Alves de Alvarenga-UFLA, Dr^a. Maria das Graças Cardoso-UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A contribuição do reino vegetal à saúde do homem acompanha e acompanhará sua existência. A mais elementar necessidade humana, a alimentação, é, na sua maior parte, dependente dos vegetais. Também no que diz respeito aos medicamentos, as plantas desempenham um papel essencial, fornecendo moléculas e substâncias ativas para o tratamento de doenças, às vezes como recurso insubstituível, oriundo da chamada flora medicinal. Podemos notar que a utilização de plantas pelo ser humano para aliviar e curar seus males ocorre provavelmente, desde a pré-história. Os mais antigos povos da história, como os egípcios, deixaram registrado, em hieróglifos escritos em tábuas de cerâmica e papiros o uso de plantas como medicamentos.

Diante da tradição milenar de uso, o que comprova a eficiência do método e da quantidade de espécies que podem constituir valiosos recursos no combate e, principalmente, na prevenção das doenças que afligem a espécie humana, torna-se cada vez mais necessário o estudo sistemático das plantas medicinais.

Lamentavelmente, é comum acreditar que a estrutura da planta já é bem compreendida e que quase não há necessidade de investigação. Recentemente, observou-se que a anatomia de pouquíssimas espécies é conhecida em detalhe e existe, portanto, a necessidade de maior comunicação internacional, embora em qualquer pesquisa intensiva das plantas sejam encontrados aspectos de sua anatomia.

A compreensão apropriada da estrutura básica de uma planta ou órgão é essencial para a interpretação de qualquer trabalho experimental subsequente a ela; entretanto, é indispensável, para se chegar a um conhecimento preciso de

um vegetal, uma associação estreita entre estrutura interna e processos fisiológicos.

De acordo com Bernath & Tetényi (1980) e Pereira (1997), existe uma relação entre o nível de radiação solar e a formação dos alcalóides, assim como também já foi demonstrado que quanto maior a fotossíntese realizada pela planta, maior o teor de monoterpenos. Com relação à presença de cumarinas em *Mikania glomerata*, segundo Pereira (1997), é possível que a luz favoreça o acúmulo deste metabólito secundário ao longo do dia e ao final da tarde (Pereira, 1997). Entretanto, para implementar o conhecimento existente sobre este assunto, é necessário que sejam implementados alguns experimentos envolvendo duração, qualidade e intensidade de luz.

Este trabalho foi realizado com *Mikania glomerata* Sprengel, espécie da família Asteraceae, popularmente conhecida como guaco e usada por suas propriedades tônicas, anti-reumáticas e anti-inflamatórias, sobretudo nas moléstias do aparelho respiratório.

A carência quase que absoluta do conhecimento de como o fator ambiental age sobre a fisiologia do desenvolvimento e do metabolismo em espécies medicinais em geral, constitui uma realidade. Diante disto, os objetivos deste trabalho foram estudar as relações entre crescimento, fotossíntese, anatomia foliar e acúmulos de metabólitos secundários em diferentes condições de radiação, com ênfase para fotoperíodo e diferentes níveis de sombreamento, em plantas de *Mikania glomerata*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A espécie e descrição botânica

Mikania glomerata Sprengel é uma importante espécie medicinal e foi oficializada na primeira edição da Farmacopéia Brasileira (Dias da Silva, 1929). Popularmente conhecida como guaco, coração de Jesus, guaco liso, guaco cheiroso, cipó caatinga e erva de cobra, pertence à família Asteraceae, tribo Eupatorieae e sub-tribo Mikaniinae. O gênero *Mikania* é composto de aproximadamente 450 espécies, distribuídas em regiões tropicais na América, África e Ásia. Destas, cerca de 200 são encontradas no Brasil.

Documentos comprovam que *Mikania glomerata* apresenta propriedades medicinais expectorantes e broncodilatadoras, sendo indicada no combate à tosse, asma, bronquite, rouquidão e outros sintomas associados a gripes e resfriados, sendo a cumarina uma das substâncias associadas a esse efeito (Ruppelt et al, 1991; Pereira, 1997).

Mikania glomerata Sprengel é uma planta que se desenvolve bem em locais com clima ameno, trata-se de um subarbusto trepador, de ramos lenhosos, folhas pecioladas, cordiforme-deltóides, agudas no ápice e curto-cordiformes na base, 5-7 nervadas, margens 1-2 lobadas, lobos deltóides, glabras, panículas tirsóides, capítulos sésseis reunidos em grandes glomérulos glomosos ou oblongos no ápice dos ramúsculos; involúcro de 3-4 mm, escamas pequenas liguladas, glabras, castâneas; corola infundibiliforme, limbo maior que o tubo fruto aquênio cilíndrico e glabro, menor que o involúcro; papus de 6 mm e 30 cerdas vermelho-pálido flexuosas, flores brancacentas (Côrrea, 1984).

2.2 Cumarinas e Óleos essenciais

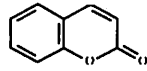
Amplamente distribuídas no reino vegetal, as cumarinas em geral são derivadas da lactona do ácido o-hidroxicinâmico, usualmente conhecida como cumarina, sendo o representante mais simples a cumarina (1,2- benzopirona). Excetuando-se a 1,2 – benzopirona, todas as cumarinas são substituídas por um grupo hidroxila na posição 7. A 7-hidroxi-cumarina, também conhecida como umbeliferona, é a precursora das cumarinas 6,7 – di- hidroxiladas e 6,7,8 –tri- hidroxiladas. Esses grupos hidroxilas podem ser metilados ou glicosilados. Além disso, é também comum a preilação em várias posições do esqueleto cumarínico, o que em alguns casos, como na preilação em C₆ ou C₈, origina as pirano ou furanocumarinas lineares e angulares, respectivamente. A figura 1 mostra as principais classes de cumarina e alguns exemplos. Muitas pesquisas evidenciam que as cumarinas têm várias atividades biológicas. As mais comuns são atividades anti-neoplásica, efeito narcótico, hemostático, sedativo, espasmolítico, anticoagulante, analgésico, regulador hormonal (estrogênio) e vaso dilatador (Borges, 1987). Foi encontrada, no extrato clorofórmio de *Mikania glomerata*, atividade antimicrobiana contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis* e *Pseudomonas aeruginosa* (Dos Santos et al., 1996).

De acordo com Mann (1987), várias plantas respondem à invasão de microorganismos com a produção de compostos que inibem o crescimento e multiplicação de patógenos. Estas substâncias são conhecidas como fitoalexinas.

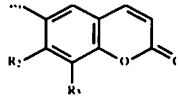
As cumarinas têm sido incluídas na lista de substâncias que têm efeito fitoregulador. A escopoletina é um exemplo de cumarina que, em concentrações diminutas, promove o crescimento vegetativo (Steward & Krikorian, 1971; Goren & Tomer, 1971; Pereira, 1977).

De acordo com Mann (1987), a biossíntese da cumarina e demais cumarinas se inicia com o ácido cinâmico.

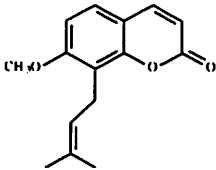
CUMARINAS SIMPLES



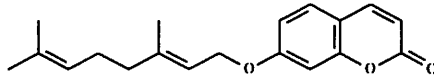
cumarina (1.2-benzopirona)



- R1 = R3 = H, R2 = OH: umbeliferona
- R1 = R3 = H, R2 = OCH₃: herniarina
- R1 = R2 = OH, R3 = H: esculetina
- R1 = OCH₃, R2 = OH, R3 = H: escopoletina
- R1 = OGlc, R2 = OH, R3 = H: esculina

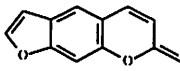


ostol (cumarina C-prenilada)

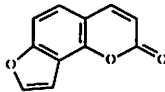


aurapteno (cumarina O-prenilada)

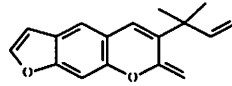
FURANOCUMARINAS



psoraleno
(linear)

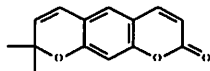


angelicina
(angular)

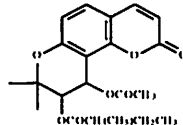


chalepensina
(linear, prenilada)

PIRANOCUMARINAS

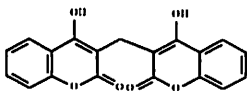


xantiletina (linear)



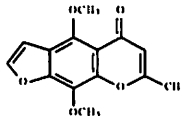
visnadina (angular)

CUMARINA DIMÉRICA



dicumarol

CROMONA



quelina (furanocromona)

FIGURA I – Tipos de cumarina. Adaptado de Simões e Spitzer (1999). UFLA, Lavras-MG, 2002.

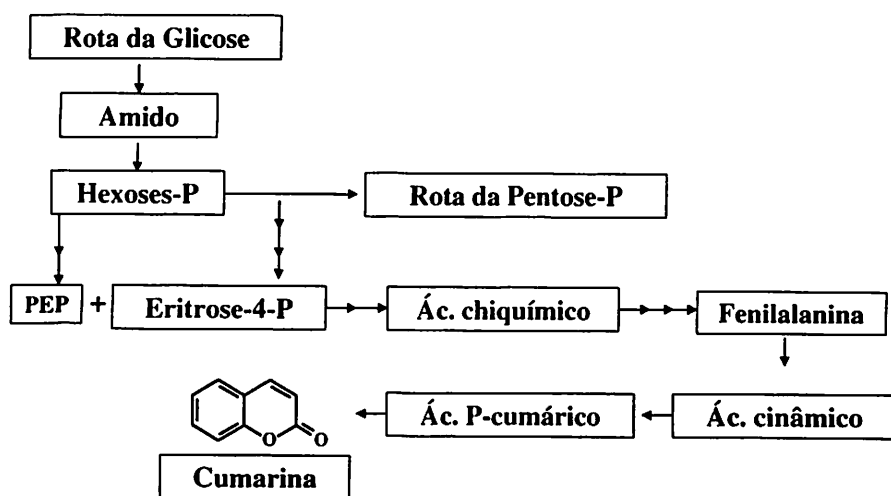


FIGURA 2 - Esquema de biossíntese de cumarina. UFLA, Lavras-MG, 2002

A caracterização das cumarinas no extrato pode ser feita pela observação do mesmo sobre luz ultravioleta (360 nm), pois a maioria possui fluorescência azul-brilhante ou verde. As cumarinas em solução alcalina desenvolvem cor amarela devido ao rompimento do anel lactônico. Essa reação é revertida pela adição de uma solução ácida.

Foram avaliados vários métodos de extração para os extratos hidroalcoólicos das folhas de “guaco” (*Mikania glomerata* Sprengel): maceração, maceração com ultra-som, infusão e extração por fluido supercrítico. Dentre os métodos estudados, a maceração com ultra-som proporcionou os melhores resultados, especialmente considerando-se a relação rendimento de extração / tempo de extração. A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) foi utilizada para determinar a concentração de cumarina nos extratos hidroalcoólicos nas folhas de “guaco”. A metodologia de análise desenvolvida utilizando CLAE mostrou ser sensível e reprodutiva (Celeghini, et al. 2001).

Óleos essenciais são produtos vegetais extraídos por arraste com vapor d'água. Existem nas plantas, em estruturas especiais de secreção, tais como estruturas celulares (organelas ou células especializadas), cavidades e canais esquisogênicos, lisígenos e tricomas glandulares (Gottlieb & Salatino, 1987).

A constituição química dos óleos essenciais é muito complexa, chegando a algumas centenas de compostos com diferentes funções orgânicas. Entretanto, os terpenos, derivados da rota metabólica do ácido mevalônico, e os fenil propenos, derivados da rota do ácido chiquímico, são as classes mais comumente encontradas.

Comercialmente, os óleos essenciais são usados para conferir aromas e odores especiais a diversos produtos alimentícios, perfumaria, e como medicamentos analgésicos, anti-sépticos, sedativos, expectorantes, estimulantes, estomáquicos, etc. (Craveiro et al, 1981). Além disso, a composição química do óleo essencial tem sido usada na taxonomia e filogenia (Gottlieb & Salatino, 1987; Martins, 1996; Gonçalves, 2001).

Vários estudos sobre a atividade dos óleos essenciais permitiram a descoberta recente de compostos de ação antifúngica e antibacteriana (substitutos potenciais de agrotóxicos).

Fatores ambientais têm sido relatados como capazes de afetar a produtividade, a composição e a quantidade dos constituintes do óleos essenciais (Clark e Menary, 1980; Gonçalves, 2001). Dentre esses fatores, a radiação, a temperatura e o estresse hídrico são bastante relevantes (Kanada, 1988; Gonçalves, 2001).

2.3 Efeitos da radiação na síntese e acúmulo de metabólitos secundários

A biossíntese de metabólitos secundários é controlada geneticamente por fatores ambientais, que exercem consideráveis efeitos sob sua acumulação

(Chatterjee & Raychadhuri, 1992). Dentre os fatores ambientais que interferem no acúmulo de compostos do metabolismo secundário com atividade terapêutica, citam-se a intensidade luminosa e o fotoperíodo. Estes fatores devem ser estudados para verificar sua influência na produção de biomassa, visando o melhor rendimento por unidade de área e teores desejados de princípios ativos.

* O desenvolvimento de uma planta pode ser regulado pela intensidade, qualidade e duração da luz. As respostas de uma planta à luz são, em geral, denominadas de fotomorfogênese, sendo o estímulo luminoso percebido por um pigmento fotorreceptor ou fitocromo. As respostas celulares à luz são provavelmente indiretas pelo fato de, muitas vezes, resultarem em mudanças localizadas no equilíbrio dos hormônios e metabólitos, o que, por sua vez, pode levar a mudanças na permeabilidade da membrana mediada pelo fitocromo e a alterações na síntese e atividades enzimáticas resultantes da ação de genes-chave (Tanaka et al, 1987). Assim, a qualidade da luz é de significância considerável na ação do fitocromo, sendo importante para o fototropismo, o controle da germinação e do florescimento. A intensidade luminosa é importante não só para a sua conversão em energia química, como também para alguns efeitos morfogênicos nas plantas, sendo normalmente baixa a intensidade necessária para causar uma resposta mediada pelo fitocromo. A duração da luz ganha importância para os efeitos que controlam os padrões de desenvolvimento das plantas, incluindo aqueles que as tornam capazes de utilizar as condições climáticas favoráveis e evitar as adversas, detectadas em muitas plantas por meio do sistema fitocromo. Contudo, a própria luz sofre mudanças significativas quanto a sua quantidade, duração e qualidade, levando a alterações na estrutura das comunidades vegetais (Attridge, 1990).

De acordo com Pereira (1997), a cumarina está presente em todos os órgãos de *Mikania glomerata*, porém em diferentes concentrações. As folhas apresentam maior teor de cumarina (0,5%); flores e caules contém menor teor,

apenas 20% do conteúdo das folhas; nas raízes, o teor encontrado foi ainda menor que o encontrado na parte aérea. Conhecer em que parte da planta o princípio ativo é acumulado é importante, sobretudo do ponto de vista da produção do fitoterápico, uma vez que, para a indústria farmacêutica, quanto menor o volume de fitomassa e maior o teor do princípio ativo, mais viável economicamente se torna o produto final, ou seja, o fitoterápico.

O teor de cumarina (1,2-benzapirona) em *Mikania laevigata* não varia em plantas colhidas pela manhã ou à tarde (Rehder et al., 1998). No entanto, deve-se dar preferência pela colheita nos horários de temperaturas mais amenas, evitando-se as plantas expostas ao sol, uma vez que as cumarinas são compostos voláteis (Macrae & Towers, 1984; citado por Andrade, 2000). Entretanto, Pereira (1997) recomenda que a colheita na região de Ribeirão Preto deve ser feita no mês de janeiro, uma vez que nesse período o teor de cumarina em *Mikania glomerata* é elevado. Nesta época, também é intensa a emissão de folhas, as quais sintetizam quantidades significativas de cumarina. Estas devem ser coletadas preferencialmente no período da tarde por apresentarem maiores teores de cumarina.

Plantas de Chamba (*Justica pectoralis* Jacq.) desenvolvidas em radiação solar global plena (pigmentadas) apresentaram percentuais de cumarinas totais e de 4-metilumbeliferona maiores que as desenvolvidas à sombra, ao contrario do que é observado em relação à 1,2-benzapirona, cujo teor nas plantas cultivadas à sombra é bem maior que o apresentado sob condição de pleno sol (Barros, 1992 citado por Andrade, 2000).

Macrae & Towers (1984), constataram teor cerca de duas vezes maior de cumarinas nas folhas maduras e pigmentadas em relação às folhas jovens de *Justica pectoralis* Jack., var. *Stienothylla* leon.

Burbott & Loomes (1967), estimularam crescimento e a produção de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha piperita*) e verificaram que sua

produção é grandemente afetada pelo comprimento do dia, havendo, claramente, o efeito do fotoperíodo sobre o florescimento e crescimento vegetativo dessa espécie, ambos promovidos por períodos longos de luz ou por interrupções no período escuro. Verificou-se que o aumento na quantidade de óleos essenciais formados em condições inferiores de dias longos parece ser um reflexo do aumento do crescimento. Entretanto, não está claro se esse efeito é fotoperiódico ou fotossintético.

* Na espécie *Origanum syriacum*, seu estágio de desenvolvimento é influenciado pelo fotoperíodo, pois em dias curtos as plantas se mantêm na fase vegetativa, enquanto, em dias longos, ocorre florescimento. Entretanto, quando se verificou o efeito do fotoperíodo no conteúdo de óleos essenciais, observou-se que o maior acúmulo ocorria quando as plantas no estágio de crescimento vegetativo eram expostas a fotoperíodos de 12 horas de luz. A variação no conteúdo de óleos essenciais foi causada principalmente pelos fatores ambientais e aqueles relacionados com o desenvolvimento da planta. Entretanto, não ficou claro se os efeitos ambientais (fotoperíodo) foram diretos ou indiretos pelas mudanças ocorridas no desenvolvimento das plantas (Dudai et al., 1992).

Trabalhos de Fahlén, et al. (1997), realizados com diferentes espécies de *Mentha* sp. e com *Chanonilla recutita* L., observaram que plantas expostas a um fotoperíodo de 21 horas produziam maiores concentrações de mentol e α -bisabolol, respectivamente, em relação às plantas submetidas a fotoperíodos mais curtos. Yamaura, et al. (1989) e Dudai et al. (1992) relataram que a composição dos óleos de algumas espécies só é afetada quando ocorre variação no fotoperíodo. Kanada (1998), verificando a plasticidade fenotípica da morfologia e do óleo essencial em acesso de manjeriço (*Ocimum* spp), verificou que os efeitos ambientais foram responsáveis pela variação do aspecto quantitativo dos caracteres morfológicos e do óleo essencial, alterando a

concentração dos seus principais constituintes e dessa maneira, causando a modificação das propriedades medicinais da planta.

✕ A luz tem um profundo efeito nos níveis e composição de óleos essenciais. Em plantas de Carqueja [*Bacharis trimera* (Less.) D. C.], o aumento do nível de irradiância luminosa causou tendência de acréscimo no teor de óleos essenciais, e elevou consideravelmente o conteúdo por planta (Silva, 2001). Na espécie *Ocimum seloi* Benth., em plantas mantidas sob radiação solar plena e sombreamento parcial de 50%, o teor do óleo essencial (0,65%) não diferiu significativamente entre os níveis de radiação solar (Gonçalves, 2001).

Resultados obtidos por Letchano & Gosselin (1996) com plantas de Tomilho; e Ventrela e Ming (2000) com *Lepea Alba* demonstraram que plantas submetidas a um maior nível de irradiância tiveram elevação no teor de óleo essencial. Os efeitos dos fatores ambientais sobre o metabolismo de terpenos são complexos, devendo-se ter cuidado na interpretação dos dados.

2.4 Respostas fisiológicas e radiação

—▷ A análise de crescimento de espécies vegetais arbóreas tem sido muito utilizada para determinar o grau de tolerância das mesmas às diferentes condições de luz disponíveis no ambiente em que se encontram. Segundo Benincasa (1988), nem sempre é possível detectar causas de diferenças de produção pela análise de crescimento, tornando-se necessário medir outros atributos de crescimento. Porém, a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

—▷ A adaptação das plantas ao ambiente de radiação depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada de maneira mais eficiente possível. As respostas dessas adaptações serão refletidas no crescimento global da planta.

—▷ A luz, dentre outros fatores do ambiente, desempenha um papel relevante no controle dos processos associados ao acúmulo de biomassa (Vilela & Ravetta, 2000; Valio, 2001), contribuindo de forma inequívoca para o crescimento das plantas. Maior ou menor plasticidade adaptativa das espécies às diferentes condições de radiação solar depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo a garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em carboidratos e, conseqüentemente, maior crescimento.

—▷ Várias são as características observadas para avaliar a influência da luz no crescimento das plantas, detectando-se: altura da planta, diâmetro do caule, matéria seca total e na distribuição da matéria seca entre os diferentes órgãos, área foliar, razão de área foliar (RPF), que se decompõe em área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF), e taxa fotossintética.

—▷ Jones & Mcleod (1990), utilizando 5; 20; 53 e 100% de luz do dia, encontraram maior produção e acúmulo de matéria seca para *Sapium sebiferum*, quando as mudas foram submetidas a pleno sol, enquanto, para *Fraxicus caroliiana*, o acúmulo máximo de matéria seca foi atingido a 53% da luz do dia. Estudos de Naves (1993), testando quatro níveis de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (29, 44, 66 e 100%), demonstraram que aos 150 dias de idade, mudas de *Sesbania sesban* apresentaram um incremento no acúmulo de matéria seca, conforme o aumento de RFA. Por outro lado, mudas de *Cybistax antisiphilitica* apresentaram os maiores acúmulos de matéria seca total em valores extremos de RFA, ou seja, em 100% e 29%. Mudas de *Copaifera langsdorffii*, no entanto, não apresentaram qualquer diferença quanto ao acúmulo de matéria seca nos níveis de irradiância estudados.

—▷ Engel & Poggiani (1991), estudando quatro níveis de sombreamento (0, 42, 68 e 82% de sombreamento), em quatro essências florestais nativas do Estado de São Paulo, observaram, durante a fase de viveiro, que as taxas de crescimento de *Tabebuia avellaneadae* apresentaram maiores médias em altura,

matéria seca da parte aérea e área foliar a 82% de sombra, ou seja, sob 18% de luminosidade.

— > A área foliar é uma característica muito utilizada na avaliação de tolerância das espécies ao sombreamento. Em geral, o incremento da área foliar com o sombreamento é uma das maneiras da planta aumentar a superfície fotossintética, assegurado um aproveitamento mais eficiente das baixas intensidades luminosas e compensando as baixas taxas de fotossíntese por unidade da área foliar, características das folhas de sombra (Jones & Mcleod, 1990).

A área foliar específica (AFE) é a relação entre a área foliar e o peso seco das folhas. O inverso da AFE indica a espessura da folha, o peso específico das folhas (PEF) (Benincasa, 1988). Vários fatores ambientais influenciam a AFE, a intensidade e a duração de luz são fatores que alteram marcadamente a AFE.

Outro índice bastante usado nos estudos de análise de crescimento é a razão de peso foliar (RPF), que é a razão entre o peso de matéria seca retida nas folhas e o peso de matéria acumulada em toda a planta. Então, a RPF representa a fração de matéria seca não exportada das folhas para outras partes da planta (Benincasa, 1988).

O diâmetro do caule é outra característica bastante utilizada na avaliação do crescimento das plantas. O crescimento em diâmetro é estimulado pela atividade cambial que, por sua vez, é estimulada por fotoassimilados (Wardlaw, 1990).

Scalon & Alvarenga (1993), trabalhando com mudas de pau-pereira (*Platycamus regnelli* Benth) sob diferentes intensidades de irradiância, encontraram maior crescimento em altura sob 50% de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Por outro lado, plantas de *Sesbania sesben* e *Cybistax antisiphilitica* apresentaram maiores alturas quando cultivadas sob

29% de RFA, enquanto *Copaifera langsdorffi* não apresentou qualquer diferença nesta característica em função dos diferentes níveis de RFA utilizados (Naves, 1993).

Estudos a respeito da influência da radiação sobre a fotossíntese, morfologia e desenvolvimento de mudas de *Garcinia mangosnana* L, desenvolvidos na Austrália durante dois anos, revelam que mudas submetidas ao desenvolvimento em ambiente com sombreamento decrescente exibiam decréscimo no tamanho das folhas, incremento na espessura das folhas e baixa área foliar específica. As mudas menos sombreadas mostraram alocação relativamente maior de matéria seca nas raízes que as mais sombreadas e exibiam significativa redução na área foliar relativa ao total da planta, incremento no número de folhas, enlaçamento de galhos e internódios menores, resultando em uma aparência mais compacta nas menos sombreadas (Wiebel, 1994).

Muitos fatores externos e internos afetam a formação de clorofila; por isto o conteúdo nas folhas pode variar bastante entre estes fatores, das quais a luz é o principal por ser essencial para que ocorra a sua síntese (Whatley & Whatley, 1982).

Segundo Kramer & Kozlowski (1979), os níveis de clorofilas foliares são controlados pela luz. Em intensidades elevadas de radiação, as moléculas de clorofila são passíveis de processos degradativos (foto-oxidação), sendo o equilíbrio estabelecido a uma concentração mais baixa. Portanto, folhas de sombra possuem uma concentração maior de clorofilas em relação às de pleno sol.

A influência da duração e intensidade de luz sobre o conteúdo de clorofilas tem sido verificada por diversos autores (Alvarenga, 1987; Castro, 1999; Faria et al., 2000; Heráth e Ormrod, 1979)

Boardman (1977) relata que folhas crescendo sob baixa radiação fotossinteticamente ativa apresentam maior teor de clorofila por unidade de massa de matéria seca, todavia, afirmam que o teor por unidade de área foliar é freqüentemente maior em folhas expostas a níveis mais elevados de radiação.

De uma maneira geral, considera-se que as razões entre clorofilas a e b tendem a cair com a diminuição da intensidade da irradiação (Boardman, 1977; Kramer & Koslowski, 1979). Vários autores têm relatado uma diminuição nesta razão em folhas submetidas a baixas intensidades de irradiância (Bjorkman & Holmgren, 1963; Tinoco & Vasques-Yanes, 1985; Engel & Poggiani, 1991); entretanto, outros não encontraram diferenças (Inoue, 1983; Nygren e Kellomaki, 1983).

— ▽ Atroch (1999), estudando aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância (100% ou pleno sol, 70% e 50%), verificou que a biomassa seca da parte aérea não se alterou entre os tratamentos. Entretanto, houve diferenças significativas entre os tratamentos para biomassa seca do caule, sendo o nível de 70% o que proporcionou maior acúmulo de biomassa seca, não diferindo do menor nível.

A resposta do crescimento de várias plantas, em relação à duração da luz, é variável. Em *Gomphrena macrocephala* (Amaranthaceae), nativa do cerrado brasileiro, que apresenta propriedades medicinais e potencial ornamental, verificou-se que as condições fotoperiódicas interferiram no crescimento, no comportamento fenológico e no acúmulo de frutanos dessas plantas. Dias curtos (8 horas) proporcionaram menor crescimento vegetativo; dias longos (12 e 16 horas), estimularam maior desenvolvimento da parte aérea e resultaram em menor conteúdo de frutanos (Moreira, et al. 1999).

Em plantas de batata, Wolf, et al. (1990) verificaram que dias longos promoveram o crescimento das plantas em termos de tamanho e número de

folhas, produção de matéria seca total, afetando também o particionamento de matéria seca entre diversos órgãos das plantas. Todavia, o aumento do fotoperíodo de 12 para 16 horas não afetou significativamente o peso da matéria seca total e o número de internódios em plantas de batata, mas um efeito marcante pôde ser observado no particionamento de biomassa e na relação parte aérea / raiz.

Trabalhando com *Synphytum officinale* L., Castro (1999) verificou que a mudança no fotoperíodo de 8 para 20 horas proporcionou um aumento na produção total de biomassa, bem como na partição de assimilados entre os diversos órgãos da planta. Fotoperíodos acima de 16 horas, promoveram uma queda na área foliar devido à redução ocorrida no número de folhas. Por outro lado, segundo Faria et al. (2000), plantas de jacatupé [*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.] sob fotoperíodos considerados curtos (9 e 12 horas), quando comparados com os fotoperíodos considerados longos, 15 e 18 horas, acumularam maior quantidade de matéria seca em raízes tuberosas em relação à parte aérea.

2.5 Efeitos da radiação sobre características anatômicas de folhas

—▷ A luz influencia a anatomia foliar, tanto nos primeiros estádios de desenvolvimento quanto no estágio adulto, pois a folha é um órgão de elevada plasticidade e sua estrutura interna adapta-se às condições de luz do ambiente. A influência da luz sobre a anatomia foliar pode ser avaliada com base na sua intensidade, qualidade e quantidade da mesma.

No estudo da anatomia foliar devem ser levados em consideração a idade do órgão, sua posição no ramo, sua situação aos fatores de luz e o suprimento hídrico, pois é sabido que existe uma estreita relação entre a morfologia e anatomia foliar e o ambiente em que a espécie se desenvolve. Estudos com várias espécies de uso medicinal têm evidenciado plasticidade fisiológica e

anatômica sob diferentes condições ambientais (Clark & Menary, 1980; Letchano & Gosselin, 1996; Atroch, 1999; Gonçalves, 2001; Silva, 2001). A influência da luz sobre o crescimento, o desenvolvimento e a anatomia das plantas pode ser avaliada de acordo com a intensidade, qualidade e quantidade de radiação às quais estejam submetidas.

—▷ Estudos comparativos de estruturas de folha, caule e raízes têm mostrado diferentes respostas anatômicas em relação a estes órgãos, a despeito de alterações nos níveis de luminosidade no ambiente. Por esta razão, folhas de plantas crescidas em ambientes ensolarados apresentam-se menores, mais espessas e com maior matéria seca por unidade de área em relação às cultivadas à sombra. Este fato se deve, provavelmente, a uma taxa fotossintética mais elevada a pleno sol, em comparação com as plantas crescidas à sombra (revisto por Boardman, 1977 e Bjorkman, 1981). O aumento na espessura da folha, especialmente quando pela alongação ou adição de células paliçádicas, tem sido ligado a uma redução na resistência do mesofilo ao dióxido de carbono (Nobel, 1977) e correlacionado ao aumento de fatores limitando potencialmente o processo fotossintético associado a Rubisco, transportadores eletrônicos e condutância estomática, entre outros (Bjorkman, 1981).

—▷ A maioria das espécies tem habilidade de desenvolver diferentes estruturas anatômicas em suas folhas quando crescem à sombra ou a pleno sol. As folhas de sombra, quando comparadas às de sol de uma mesma árvore, apresentam-se mais delgadas, mais lobuladas, com maior superfície por unidade de peso, com epiderme mais fina e mais espaços intercelulares (Spurr & Barnes, 1980).

Em *Fragaria virginiana*, uma espécie adaptada à sombra, quando se aumenta a intensidade da luz, observa-se um aumento na quantidade de tecidos no mesofilo, favorecendo o desenvolvimento de tecido paliçádico, o que se evidencia pelo aparecimento de várias camadas bem organizadas, as quais levam

a aumentos significativos na capacidade fotossintetizante. Esse aumento ocorre até um certo limite, além do qual a capacidade fotossintetizante decresce devido à foto-oxidação dos pigmentos (Chabot, et al. 1979). Ainda em *Fragaria virginiana*, observou-se que a expansão foliar foi completada mais rapidamente em intensidades luminosas mais elevadas (Jurik, et al. 1979). Segundo Rizzini (1976); o desenvolvimento dos tecidos mecânicos encontram-se intimamente ligado à intensidade luminosa, sendo que o espessamento das paredes celulares acompanha o incremento da luz e os caracteres helimórficos decorrentes mostram-se proporcionais à intensidade luminosa. Em folha jovem de *Hackea dactyloides*, as dimensões são normais, não havendo nenhuma célula esclerificada. Quando, porém, a planta se torna exposta ao sol e ao vento, vão surgindo pequenas massas de esclerênquima, as quais aumentam até ocuparem cerca de 45% do mesofilo. Isto ocorre mediante a deposição de lignina nas células parenquimatosas pré - existentes.

Os estômatos são estruturas fundamentais para as plantas porque através delas ocorrem os processos de troca gasosa. Portanto, qualquer variação em número e/ou tamanho destes pode acarretar uma maior ou menor eficiência da planta quanto à taxa fotossintética (Sun et al., 1995). Segundo Boardman (1977), o aumento da frequência estomática geralmente está correlacionado com a maior condutância estomática e, portanto, com uma menor resistência à difusão de gases. Para Kozlowski, et al. (1991), contudo, a capacidade de resposta dos estômatos às variáveis ambientais e mais importante para a determinação da condutância estomática do que seu número.

Embora inúmeros trabalhos da literatura, mostrem correlação positiva entre a intensidade luminosa e a densidade estomática, em alguns casos foi observado que o número de estômatos por folha continua praticamente constante para os diferentes níveis de luz (Knecht & O'Leary, 1972; Peterson, et al. 1986, Atroch, 1999).

O número de estômatos e células epidérmicas por unidade de área é a base para a determinação do índice estomático, o qual é utilizado para efeito de correlação com alguns processos fisiológicos.

Medri & LLeras (1980) citam haver diferenças no número e tamanho dos estômatos de seringueira cultivadas em diferentes condições edafoclimáticas.

Em relação aos efeitos de diferentes comprimentos de onda de luz, é difícil modificar o comprimento de onda sem, ao mesmo tempo, modificar a intensidade; o plano de divisão celular é controlado pela qualidade da luz.

Muitos diferentes processos de desenvolvimento estão associados a modificações no comportamento anatômico da planta, como, por exemplo, o comprimento de entrenós, a formação de pigmentos, o tamanho das nervuras, a espessura das paredes celulares da epiderme, a forma, o tamanho e o número das células do mesofilo, entre outros, que são influenciados em respostas a mudanças na duração diária dos períodos de luz (fotoperíodos).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A.A . Estudo de alguns aspectos do desenvolvimento do feijão jacatupé (*Pachyrrhizus tuberosus* Lam. Spreng).1987. 174p.Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ANDRADE, F. M. C. Homeopatia no crescimento e na produção de cumarina em chambá *Justicia pectoralis* Jacq. 2000. p.214. Tese (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ATTRIDGE, T. H. Light and plant responses. London: E. Arnold, 1990. 147p.

ATROCH, E. A. C. Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância. 1999. 62p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BARROS, R. F. M. Efeito da radiação solar sobre o crescimento e a produção de cumarinas em folhas de *Justicia pectoralis* var. *Stenophylla* Leonard. Recife, PE: UFRA, 1992. 160p. (Dissertação: Mestrado em Botânica)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 41 p., 1988.

BERNATH, J.; TETÉNYI, P. Ecological factors adaptability relationship of steroid alkaloid production based, on *Solanum laciniatum* based, on investigation of examine two species, *Solanum laciniatum* Ait and *Solanum dulcamara* L. Acta Botanique Academic Scientarium Hungarical, Budapest, v.24, n.1-2, p. 41-45, 1980.

BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.; NOBEL, P. S.; OSMONA, C. B.; ZIEGLER, H. (eds.). **Physiological plant ecology I. responses to the physical environment.** Encyclopedia of Plant Physiology, New York: Spinger-Verlag, 1981.652p.

BJORKMAN, O.; HOLMGREN, P. Adaptability of photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shade habitats. **Physiologia Plantarum.** Copenhagen, v.16, n. 4, p.889-915, 1963.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p.355-377, 1977.

BORGES, M. F. M. Cumarinas: química e ações biológicas. **Revista Portuguesa de Farmácia**, Lisboa v. 37, p 47-48, 1987.

BURBOTT, A J.; LOOMIS, W. D. Effects of light and temperature on the monoterpenes of peppermint. **Plant Physiology**, Maryland, v.42, n.1, p.20-28/, Jan. 1967. * *folha*

CASTRO, A. H. F. Aspectos fisiológicos fotoquímicos de plantas de confeiteiro (*Symphytum officinale* L.).1999. 125p.Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras. → *folha*

CELEGHINI, R. M. S.; VILEGAS, J. H. Y.; LANÇAS, F. M. Extraction and Quantitative HPLC analysis of coumarin in Hydroalcoholic. Extracts of *Mikania glomerata* Spreng. ("guaco") Leaves. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, Nov./Dec. v.12, n.6, 706-709, 2001.

CHABOT, B. F.; JURIK, T. W.; CHABOT, J. F. Influence of instantaneous and integrated light-flux density on leaf anatomy and photosynthesis. **American Journal of Botany**, Columbus, v.66, n.8, p.940-945, 1979.

CHATTERJEE, S. K.; RAYCHADHURI, S. P. Cultivation and quality improvement of medicinal plants in west Bengal. Recent advances in medicinal, aromatic and spice crops.. In: INTERNATIONAL CONFERENCE HELD, 1989, New Delhi, India. CD-ROM. CAB Abstracts/ 1992.

CLARK, R. J.; MENARY, R. C. Environmental effects on Peppermint (*Mentha piperia* L.) I. Effects of daylength, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v.7, n.6, p.685-692, 1980. * *folha*

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Ed. Ministério da Agricultura: Instituto Brasileiro de desenvolvimento Florestal, 1984. v.3, p .518.

CRAVEIRO, A. A.; FERNANDES, A. G.; ANDRADE, C.H.S. **Óleos essenciais de plantas do nordeste**. Fortaleza: EUFC, 1981. 210p.

DIAS DA SILVA, R. A. **Farmacopéia dos Estados Unidos do Brasil**. São Paulo, Nacional, 1929. 149p.

DOS SANTOS, T. C.; CABRAL, L. M.; TOMASSIMI, T. C. B.; SANCHEZ, E.; Contribuição para o estudo fitoquímico de *Mikania glomerata* Sprengel XIV Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil , Florianópolis-SC-Brasil, 17-20 de setembro de 1996. (Resumo, Q-034).

DUDAI, N.; PUTIEVSKY, E.; RAVID, V.; PALEVITCH, D.; HALEVY, A. H. monoterpene content in *origanum*, *Syriacum* as affect by environmental conditions and flowering. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 84, n.4, p. 453-459, 1992.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento de mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, 1991.

FAHLÉN, A.; WELANDER, M.; WENNERSTEN, R. Effects of light-temperature regimes on plant growth and essential oil yield of selected aromatic plants. *Journal of the Science Food and Agriculture*, London, v. 73. n.1, p. 111-119, Jan. 1997.

FARIA, L. L.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E. M.; SOBRINHO, J. C. S. Alguns aspectos morfofisiológicos do feijão jacatupé (*Pachyrrhizus tuberosus* Lam. Spreng). *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.24, n.3, p.688-695, jul/set., 2000.

FARIA, F. M.; LINBERGER, R. P.; SIMÕES PIRES, C. A.; HENRIQUE, A.T. Análise da composição química do óleo volátil de cinco espécies do gênero *Mikania* In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 15, 1988, Águas de Lindóia, SP. **Resumo...** Águas de Lindóia. SP, Editora, 1988, p.164.

FERREIRA, M. das G. M.; CÂNDIDO, J. F.; CANO, M. A. O.; CONAÉ, A. R. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.2, p. 121-134, 1997.

GONÇALVES, L. A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth (Lamiaceae).** 2001.95p. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ØGOREN, R.; TOMER, E. Effects of seselin and coumarin on growth, indole acetic acid oxidase and peroxidase with special reference to cucumber (*Cucumis sativa* L.) radicles- **Plant Physiology**.Maryland, v. 47, n.2, p.312-316, Feb. 1971.

GOTTLIEB, O. R.; SALATINO. A. Função e evolução de óleos essenciais e de suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.8, p.707-716, ago. 1987.

HERÁTH, H. M. W.; ORMROD, D. P. Effects of temperature and photoperiod on whinged beans (*Psophocarpus tetragonolobus*) **Annals of Botany**, London, v.43, n.6, p.729-736, June 1979.

INOUE, M. T. **Bases fisiológicas para a silvicultura de espécie nativa. In:** INOUE, M. T. et al. (eds.). **A Silvicultura de espécies natives**. Curitiba: FUCEP, 1983. p. 1-8.

JONES, R. H.; MCLEOD, K. W. Grown and photosynthetic responses to a range of light environments in Chinese tallow tree a Carolina ash seedlings. **Forest Science**, Washington. v.36, n.4, p. 851-862, 1990.

JURIK, T. W.; CHABOT, J. F.; CHABOT, B. F. Ontogeny of photosynthetic performace in *Fragaria virginiana* under changing light regimes.**Plant Physiology**, Maryland, v.63, n.3, p.542-547, 1979.

KANADA, T. **Plasticidade Fenotípica da morfologia e do óleo essencial em acessos de manjeriço (*Ocimum spp.*)** 1998. 59p.Dissertação(Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

KNECHT, G. N. e O'LEARY, J. W. The efeetc of light intensity on stomatal density of *Phaseolus vulgaris* leaves. **Botanicl Gazette**, Chicago, v.133, n.2, p.132-134, 1972.

ØKOZLOWSKI, T.; KRAMER, P. I.; PALLARAY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press, 1991. 657p.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI,T. T. **Physiology of wood plants**. New York : Academic Press, 1979. 811p.

- LETSCHANO, W.; GOSSELIN, A. Transpiration essential oil gland, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. **Journal Horticultural science**, Ashford, v.71, n.1, p.123-134, 1996.
- MACRAE, W. D., TOWERS, G. H. N. *Justicia pectoralis*: a study of the bases for its use as a hallucinogenic snuff ingredient. **Journal of Ethnopharmacology**, Clare, v.12, n.1, p.93-111, 1984.
- MANN, J. Secondary metabolism and ecology In:_____.**Secondary metabolism**. Oxford: Caredon Press., 1987. Cap. 7, p. 325,
- MARTINS, E. R. **Morfologia interna e externa, caracterização isozimáticas e óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth.** Viçosa: UFV, 1996. 97p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa,
- MEDRI, M. E.; LLERAS, E. Aspectos da anatomia de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell Arg. **Acta Amazônica**, Manaus, v.10, n.3, p.463-493, 1980.
- MOREIRA, M. F.; VIERA, C. C. J.; ZAIDAN, L. B. P. Efeito do fotoperíodo no crescimento e no padrão de acúmulo de frutano em plantas aclimatizadas de *Geomphrena macrophela* St. Hil. (Amaranthaceae).**Revista Brasileira de Botânica**: São Paulo, v-22, n.3, p.1-13, 1999.
- NAVES, V. L. **Crescimento, distribuição de material seca, concentração de clorofila e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa.** 1993. 76p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- NOBEL, P. S. Internal leaf area and cellular CO₂ resistance: Photosynthetic implication of variations with grown conditions and plant species. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.40, n.2, p.137-144, 1977.
- NYGREEN, M.; KELLOMAKI, S. Effect of shading on leaf structure and photosynthesis in young birches, *Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh. **Forest Ecology and management**, Amsterdam, v.7, p. 119-132, 1983.
- PEREIRA, A. M. S. **Propagação e co-cultivo de células como fatores predisponentes à produção de cumarina em *Mikania glomerata* Sprengel (guaco).** 1997. 82p. Tese (Doutorado em Agricultura)- Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

PETERSON, I. C.; DURIN, D. J.; SACALES, J. W. Effects of light level upon leaf area, anatomy and stomatal frequency of *Ficus benjamina* L. **Research Circular**, Ohio, v.289, p.21-26, 1986.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**; Aspectos ecológicos. São Paulo: HUCITEC, EDUSP, 1976. 327p.

☞ REHDER, V.L., G., SARTORATO, A., MAGALHAES, P. M., FIGYEIRA, G. M.; MONTARI JUNIOR, I.; LOURENÇO, C. Variação fenológica do teor de cumarina em *Mikania laevigata* Schultz Bip., ex Baker. In: WORKSHOP DE PLANTAS MEDICINAIS DE BOTUCATU, 3, 1998, Botucatu, SP. **Resumos ... Botucatu, SP-UNESP, 1998. p. 26.**

RUPPELT, B. M., PEREIRA, E. F. R.; GONÇALVES, L. C.; PEREIRA, N. A. Pharmacological Screening of plant recommended by folk medicine as anti-Snake venous: I analgesic and anti-inflammatory activities. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz do Rio de Janeiro**, v. 86, (Supl. 2) : 203-206, 1991.

SCALON S. P. Q.; ALVARENGA, A A Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth). **Revista Arvore**, Viçosa, v. 17, n-3, p. 265-270, 1993.

SILVA, F. G. Estudos de Calogênese in vitro e dos efeitos do manejo Fitotécnico no crescimento e na produção de óleo essencial em plantas de Carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) D, C. 2001. 128 p Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SPURR, S. J.; BARNES, B. V. **Ecologia Florestal**. New York: Ronald Press, 1980. 571p.

☞ STEWARD, F. C., KRIKORIAN, A. D. The range of biologically active compounds. In: **Plant Chemicals and Growth**. London. Academic Press, 1971. Cap-7, p. 100-107,

☞ SUN, O. J.; SWEET, G. B.; WHITEHEAD, D.; BUCHAN, G. D. Physiological responses to water stress and waterlogging in nothofagus species. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, n.10, p. 629-638, oct, 1995.

TANAKA, S.; YAMAURA, T.; SHIGEMOTOR, R.; TABATA, M. Phytochrome - mediated production of monoterpenes in thyme seedlings. **Photochemistry**, Oxford, v.28, n.11, p. 2955-2957, 1987.

THOMAS, B.; VINCE-PRUE, D. **Photoperiodism in plants**. 2 ed. California: Academic Press, 1997. 428p.

YAMAURA, T.; TAKANAKA, S. TABANATA, M. Light-dependent formation of glandular trichomes and monoterpenes in thyme seedlings, **Phytochemistry**, Oxford, v. 28, n.3, p.741-744, 1989.

TINOCO, C. O; VASQUEZ-YANES, C. Diferencias en poblaciones de *Piper hispidum* bajo condiciones de luz contrastante en una selva alta perennifolia In: GOMES-POMPA, A.; AMO, R. S. (eds.) **investigaciones sobre la regeneration de Selvas**. Altas em Vera Cruz México. Alambra Mexicana, 1985. Tomo 2, p.267-281.

VALIO, I. F. M. Effects of Shading and removal of plant parts on Growth of *Trema micrantha* Seedlings, **Tree Physiology**, Victoria, n. 21, p.65-70, 2001.

VILELA, A E.; RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and Physiology in four Species of *Proposis L.*(Mimosaceae). **Journal Arid Environments**, London, v.44, n.4, p.415-423, 2000.

WARDLAN, I. F. Assimilate movement in *Lolium* and *Sorghum* leaves; I. Irradiance effects on photosynthesis, export and the distribution of assimilates. **Australian Journal of Plant Physiology**, New York, v.3, n.2, p.377-387, 1976.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Abordagens biotecnológicas para a obtenção de substâncias ativas. In: SIMÕES, C. M. O; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G. et al. (orgs). **Farmacologia da planta ao medicamento**. Porto Alegre, Florianópolis: UFRGS/ UFSC, 1999. p. 101-121.

WHATLEY, F. H.; WHATLEY, F. R. **A Luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982. 101 p. (Temas de Biologia, 30)

WARDLAN, I. F. The control of carbon partitioning in plants. **New phytologist**, Cambridge, v.116, n.3, p.341-381, 1990.

WIEBEL, J.; CHACKO, E. K.; DOWNTON, S. J. S.; LUDDERS, p. Influence of irradiance on photosynthesis, morphology and grown of mangoesteem (*Garcinia mangostana L.*) seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v.14, n.3, p.263-274, 1994.

WOLF, S.; MARANI, A; RUDICH, J. Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. **Annals of Botany**, New York, v. 66, n.5, p.513-520, 1990.

CAPÍTULO 2

VARIAÇÃO NA ANATOMIA FOLIAR DE *Mikania glomerata* Sprengel. (GUACO) SUBMETIDA A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

RESUMO

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Variação na anatomia foliar de plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco), submetidas a diferentes níveis de sombreamento.**, 2001. 221p. Tese (Doutor em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

O estudo da anatomia foliar reveste-se de grande importância para a compreensão do processo de plasticidade adaptativa de uma espécie sob diferentes condições ambientais. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar a variação na anatomia foliar de *Mikania glomerata* Sprengel, desenvolvida em diferentes níveis de sombreamento, caracterizado pela redução de 0%, 30%, 50% e 70% da radiação solar incidente. Os resultados demonstraram um aumento da espessura foliar nas plantas submetidas a maior intensidade de radiação; as plantas cultivadas a 30% de sombreamento na região superior apresentam maior frequência e índices estomáticos. O número de vasos do xilema, com 70% de sombreamento, foi menor que o dos demais tratamentos em estudo. Os pecíolos foram mais curtos em maior intensidade de radiação. Observou-se ainda a presença de endoderme na folha de *Mikania glomerata* Sprengel com estrias de Caspary.

ABSTRACT

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Variation in the leaf anatomy of *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) plants submitted to different shading levels.** 2002. 221p. Thesis (Doctor ~~on~~ Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras

The study of leaf anatomy is of great importance for understanding the process of adaptive plasticity of species under different environmental conditions. Within this context, the objective of this study was to characterize the variation in the leaf anatomy of *Mikania glomerata* Sprengel, developed under different shading levels, characterized by the reduction of 0%, 30%, 50% and 70% of the solar radiation incidence. The results showed that an increase of leaf thickness in the plants submitted to a greater radiation intensity, then plants grown under 30% of shading in the upper region presented higher frequency and stomatic indices. The numbers of xylem vessels, in 70% of shading, were lower than the other treatments under study. The petioles were shorter under greater radiation intensity. The presence of endodermis in the leaf of *Mikania glomerata* Sprengel with Casparian strip was still observed.

1 INTRODUÇÃO

— A anatomia de uma folha pode ser grandemente influenciada pelo nível de luz durante o crescimento, pois a folha é um órgão muito plástico e a sua estrutura interna adapta-se às condições de luz do ambiente; esta é uma plasticidade adaptativa comum das espécies que apresentam amplo potencial de aclimação (Whatley & Whatley, 1982; Bjorkman, 1981).

— Estudos comparando estrutura da folha mostram que um grande número de espécies de plantas tem a capacidade de desenvolver folhas anatomicamente distintas quando cultivadas em diferentes níveis de luz. O aumento no nível de luz proporciona aumentos na espessura da folha especialmente quando acarretado pelo alongamento ou adição de células do parênquima paliçádico, que têm sido relacionadas à redução na resistência do mesofilo ao dióxido de carbono (Nobel, 1977) e correlacionadas com aumento em fatores que limitam potencialmente o processo fotossintético, como Rubisco, transportadores de elétrons e condutância estomática (Bjorkman, 1981). Esta dicotomia sol/sombra tem sido avaliada para um grande número de espécies temperadas e relacionada com a tolerância à sombra e performance fisiológica (Carpenter & Smith, 1981).

Ocimum selloi Benth. (Lamiaceae), crescidas em radiação solar plena e em 50% da radiação solar incidente, apresentaram diferenças na espessura dos parênquimas foliares, que foram maiores nas plantas crescidas em pleno sol; entretanto, o número total de estômatos e tricomas por folha foi maior nas plantas crescidas no sombreamento parcial (Gonçalves, 2001).

A ala e ramo de [*Baccharis trimera* (Less) D.C.] apresentaram modificações estruturais proporcionadas pelo nível de luz; nas plantas cultivadas a 20% de irradiância, observou-se o mesofilo mais delgado, especialmente em relação ao tecido paliçádico, e maior número de espaços intercelulares quando comparadas com as plantas cultivadas a 100% de irradiância. Nos ramos

cultivados em 100% de irradiância surgiram massas de esclerênquima, o que nos cultivos em 20% de irradiância, não foi observado, indicando que o desenvolvimento dos tecidos mecânicos se encontra estreitamente ligado à intensidade luminosa (Silva, 2001).

—▷ Em *Bauhinia forticata* Link., constatou-se que as plantas submetidas à maior intensidade de luz apresentaram folhas mais grossas devido ao maior espessamento do tecido paliçádico (Atroch, 1999).

—↳ A densidade estomática, o número e tamanho das células epidérmicas podem variar de maneira significativa entre plantas cultivadas em diferentes níveis de luz, sendo os estômatos encarregados das trocas gasosas entre a planta e o meio; o aumento da frequência estomática em folhas expostas a elevada irradiância pode ser um mecanismo importante de adaptação a condições mais áridas (Medri & Lleras, 1980; Abrans & Mostoller, 1995).

Para Kozlowski et al. (1991), a capacidade de resposta dos estômatos às variáveis ambientais é mais importante para a determinação da condutância estomática do que o seu número. Van Volkenburg & Davies (1977), trabalhando com algodão e soja, afirmaram que diferentes regimes de luz e temperatura influenciaram a formação dos estômatos, bem como a expansão celular. Em *Phaseolus vulgaris* L., o número de estômatos aumentou com incremento da luminosidade (Silva & Anderson, 1985).

Estas repostas das plantas citadas em vários trabalhos como uma correlação positiva entre a intensidade luminosa e a densidade estomática não são constantes em algumas espécies e foi observado que o número de estômatos não apresentou alterações para os diferentes níveis de radiação (Atroch, 1999; Knecht & O'leary, 1972; Peterson et al. 1986). As camadas epidérmicas, principalmente da face adaxial, mais espessas quando aumentam os níveis de luz, podem ser úteis para refletir irradiância excessiva.

No presente estudo é evidente a importância de constatar as variações nas dimensões anatômicas e na frequência de estômatos com quatro níveis de irradiância das folhas de *Mikania glomerata* Sprengel, uma espécie medicinal popularmente conhecida como guaco. Houve o objetivo de avaliar a plasticidade anatômica foliar da planta a diferentes intensidades de radiação, que possam indicar a influência desse fator do ambiente sobre as condições de cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido de março de 2001 a agosto de 2001, em condições de viveiro do setor de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, localizado na região sul do estado de Minas Gerais, a 918m de altitude, latitude 21° 14' S e longitude 45°00' GRW. Segundo a classificação climática de Koppen, o clima regional é do tipo Cwa com características CWb, apresentando duas estações bem definidas: seca, com temperaturas mais baixas, de abril a setembro, e chuvosa, com temperaturas mais elevadas, de outubro a março.

As mudas utilizadas neste estudo foram produzidas a partir de propagação, por estacas de 15 cm de comprimento, no terço médio do ramo, de um par de folhas colocado nas bandejas de polietileno expandido (isopor). O substrato utilizado foi o Plantimax, em casa de vegetação com umidade relativa de 75% e temperaturas de 26 ± 2 °C durante o período de 60 dias.

Após este período, as mudas foram colocadas em sacos plásticos perfurados de 25 x 20 cm, com capacidade para 4 Kg. Os substratos em mistura para o enchimento dos recipientes foram: vermiculita, esterco bovino, e terra de subsolo, na proporção de 20:30:50; a vermiculita utilizada foi a de granulometria fina, com densidade aparente de 125 Kg/m³; O esterco bovino foi curtido e peneirado. Com relação ao material do subsolo, utilizou-se um Latossolo Vermelho Escuro (LVE), retirado a 30 cm abaixo da camada arável. Em seguida, os recipientes com as mudas foram transferidas para os níveis de radiação pré estabelecidos.

— ▸As plantas de *Mikania glomerata* foram submetidas a quatro níveis de sombreamento (0% ou Pleno sol, 30%, 50% e 70%). Os níveis de 30%, 50% e 70% foram obtidos com a utilização de telas pretas de nylon, conhecidas comercialmente como “telas sombrite”, conforme especificações do fabricante.

Durante todo o período de condução do experimento, o solo foi mantido próximo à sua capacidade de campo.

Após 100 dias de submetidos aos tratamentos de sombreamento, o material coletado destinado ao estudo anatômico foi fixado em álcool 70 °GL. Os ramos foram divididos em três partes, conforme a figura abaixo.

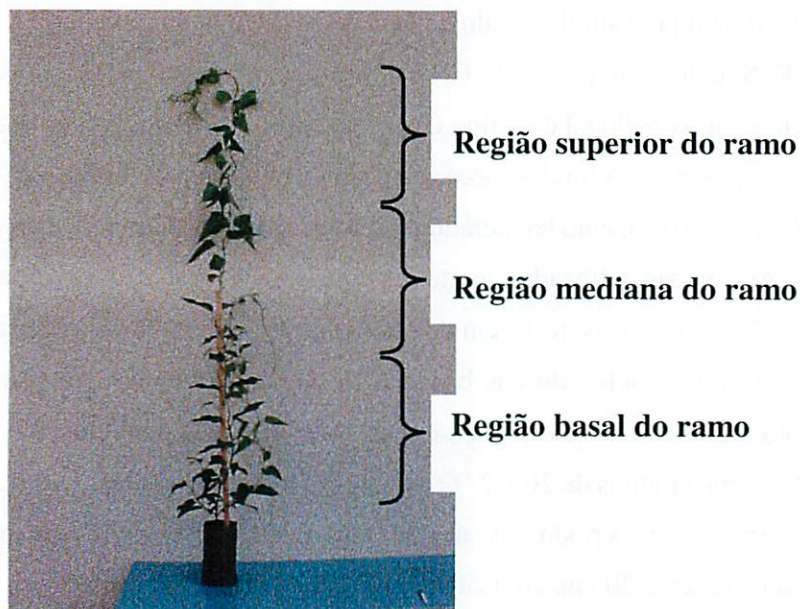


FIGURA 1 - Planta de *Mikania glomerata* com demonstração das diferentes regiões estudadas. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Para identificar as folhas conforme as posições no ramo, os lançamentos foliares foram denominados do ápice para a base da planta, da parte superior da planta, referindo-se às folhas recém - expandidas do ápice da planta, que são as que apresentam estrutura anatômica definida e máxima atividade metabólica (Fahl, 1989), da parte mediana da planta (folhas do terço médio do ramo- porte intermediário) e da parte basal da planta (parte basal do ramo).

Os estudos anatômicos foram efetuados em três posições do ramo nas folhas mais jovens (recém expandidas), nas folhas de idade intermediária, do

terço mediano superior das plantas, e das folhas mais velhas retiradas da base da planta. De cada planta foi retirada uma folha, da qual foram extraídos pedaços de 0,5 cm² da região mediana e com os quais foram efetuados os estudos anatômicos com base no exame microscópico de secções obtidas à mão livre. As secções foram clarificadas em solução a 50% de hipoclorito de sódio, sendo, em seguida, lavadas em água destilada, neutralizadas em água acética 1% e montadas em glicerina a 50%. O corante usado foi a mistura azul de astra-safranina, seguindo os métodos descritos por Bukatsch (1972).

A partir das secções transversais foram efetuadas 20 medições, com o auxílio de ocular micrométrica, de 5 plantas e de cada posição da planta, das espessuras das epidermes abaxial e adaxial e dos parênquimas lacunoso e paliádico. Portanto, a amostra foi constituída de 60 medições para cada nível de sombreamento testado.

Em relação ao sistema vascular da folha, foram realizadas medições da altura e largura do feixe vascular maior e central da nervura principal e efetuada a contagem do número de vasos do xilema de 5 plantas e 2 secções por planta de cada posição da planta, totalizando 30 medições para cada nível de sombreamento testado. Com relação ao sistema vascular do pecíolo que é dividido em feixes, foram realizadas medições somente do feixe vascular central e maior de secções transversais de pecíolos na metade do comprimento do mesmo de 8 plantas ao acaso, totalizando 24 medições por cada fotoperíodo testado, e também efetuada a contagem de número de vasos do xilema e medidas a altura, largura e comprimento do pecíolo.

Também foi estudada a epiderme nas faces abaxial, através de cortes paradérmicos, e como corante empregou-se a safranina hidroalcoólica.

A contagem do número de células epidérmicas e dos estômatos e as medições do diâmetro polar e equatorial foram realizadas com o auxílio de câmara clara, em microscópio OLIMPUS CBB, segundo técnica de Labouriau,

et al. (1961), em 12 campos da região mediana de cada folha na três posições da planta, num total de 18 campos por folha.

Foram analisadas 10 folhas escolhidas ao acaso nas três posições da planta sendo contados totalizando 360 campos por cada nível de luz testado. O índice estomático (Si) foi calculado com a utilização da seguinte fórmula: $Si (\%) = [Sn / (Sn + Em)] \times 100$, sendo Sn o número de estômatos e o Em o número de células da epiderme.

Aos 100 dias de indução dos tratamentos, foi medida a condutância estomática nas três posições do ramo, com o auxílio de um porômetro (STEADY STATE porometer LICOR 1600M), na epiderme abaxial as folhas que foram utilizadas para o estudo anatômico. As avaliações com o porômetro foram realizadas entre 11 e 12 horas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com tratamentos representados por quatro níveis de sombreamento (30, 50, 70% de sombreamento e pleno sol), com 16 repetições e uma muda por repetição, num total de 64 parcelas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A folha de *Mikania glomerata* Sprengel possui organização dorsiventral, é hipostomática e apresenta, como estrutura geral, a epiderme adaxial com uma ou duas camadas, em vista frontal, as células apresentam forma poligonal variável, com paredes sinuosas espessadas. Tricomas simples, pluricelulares, do tipo claviforme, encontram-se distribuídos por toda a epiderme, isolados ou raramente geminados, e implantados em depressões do estrato epidérmico. A epiderme abaxial tem somente com uma camada; os estômatos situam-se ao nível das demais células epidérmicas e mostram a fenda estiolar protegida por pequenas projeções cuticulares; são do tipo anomocíticos, anisocítico e actinocítico. O parênquima lacunoso tem 7 a 9 estratos celulares. O sistema vascular da nervura mediana é representado por um arco central com 4 a 8 feixes, todos os feixes são do tipo colateral. O sistema vascular do pecíolo é dividido em feixes; constituído por 9 feixes vasculares, tipo colateral. As dimensões desta estrutura foliar foram influenciadas pelos diferentes níveis de irradiância. Análises das amostras indicaram que a espessura foliar, o tamanho da nervura, a frequência de estômatos e a condutância estomática variam entre plantas de guaco cultivadas em diferentes níveis de sombreamento e houve diferenças na posição da folha no ramo no mesmo nível de sombreamento.

No estudo da epiderme da face abaxial em vista frontal, observa-se, na Tabela 1, para os diferentes níveis de sombreamento dentro de cada região da planta, que o número máximo de estômatos foi atingido a 30% de sombreamento na região superior da planta, enquanto, para as outras duas posições não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Considerando o desdobramento das diferentes regiões da planta em cada nível de sombreamento, observa-se que o número de estômatos da região superior da planta foi estatisticamente superior ao das outras duas regiões, exceto quando se consideram 70% de sombreamento, quando não houve diferenças estatísticas entre a região superior e mediana (Tabela 2).

TABELA 1 - Médias de números de estômatos/mm² e índice estomático na face abaxial em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel, submetidas a diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Posição / níveis de sombreamento	Parâmetros Avaliados	
Região superior:	n° de estômatos /mm²	Índice estomático
Pleno sol	170,20 b	13,57 b
30 % de sombreamento	217,68 a	15,52 a
50 % de sombreamento	170,20 b	14,07 b
70 % de sombreamento	130,61 c	12,90 b
Região mediana:	n° de estômatos /mm²	Índice estomático
Pleno sol	143,93 a	14,81 a
30 % de sombreamento	138,38 a	14,53 a
50 % de sombreamento	124,07 a	14,89 a
70 % de sombreamento	125,92 a	15,00 a
Região basal:	n° de estômatos /mm²	Índice estomático
Pleno sol	129,86 a	14,92 a
30 % de sombreamento	115,81 a	14,70 a
50 % de sombreamento	111,73 a	14,04 b
70 % de sombreamento	97,43 a	13,70 b

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2 -Médias de números de estômatos/mm² e índice estomático em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Níveis de sombreamento / Posições	Parâmetros Avaliados	
Pleno sol	n° de estômatos /mm ²	Índice estomático
Região superior	165,63 a	13,57 b
Região mediana ^s	143,93 b	14,81 a
Região Basal	129,86 b	14,92 a
30%	n° de estômatos /mm ²	Índice estomático
Região superior	217,68, a	15,52 a
Região mediana	138,38 b	14,53 a
Região Basal	115,81 b	14,70 a
50%	n° de estômatos /mm ²	Índice estomático
Região superior	170,20 a	14,07 a
Região mediana	124,07 b	14,89 a
Região Basal	111,73 b	14,04 a
70%	n° de estômatos /mm ²	Índice estomático
Região superior	130,61 a	12,90 b
Região mediana	125,92 a	15,00 a
Região Basal	97,43 b	13,70 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se ainda, na Tabela 1, que o índice estomático máximo foi atingido a 30% de sombreamento na região superior da planta, enquanto, para a região mediana não houve diferenças estatísticas; entretanto, na região basal, o máximo foi atingido nos níveis de pleno sol e 30% de sombreamento.

Na Figura 2 verificam-se as características das células epidérmicas abaxial nos 4 níveis de sombreamento. Nota-se que nas plantas de guaco cultivadas em 70% de sombreamento, as células exibem paredes sinuosas mais acentuadas que os demais tratamentos de níveis de sombreamento.

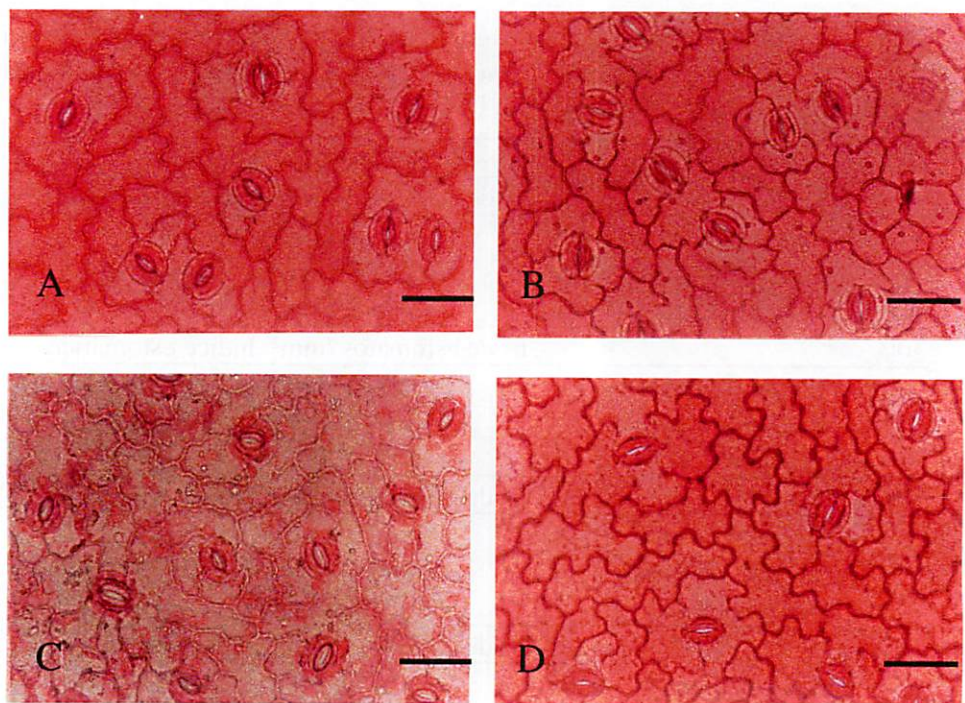


FIGURA 2 - Secções paradérmicas da epiderme da face abaxial de folha de *Mikania glomerata* Sprengel. submetida a diferentes níveis de sombreamento. A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 50 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

De um modo geral, nota-se que o número de estômatos /mm² e o índice estomático foram alterados não somente pelos níveis de sombreamento, mas também no mesmo sombreamento entre as diferentes regiões do ramo, devido, provavelmente, à interferência das folhas superiores sobre as inferiores (auto-sombreamento). Estes resultados demonstram que na região superior do ramo (Tabela 2) é possível sugerir que, além da alteração na expansão celular, a taxa de diferenciação dos estômatos tenha sido influenciada pelos níveis de sombreamento; entretanto, na região mediana dos ramos não foram observadas diferenças estatísticas. Em relação à região basal, o número de estômatos por mm² não apresentou diferenças significativas nos diferentes níveis de

sombreamento, entretanto o índice estomático aumentou com o incremento dos níveis de luz. Podemos indicar que altos níveis de luz reduzem a expansão celular, mas não interferem no número de estômatos. Essas hipóteses estão baseadas no número total de estômatos e no índice estomático, somente na região mediana da folha, nas várias regiões do ramo. Para afirmar categoricamente estas hipóteses seriam também necessário estudos na região apical e basal das folhas.

Vários trabalhos mostram alterações do número de estômatos e do índice estomático na mesma espécie, em diferentes condições ambientais. Nos trabalhos de Gonçalves (2001), a frequência e o número de estômatos na epiderme foliar, adaxial e abaxial de *Ocimum selloi* Benth. foi significativamente diferentes entre nas plantas crescidas sob radiação solar plena e nas crescidas no sombreamento de 50%. Em *Phaseolus vulgaris*, a densidade dos estômatos foi maior em plantas cultivadas sob alta intensidade luminosa; entretanto, o número total de estômatos por folha permaneceu aproximadamente constante (Knecht & O'leary, 1972). Ainda em *Phaseolus vulgaris*, o índice estomático adaxial não diferiu quando submetidos as diferentes intensidades luminosas, ao passo, que, na epiderme abaxial, obtiveram maiores índices estomáticos com o aumento da intensidade luminosa, sugerindo um efeito da luz na diferenciação dos estômatos (Silva & Anderson, 1985). Voltan et al. (1992), no estudo da epiderme em cinco diferentes cultivares de cafeeiro, observou que o número de estômatos decresceu linearmente com o nível de luz em todos os cultivares.

As diferenças observadas na planta de guaco quanto ao número de estômatos por mm² na epiderme da face abaxial nas regiões superior, mediana e basal dos ramos refletiram-se na condutância estomática das folhas desenvolvidas em cada uma das posições. Quanto maior foi a condutância estomática, maior também foi o número de estômatos por mm² (Figura 3).

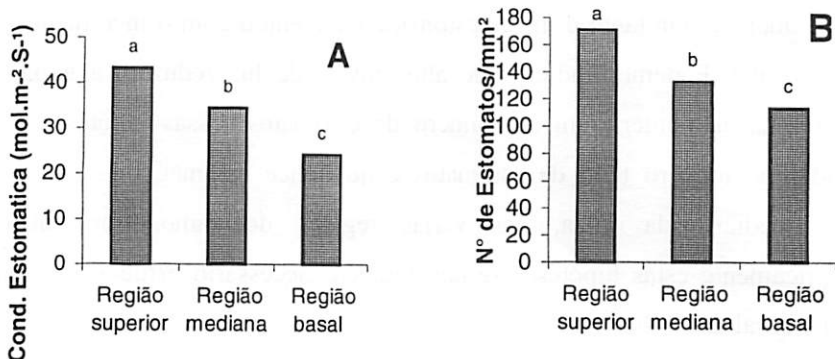


FIGURA 3 – Relação entre os níveis de sombreamento, a condutância estomática (A) e o número de estômatos/mm² (B) dentro de cada região da planta de *Mikania glomerata* Sprengel (médias de dezesseis repetições). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Os resultados obtidos em relação à posição no ramo das plantas de guaco estão de acordo com Boardman (1977); o aumento da frequência de estômatos geralmente está correlacionado com a maior condutância estomática e, portanto, com uma menor resistência à difusão de gases. Para Kozłowski, et al. (1991), contudo, a capacidade de resposta dos estômatos às variáveis ambientais são mais importantes para determinação da condutância do que o seu número. Em secção transversal da lamina foliar, mostrou-se variação na espessura da epiderme da face adaxial e abaxial. Observa-se (Tabela 3 e Figura 4), para os diferentes níveis de sombreamento dentro de cada região da planta de *Mikania glomerata* Sprengel., que as epidermes adaxial e abaxial nas três regiões da planta apresentaram-se mais espessas em pleno sol. Nas diferentes regiões da planta, em cada nível de sombreamento observa-se, de modo geral, que a espessura do tecido epidérmico da face adaxial e abaxial da região basal da planta foi estatisticamente superior à das outras duas regiões, exceto quando se consideram 30 e 70% de sombreamento total da face abaxial, que não se

diferenciaram estatisticamente entre a região basal e mediana (Tabela 4). A análise estatística da variação da espessura foliar mostrou diferenças estatísticas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott dentro de cada região da planta de guaco, entre os níveis de sombreamento e o tecido paliçádico e o tecido esponjoso e a espessura total da folha (Tabela 3).

Observando as médias de espessura, notou-se que as plantas cultivadas em pleno sol e nas três regiões do ramo tinham folhas mais espessas que as das cultivadas com outros tratamentos. Este aumento também foi observado para o parênquima paliçádico e esponjoso. De modo geral, houve um decréscimo da espessura foliar com o aumento do nível de sombreamento em todas as posições do ramo (Tabela 3).

TABELA 3 – Espessura (μm) dos tecidos epidérmicos, parênquima paliçádico e espessura total de plantas de *Mikania glomerata* Sprengel, submetidas a diferentes níveis de sombreamento, nas três posições do ramo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Região superior	Face abaxial	Face adaxial	Parênquima paliçádico.	Parênquima esponjoso.	Espessura do limbo
0	14,09 a	46,79 a	107,11 a	251,48 a	419,48 a
30	14,68 a	40,00 b	51,68 b	215,59 b	321,96 b
50	11,60 c	41,29 b	49,42 b	206,36 c	308,68 c
70	12,60 b	37,36 c	45,74 c	180,23 d	275,93 d
Região mediana	Face abaxial	Face adaxial	Parênquima paliçádico.	Parênquima esponjoso.	Espessura do limbo
0	18,81 a	49,97 a	101,99 a	276,38 a	447,17 a
30	17,12 b	45,40 b	74,61 b	248,87 b	386,01 b
50	17,14 b	40,74 c	64,92 c	233,86 c	356,68 c
70	15,20 c	39,75 c	67,83 c	228,67 c	351,46 c
Região basal	Face abaxial	Face adaxial	Parênquima paliçádico.	Parênquima esponjoso.	Espessura do limbo
0	20,18 a	51,69 a	110,85 a	295,29 a	474,71 a
30	17,41 b	47,05 b	82,15 c	258,88 b	404,44 c
50	18,07 b	45,18 c	86,62 b	257,98 b	418,59 b
70	15,78 c	42,08 d	80,08 c	224,84 c	362,79 d

As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4 – Espessura (μm) dos tecidos epidérmicos, parênquima paliçádico e espessura total de plantas de *Mikania glomerata* Sprengel submetidas a diferentes níveis de sombreamento, UFLA, Lavras - MG, 2002.

Tratamentos					
	Epiderme	Epiderme	Parênquima	Parênquima	Espessura
	Abaxial	adaxial	Paliçádico	Esponjoso	do limbo
Pleno sol					
Região superior	14,09 c	46,70 c	107,11 a	251,48 c	419,48 c
Região mediana	18,81 b	49,97 b	101,99 b	276,38 b	447,17 b
Região Basal	20,18 a	51,69 a	110,85 a	295,29 a	474,71 a
30% de sombreamento	Epiderme abaxial	Epiderme adaxial	Parênquima Paliçádico	Parênquima Esponjoso	Espessura do limbo
Região superior	14,68 b	40,00 c	51,68 c	215,59 c	321,96 c
Região mediana	17,12 a	45,40 b	74,61 b	248,87 b	386,01 b
Região Basal	17,41 a	47,05 a	82,15 a	258,88 a	404,44 a
50% de sombreamento	Epiderme abaxial	Epiderme adaxial	Parênquima Paliçádico	Parênquima Esponjoso	Espessura do limbo
Região superior	11,60 c	41,29 b	49,42 c	206,36 c	308,68 c
Região mediana	17,14 b	40,74 b	64,92 b	233,86 b	356,68 b
Região Basal	18,07 a	45,18 a	86,62 a	257,98 a	418,59 a
70% de sombreamento	Epiderme abaxial	Epiderme adaxial	Parênquima Paliçádico	Parênquima Esponjoso	Espessura do limbo
Região superior	12,60 b	37,36 c	45,74 c	180,23 b	275,93 c
Região mediana	15,20 a	39,75 b	67,83 b	228,67 a	351,46 a
Região Basal	15,78 a	42,08 a	80,08 a	224,84 a	362,79 a

As médias (na coluna) seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, pela Figura 4, que a estrutura interna das folhas de guaco cultivadas em pleno sol é diferente daquela cultivada em 70% de sombreamento. As folhas cultivadas em pleno sol contêm mais camadas de células que as cultivadas a 70% de sombreamento; as células do tecido paliçádico estão mais juntas uma das outras e são mais alongadas em direção perpendicular à superfície da folha; os espaços intercelulares são reduzidos. Folhas de plantas

cultivadas com 30 e 50% de sombreamento apresentaram mesofilo semelhante e espessura intermediária à dos outros tratamentos (Figura 4).

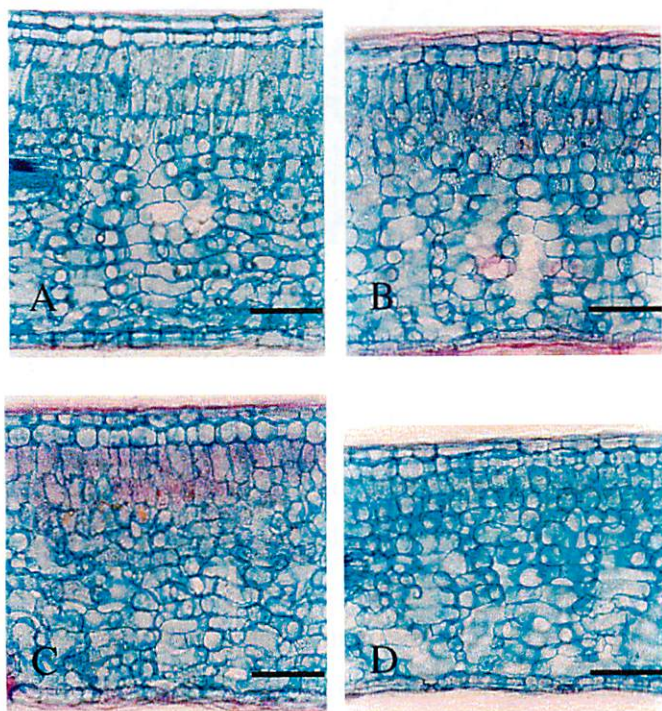


FIGURA 4 - Secções transversais da folha de *Mikania glomerata* Sprengel submetidas aos diferentes níveis de sombreamento (100 dias após tratamentos). A- Pleno sol, B- 30% sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. Barras = 50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Anatomicamente, em todos os tratamentos o parênquima paliçádico apresentou 2 camadas e foi constituído por células lobadas que assumem, freqüentemente, as formas de Y, W ou V; o parênquima esponjoso teve de 7 a 10 estratos celulares e formou-se por elementos de secção transversal arredondada ou lobada que delimitam espaços intercelulares de dimensões variáveis (Figura 5).

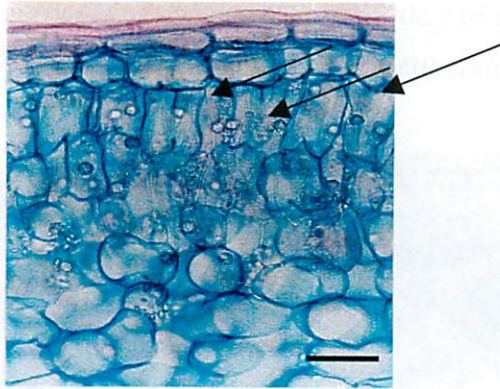


FIGURA 5 - Secções transversais da folha de *Mikania glomerata* Sprengel, demonstrando parênquima com células em forma de Y, H ou V. As barras nas figuras correspondem a 50 μ m (30% de sombreamento). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Segundo Neves & Sá (1991), na folha de *Mikania glomerata* Spreng., observa-se anatomicamente, pelas células braciiformes constituindo a paliçada, que a ocorrência de célula braciiformes, além de aumentar a extensão da parede celular e o número de cloroplastos, condiciona, também o aumento do volume dos espaços intercelulares, tornando o mesofilo menos compacto e sujeito a variações de turgência. No entanto, a segunda característica acima referida compensa, fisiologicamente, a organização estrutural do mesofilo. Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Silva e Anderson (1985) com plantas de feijão, cultivar cv Bush Blue Lake 290, que apresentaram crescimento da espessura foliar com o aumento da luminosidade. Chabott, et al. (1979) relataram que as folhas de *Fragaria virginiana*, quando se aumenta a intensidade da luz, apresentam aumento na quantidade de tecidos do mesofilo. Ainda em *Fragaria virginiana*, Jurik, et al. (1979) concluíram que a anatomia foliar e a fotossíntese aparente podem ser modificadas quando os regimes de luz são alterados durante o desenvolvimento foliar.

—▷ Em *Bauhinia forticata* Link., observou-se que as plantas submetidas a maior intensidade de luz apresentaram folhas mais grossas devido ao maior espessamento do tecido paliçádico. Atroch (1999) demonstrou, em *Ocimum selloi* Benth., que os espaços intercelulares no parênquima paliçádico, e principalmente no esponjoso, foram mais evidentes nas folhas de plantas crescidas no sombreamento de 50% em relação às cultivadas a pleno sol. Quanto ao parênquima paliçádico nas plantas crescidas em radiação solar plena, ocorreram células mais alongadas e justapostas (Gonçalves, 2001). A capacidade de alterar a estrutura das folhas em resposta aos níveis de irradiância é uma plasticidade adaptativa comum em espécies que apresentam amplo potencial de aclimatação (Bjorkman, 1981).

—▷ O decréscimo da espessura do limbo (Tabela 3) das plantas de *Mikania glomerata* cultivadas em redução de intensidade luminosa deve ter ocorrido em virtude da diferença da distribuição dos fotoassimilados. Em menor intensidade luminosa, as plantas apresentaram folhas mais finas devido ao consumo de assimilados para a expansão da área foliar (Cooper & Qualls, 1967; Sert, 1992). De acordo com as teorias que explicam a ação morfogenética da radiação solar, segundo Rizzini (1976), plantas submetidas à iluminação intensa apresentaram elevadas concentrações de açúcares solúveis e, como consequência, houve um aumento de pressão osmótica celular, causando uma diminuição no teor de água dos tecidos. Assim, ocorre um déficit hídrico nas folhas, o qual gera um desvio de água dos meristemas. Em consequência, o crescimento das células na fase de alongamento é freado e as paredes das células cessam a expansão antes do que deveriam e tendem, por isso, a engrossar. O resultado é a produção de células menores e dotadas de paredes mais espessas. Ainda, há excesso de açúcares produzidos na fotossíntese mais intensa que tende a permanecer na forma solúvel e vão servir como material de edificação parietal. Estas variações obtidas com a *M. glomerata* corroboram os resultados obtidos com outras espécies

descritas na literatura, sendo tratadas como características de plantas de sol e sombra (Esaú, 1977; Cutter, 1987 e Fahn, 1977).

A nervura principal do terço mediano da folha de guaco submetida ao efeito dos diferentes níveis de sombreamento atingiu o valor máximo na altura do xilema, na altura e largura do feixe vascular maior e central a 30% de sombreamento, enquanto, para os outros tratamentos, não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knot (Figura 6 e Figura 8). Os números de vasos do xilema com 70% de sombreamento foram menores que os demais níveis de intensidade luminosa em estudo, enquanto, para outro tratamento, não houve diferença significativa (Figura 7).

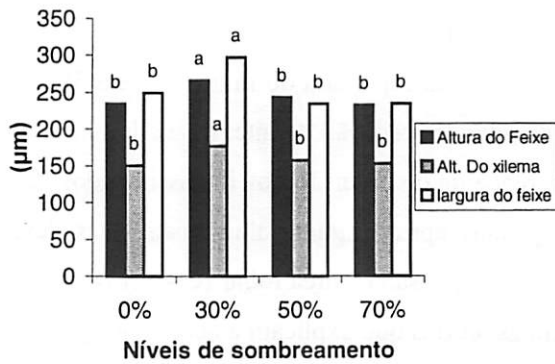


FIGURA 6 –Relação entre os níveis de sombreamento, altura e largura do feixe vascular central e maior e altura do xilema em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.

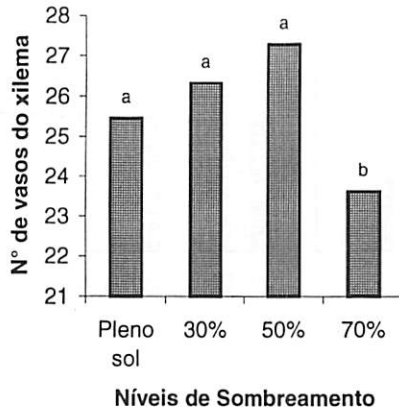


FIGURA 7 – Relação entre os níveis de sombreamento e o número de vasos do xilema do feixe vascular central e maior em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. na região da nervura central. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Na Figura 8 mostra as diferenças na altura e largura dos feixes vasculares e na altura do xilema, nas diferentes regiões da planta.

Observa-se, para estas características, que houve diferenças significativas, conforme a posição da planta, observando-se as menores médias para a região superior das plantas. Não houve diferenças significativas para a região mediana e basal das plantas.

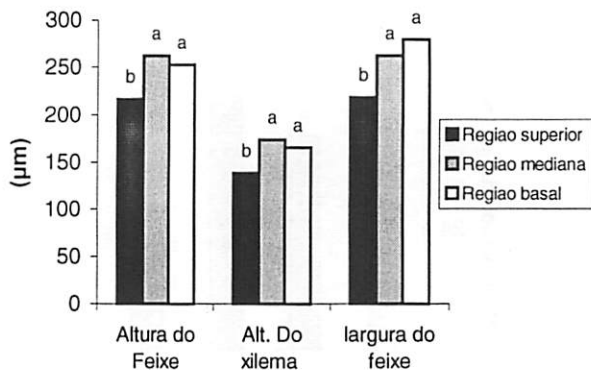


FIGURA 8 – Relação entre os níveis de sombreamento, dentro de cada região da planta., a altura e largura do feixe vascular central e maior e altura do xilema em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. na região da nervura principal. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Na folha de guaco, em 70% de sombreamento, não há nenhuma célula esclerificada na nervura principal. Quanto aos demais tratamentos, nota-se, nas Figuras 9a, 9b e 9c, massas de esclerênquima nos tratamentos de pleno sol, 30 e 50% de sombreamento, devido a estas plantas estarem mais expostas ao sol e vento as massas de esclerênquimas ocorrem mediante a deposição de lignina em células parenquimatosas já existentes.

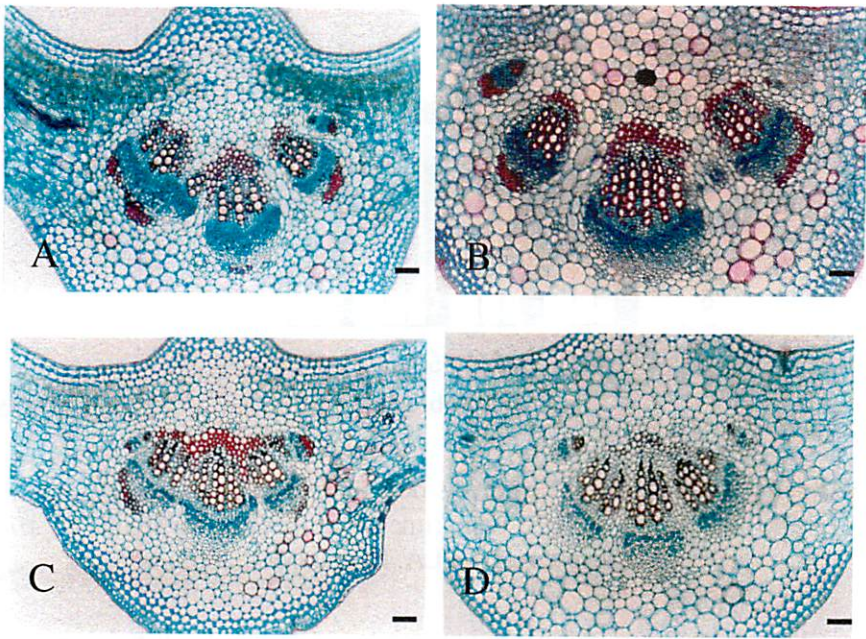


FIGURA 9 - Secções transversais da nervura mediana e maior da folha de *Mikania glomerata* Sprengel, submetida a diferentes níveis de sombreamento. A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 100µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Observa-se, pela Figura 10, que os pecíolos foram mais curtos no tratamento em pleno sol e não houve diferenças estatísticas das diferentes regiões da planta em cada nível de sombreamento, exceto quando se consideram 70% de sombreamento, quando o tamanho máximo do pecíolo foi atingido na região superior da planta.

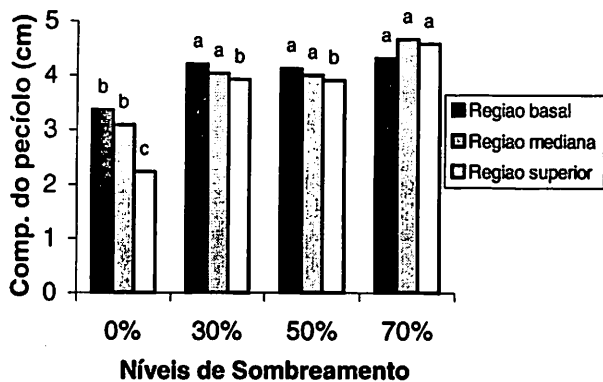


FIGURA 10 – Relação entre os níveis de sombreamento dentro de cada região da planta sobre o comprimento do pecíolo de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Com relação ao desenvolvimento do diâmetro do pecíolo, em secção transversal em função de diferentes níveis de sombreamento dentro de cada região da planta de guaco, observa-se que o menor diâmetro foi atingido a pleno sol na região superior, enquanto, nas regiões mediana e basal, não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (Figura 11; Figura 12).

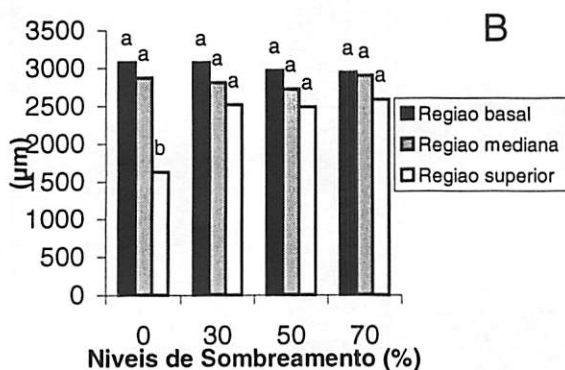
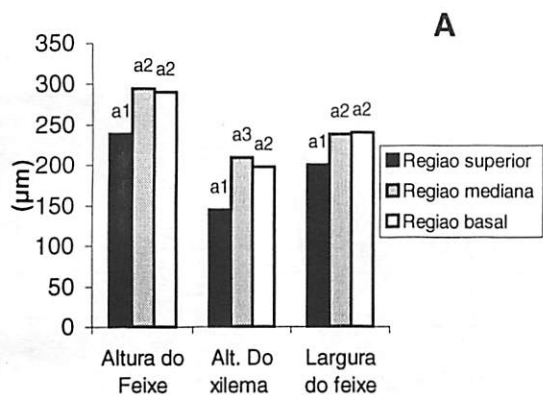


FIGURA 11 –Relação entre os níveis de sombreamento, dentro de cada região da planta, a altura e largura do feixe vascular central e maior, altura do xilema(A) e diâmetro do pecíolo(B), em pecíolos de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel., em secção transversal na metade do comprimento do mesmo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

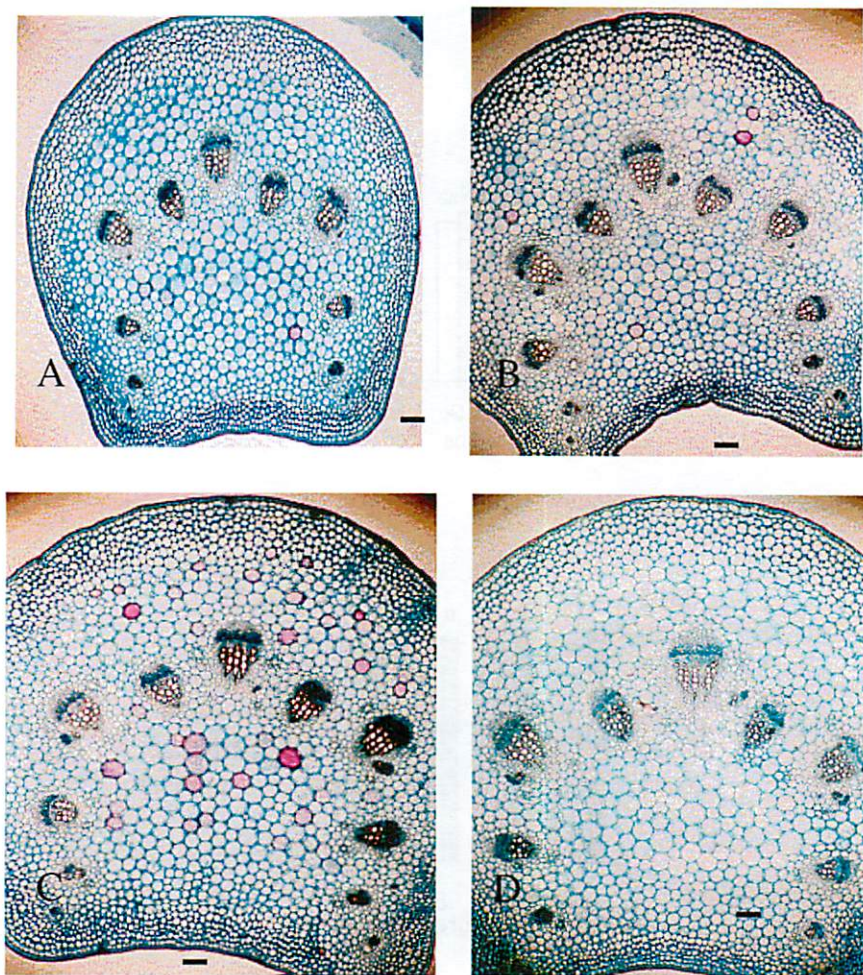


FIGURA 12 - Secções transversais do pecíolo da folha de *Mikania glomerata* Sprengel, na metade do comprimento do mesmo, submetido aos efeitos dos níveis de sombreamento (100 dias após o tratamento). A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. as barras nas figuras correspondem a 200 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Verifica-se, pela Figura 13, que houve diferenças significativas entre os níveis de sombreamentos testados na altura e largura do feixe vascular central e maior do pecíolo e também na altura do xilema. Observando as médias destas características, nota-se, na Figura 13, que as plantas cultivadas em pleno sol

tiveram menores valores que as cultivadas com outros tratamentos, exceto a 70% de sombreamento, em relação à altura e largura do feixe, sombreamento que não apresentou diferenças significativas.

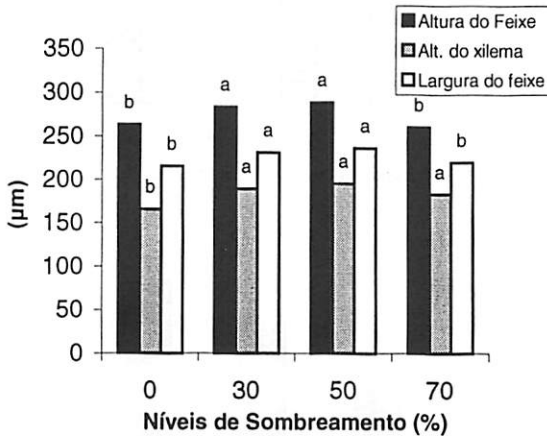


FIGURA 13 – Relação entre os níveis de sombreamento, altura e largura do feixe vascular central e maior e altura do xilema, em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. do pecíolo, em secção transversal na metade do seu comprimento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Na Figura 14-A observa-se que o número de vasos do xilema foi estatisticamente menor nas plantas cultivadas em 70% de sombreamento. Em relação aos outros tratamentos, não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Ainda para estas características, em função da posição nas plantas, houve diferenças significativas.

Observa-se, pela Figura 11-A, que as menores médias dentro de cada região da planta sobre a altura e largura do feixe vascular central e maior e altura do xilema foram obtidas nas regiões superiores do ramo, o mesmo ocorrendo para o número de vasos do xilema (Figura 14-B).

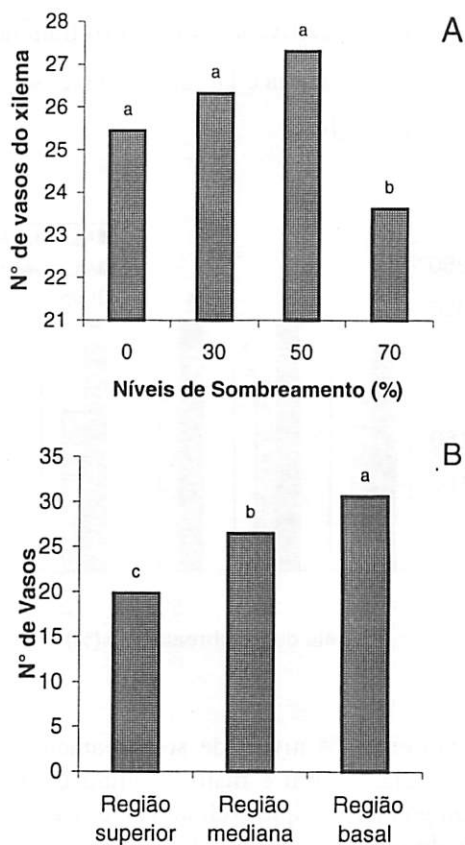


FIGURA 14 - Relação entre os níveis de sombreamento sobre o número de vasos do xilema do pecíolo, entre os tratamentos (A) e entre as diferentes posições na planta (B), em secção transversal na metade do comprimento do mesmo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A região cortical do pecíolo é formada externamente por uma bainha colenquimatosa com espessamento tipo angular. Nota-se, pela Figura 15, em secção transversal, que estes estratos celulares tiveram um desenvolvimento ligado à intensidade luminosa. O maior desenvolvimento foi obtido em pleno

sol e a 30% de sombreamento e devido a planta estar mais exposta ao sol e ao vento.

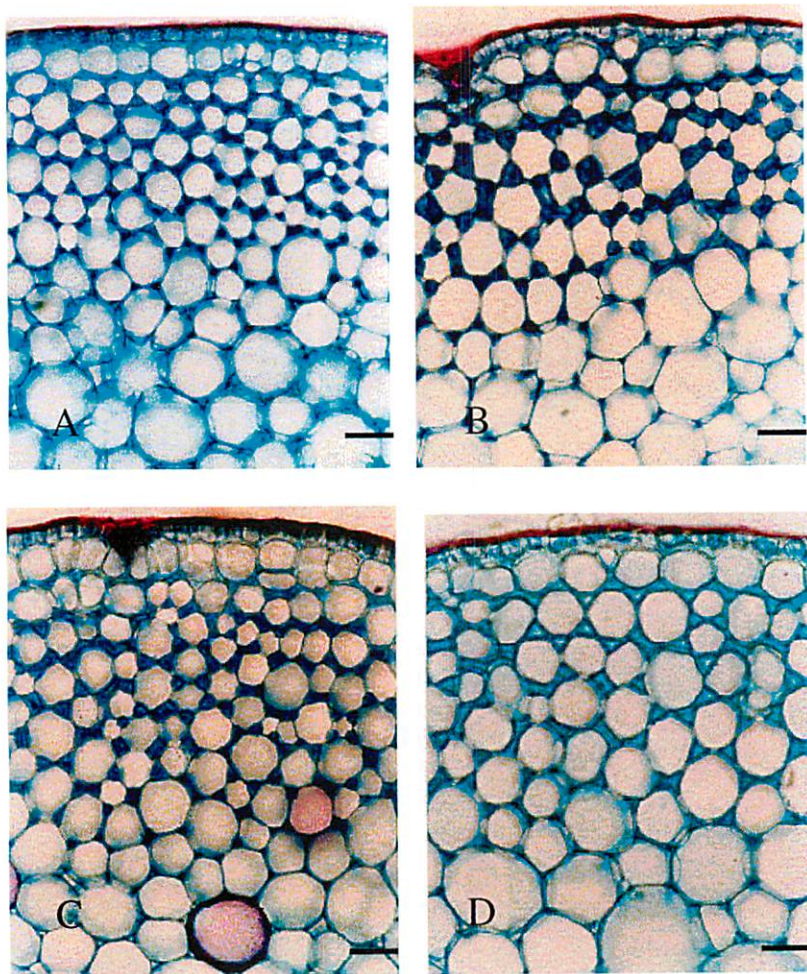


FIGURA 15 - Secções transversais do pecíolo, pormenor do tecido colenquimatoso no córtex, evidenciando os estratos celulares sob influência dos níveis de sombreamento A-Pleno sol, B- 30% de sombreamento, C- 50% de sombreamento e D- 70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 50 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A Figura 16 mostra os feixes vasculares maiores e central do pecíolo de cada nível de sombreamento testado: Pleno sol, 30, 50 e 70% de sombreamento,

respectivamente. Nota-se um menor feixe vascular no tratamento pleno sol, e também ocorreram, em todos os níveis de sombreamento em estudo, os canais secretores imersos no tecido parenquimatoso e ocupando a posição externa adjacente à endoderme. De acordo com Neves & Sá (1991), compostos lipídicos e taninos foram identificados no interior e nas células que rodeiam os canais.

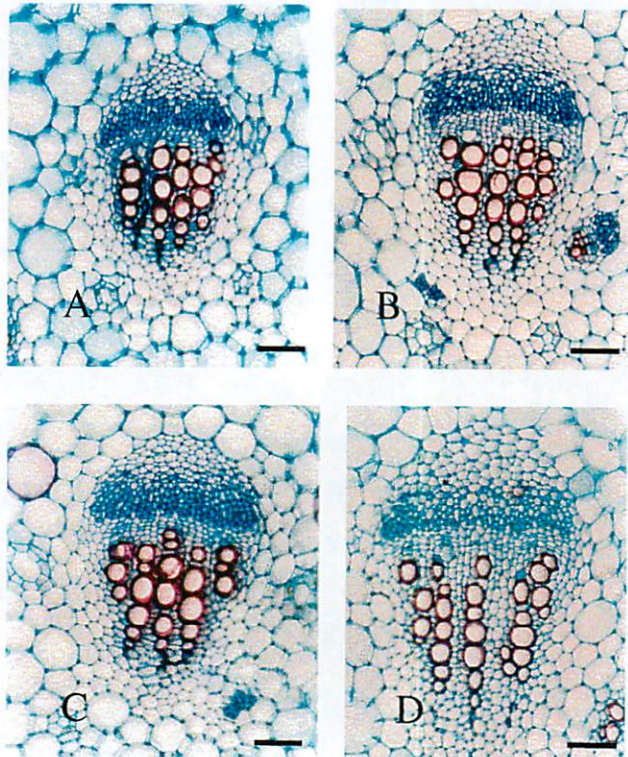


FIGURA 16 - Secções transversais do pecíolo de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel, na metade do comprimento do mesmo, submetido aos efeitos dos níveis de sombreamento, mostrando pormenor das diferenças do feixe vascular central e maior. A-Pleno sol, B- 30% C- 50% e D-70% de sombreamento. As barras nas figuras correspondem a 50 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Em plantas com semente, a endoderme é melhor conhecida nas raízes (Esaú, 1977), embora, em certo número de angiospermas, principalmente herbáceas, os caules possam desenvolver uma endoderme com estrias de

Caspary (Guttenber, 1959; Neves & Sá, 1991). A bainha do feixe da folha é uma endoderme; essa afirmação pode ser comprovada por Menezes (1971) estudando a saída dos traços de folhas em *Vellozia canidida*. Observa-se, no pecíolo de *Mikania glomerata* Sprengel, a endoderme com estrias de Caspary (Figura 17), como a camada mais interna do córtex envolvendo o sistema vascular. Então, a bainha do feixe da folha de *Mikania glomerata* é uma endoderme com estrias de Caspary. Segundo alguns autores (Haberlandt, 1928 e Neves & Sá, 1991), funcionalmente a endoderme, além de constituir uma proteção mecânica para o sistema condutor, representa uma barreira entre o tecido vascular e o córtex, limitando a passagem das substâncias que são transportadas pelos feixes vasculares. Estas características podem ser evidenciadas na *Mikania glomerata* Sprengel (Figura 17).

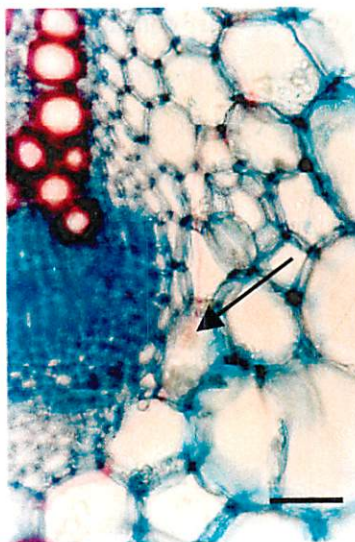


FIGURA 17 - Secção transversal do pecíolo, pormenor evidenciando a camada média interna do córtex com as estrias de Caspary. A barra na figura corresponde a 50 μ m (30% de sombreamento). UFLA, Lavras-MG, 2002.

4 CONCLUSÕES

As plantas de *Mikania glomerata* Sprengel. apresentam uma plasticidade anatômica para aos diferentes tratamentos, relacionada à radiação

— A variação na anatomia das folhas de *Mikania glomerata* Sprengel desenvolvidas a diferentes níveis de sombreamento foi caracterizada por um aumento da espessura foliar nas plantas submetidas a maiores intensidades de radiação.

As plantas de *Mikania glomerata* Sprengel cultivadas em 30% de sombreamento na região superior apresentaram maior frequência e índices estomáticos, se comparadas com as plantas cultivadas nos demais tratamentos.

No presente estudo, foi constatada e confirmada a presença da endoderme na folha de *Mikania glomerata* Sprengel, com estrias de Caspary.

Essas observações evidenciam que a espécie *Mikania glomerata* Sprengel desenvolve uma certa plasticidade anatômica de acordo com os níveis de radiação a que está submetida.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, M. D.; MOSTOLLER, S. A. Gas exchange , leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understore sites during a drought. **Tree Physiology**, Victoria, v. 15, n.6 p.361-370, June, 1995.

ATROCH, E. A. C. Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonoides em plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância. 1999. 62p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 355-377, 1977.

BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.; NOBEL, P. S.; OSMONA, C. B.; ZIEGLER, H. (eds.). **Physiological plant ecology I. responses to the physical environment**. Encyclopedia of Plant Physiology, New York: Spinger-Verlag, 1981. 57-60, 652p.

BUKASTSH, F. Benerkungren zur doppelfarbung astrablausafranina. **Microkosmos**, v.61, p.255, 1972.

CARPENTER, S. B.; SMITH, N, D. A comparative study of leaf thickness among southern Appalachian hard-woods. **Canadian journal of Botany**, Ottawa, v.59, n.8, p.1393-1396, Aug. 1981.

CHABOT, B. F.; JURIK, T. W.; CHABOT, J. F. Influence of instantaneous and integrated light-flux density on leaf anatomy and photosynthesis. **American journal of Botany**, Columbus, v.66, n.8, p.940-945, 1979.

COOPER. C. S., QUALLS, M. Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. **Crop Science**, Madison, v.7, n.6, p.672-673, Nov./ Dec. 1967.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal: Parte I: células e tecidos**. São Paulo: Rocca, 1986.304 p.

ESAU[†], K. **Anatomy of seed plants**. 2. ed. New York: John Willey 8 Sons, 1977. 550p.

FAHN, A. **Plant anatomy**. Oxford: pergamon press., 1977. 611p.

FALH, J. I. **Influência da irradiância e do nitrogênio na fotossíntese e crescimento de plantas jovens de café (*Coffea arabica* L.)**, 1989. 84 p, Tese (Doutorado) – Universidade de Campinas, Campinas.

GONÇALVES, L. A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth (Lamiaceae)**. 2001.95p. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GUTTENBERG, H.von, **Handbuch der pflanzenanatomic**. K. Linsbauer, 1943, v.5, p.42, apoud ESAÛ, K. **Anatomia Vegetal**. Barcelona: Ed. Omega,1959. 729p.

HABERMEHL, G. **Physiological Plant Anatomy**, London: Macmillon, 1928, 77p.

JURIK, T. W.; CHABOT, J. F.; CHABOT, B. F. **Ontogeny of photosynthetic performace in *Fragaria virginiana* under changing light regimes**. **Plant Physiology**, Washington, 63, 542-547, 1979.

KNETCHT, G. N. ; O'LEARY, J. W. **The effect of light intensity on stomatal density of *Phaseolus vulgaris* leaves**. **Botanical Gazette**, Chicago, v.133, n.2, p.132-134, 1972.

KOZLOWSKI, T.; KRAMER, P. I.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic press, 1991. 657p.

LABOURIAU, L. G.; OLIVEIRA, J. G.; SALGADO- LABOURIAU, M. L. **Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell) Toledo I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais**. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v.23, p. 237-257, 1961.

MEDRI, M. E.; LLERAS, E. **Aspectos da anatomia de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell Arg**. **Acta Amazônica**, Manaus, v.10, n.3, p.463-493, 1980.

MENEZES, N. L. **Traqueídes de transfusão no gênero *Vellozia* (Velloziaceae)** **Vand. Ciênc. Cuet.**, São Paulo, v.23, p.389-409, 1971.

NEVES, L. DE J. ; SÁ, M. de F. A. **Contribuição do estudo das plantas medicinais *Mikania glomerata* Sprengel** **Revista Brasileira de Farmacia**, Rio de Janeiro, v.72, n.1, p. 42-47, jan./mar.1991.

NOBEL, P. S. Internal leaf area and cellular CO₂ resistance: Photosynthetic implication of variations with grown conditions and plant species. **Physiologia plantarum**, Copenhagen, v.40, n.2, p.137-144, 1977.

PETERSON, J. C.; DURKIN, D. J.; SACALES, J. W. Effects of light level upon leaf area, anatomy and stomatal frequency of *Ficus benjamina* L. **Research Circular**, Ohio, v.289, p.21-26, 1986.

SERT, M. A. Anatomia foliar e teores de clorofila em três variedades de soja0 [*Glycine Max* (L.) MEDRILL] e dois níveis de radiação solar. 1992, 66p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, F. G. Estudos de Calogênese in vitro e dos efeitos do manejo Fitotécnico no crescimento e na produção de óleo essencial em plantas de Carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) D, C.] 2001. 128 p Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil; Aspectos ecológicos. São Paulo: HUCITEC, EDUSP, 1976. 327p.

SILVA, E. A. M., ANDERSON, C. E. Influência da luz no desenvolvimento foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Ceres**, Viçosa, v.32, n.179, p. 1-11, jan./fev.1985.

VAN VOLKENBURG, E.; DAVIES, W. I. Leaf anatomy and water relations of plants grow in controlled environments and in the field. **Crop Science** Madison, v.17, p.353-358, 1977.

VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina, v.4, n.2, p.99-105, dez.1992.

WHATLEY, F. H.; WHATLEY, F. R. A Luz e a vida das plantas. São Paulo:EPU-EDUSP,1982. 101 p. (Temas de Biologia, 30).

CAPÍTULO 3

VARIAÇÃO NA ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE GUACO (*Mikania glomerata* Sprengel), SOB DIFERENTES FOTOPERÍODOS

RESUMO

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Variação na anatomia foliar de plantas jovens de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) Sob diferentes fotoperíodos.** 2001. 221p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Estudaram-se os efeitos de diferentes fotoperíodos (8,12,16 e 20 horas) na anatomia foliar de *Mikania glomerata* Sprengel., pertencente à família Asteraceae, tribo Eupatorieae e sub-tribo Mikaniae. O Gênero *Mikania* compreende cerca 200 espécies ocorrendo no Brasil. Ensaio biológico com *Mikania glomerata* mostraram que esta espécie tem atividade antiinflamatória, broncodilatadora, e externamente, no tratamento de dermatites e micoses. Após 90 dias de tratamento, as plantas dos diferentes fotoperíodos foram submetidas a técnicas usuais em botânica para confecção de lâminas e análise de tecidos. A variação na anatomia das folhas foi caracterizada por aumento da espessura foliar e tamanho de nervuras. O incremento do fotoperíodo proporcionou um aumento linear nas camadas epidérmicas, tanto na face adaxial quanto na face abaxial, pela expansão das células do mesofilo, na largura e altura do feixe vascular e no número de vasos do xilema, até o fotoperíodo de 16 horas, seguido de uma queda, quando o fotoperíodo foi aumentado de 16 horas para 20 horas. Foi também verificado um aumento no número de estômatos e índice estomático com o incremento do fotoperíodo, e houve diferenças nos diâmetros polar e equatorial de acordo com os fotoperíodos. Os pecíolos foram mais longos no fotoperíodo de 20 horas.

ABSTRACT

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Variation in the leaf anatomy of *Mikania glomerata* Sprengel. (guaco) submitted to different photoperiods., 2002.** 221p. Thesis (Doctor em Crop Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

The effects of different photoperiods (8, 12, 16 and 20 hours) on the leaf anatomy of *Mikania glomerata* Sprengel, belonging to the family Asteraceae, tribe Eupatorieae and sub-tribe Mikaninae were studied. The genus *Mikania* comprehends about 200 species occurring everywhere Brazil. Biological assays with *Mikania glomerata* showed that this species has anti-inflammatory activity, bronchi-dilating and externally in the treatment of dermatitis and mikosis. After 90 days' treatment, the plants of the different photoperiods were submitted to the usual techniques Botanic for slide-making and tissue analyses. The variation in leaf anatomy was characterized by an increase in leaf thickness and vein size. The increment of photoperiod provided a linear increase in the both epidermis layers on the adaxial and abaxial faces by the expansion of the mesophyl cells and width and height of the vascular bundle and number of the xylem vessels up to 16 hours photoperiod followed by a fall when then photoperiod was increased from 16 to 20 hours. An increase was also found in the number of stomas and stomatal index with the increment of the photoperiod and there were differences in the polar and equatorial diameters according to photoperiods. The petioles were longer in the 20 -hour photoperiod.

1 INTRODUÇÃO

Mikania glomerata Sprengel. é um subarbusto trepador, de ramos lenhosos, folhas pecioladas, cordiforme-deltóides, agudas no ápice e curto-cordiformes na base, 5-7 nervadas, margens 1-2 lobadas, lobos deltóides, glabras, panículas tirsóides, capítulos sésseis reunidos em grandes glomérulos glomosos ou oblongos no ápice dos ramúsculos; involúcro de 3-4 mm, escamas pequenas liguladas, glabras, castâneas; corola infundibiliforme, limbo maior que o tubo, fruto aquênio cilíndrico e glabro, menor que o involúcro; papus de 6 mm e 30 cerdas vermelho-pálido flexuosas, flores brancacentas (Corrêa, 1984; Pereira, 1997).

Oficializada na primeira edição da farmacopéia brasileira; é uma espécie medicinal, conhecida vulgarmente como guaco.

As influências controladoras da luz sobre o desenvolvimento das plantas podem ser consideradas em termos de várias propriedades diferentes, tais como intensidade, qualidade e duração.

Muitos diferentes processos de desenvolvimento estão associados a modificações no componente anatômico da planta como, por exemplo, o comprimento dos entrenós, a formação de pigmentos, o tamanho das nervuras, a espessura das paredes celulares da epiderme, a forma, o tamanho e o número das células do mesofilo, entre outros fatores, são influenciados em respostas a mudanças na duração diária dos períodos de luz (fotoperíodo).

A luz influencia a anatomia de uma folha tanto nos primeiros estágios de desenvolvimento quanto no estágio adulto, pois a folha é um órgão plástico e sua estrutura interna adapta-se às condições de luz do ambiente (Whatley & Whatley, 1982).

À medida que uma planta cresce, muda a quantidade de luz que alcança uma folha particular, em geral como resultado da sombra pela interferência das

folhas superiores sobre as inferiores (Auto-sombreamento); a estrutura geralmente adapta-se à nova condição de luz.

A espessura dos tecidos da folha de *Mikania glomerata* pode variar com a posição desta na planta. Foi observado que as folhas de soja de nós superiores são mais espessas do que as de nós inferiores (Lugg & Singlair, 1980) e que o aumento da espessura das folhas é promovido por modificações dos níveis de intensidade e duração luminosa durante o desenvolvimento (Friend & Pomeeroy, 1970; Fails, Lewis & Barden, 1982; Lugg & Sinclair, 1980; Sert, 1992).

No estudo da anatomia foliar devem ser levadas em consideração as idades do órgão, a sua posição no ramo, a sua situação em relação aos fatores luz e suprimento hídrico, pois sabe-se que existe uma estreita relação destes fatores com a sua morfologia.

Obj) Mudanças na capacidade de crescimento causadas pela duração de luz são uma importante plasticidade adaptativa de muitas espécies; no entanto, as alterações fisiológicas e morfológicas associadas, pouco têm sido estudadas. Em vista de carência de informações, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes fotoperíodos sobre o crescimento das plantas e a anatomia das folhas de guaco.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em sala de crescimento, no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Estudou-se a espécie *Mikania glomerata* Sprengel, com 90 dias de idade, utilizando 4 tratamentos de fotoperíodo 8, 12, 16 e 20 horas, com intensidade média de radiação de $225 \mu\text{mol. s}^{-1}.\text{m}^{-2}$, determinada pelo uso de um quantômetro acoplado a um porômetro (STEADY STATE porometer LICOR 1600M).

As diferentes condições de fotoperíodo foram conseguidas através da utilização de um sistema temporizador com acionamento e desligamento automático. Durante todo o período de condução do experimento, o solo foi mantido próximo à capacidade de campo. As plantas foram cultivadas em sacos plásticos com capacidade para 4 quilos, os quais continham mistura de material de subsolo, vermiculita e esterco bovino na proporção de 50:20:30. As mudas utilizadas foram obtidas de propagação por estacas de 15 cm de comprimento, retiradas do terço médio dos ramos com dois pares de folhas.

Após 90 dias de tratamento fotoperiódico, o material coletado destinado ao estudo anatômico foi fixado em álcool 70° GL. Os ramos foram divididos em três partes, conforme a Figura 1.

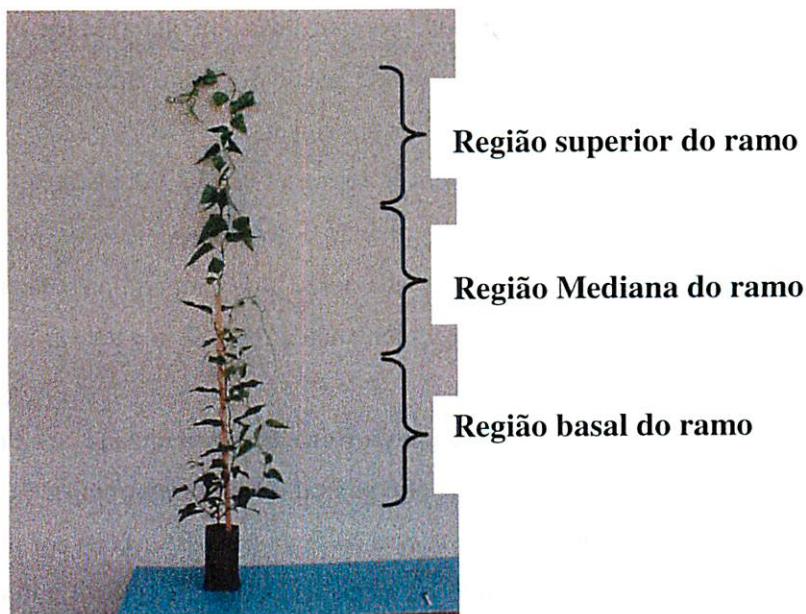


FIGURA 1 - Planta de *Mikania glomerata* demonstrando as diferentes regiões estudadas. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Para identificar as folhas conforme as posições no ramo, os lançamentos foliares foram denominados do ápice para a base da planta, da parte superior da planta (referindo-se às folhas recém expandidas do ápice da planta, que são as que apresentam estrutura anatômica definida e máxima atividade metabólica (Falh, 1989), da parte mediana da planta (folhas do terço médio do ramo- porte intermediário) e da parte basal da planta (parte basal do ramo).

Os estudos anatômicos foram efetuados em três posições do ramo na folhas mais jovens (recém expandidas), nas folhas de idade intermediária, do terço mediano superior das plantas e nas folhas mais velhas retiradas da base da planta. De cada planta foi retirada uma folha, da qual foram extraídos, em sua região mediana, pedaços de 0,5 cm² com os quais foram efetuados os estudos anatômicos com base no exame microscópico de secções obtidas à mão livre. As secções foram clarificadas em solução a 50% de hipoclorito de sódio, sendo, em

seguida, lavadas em água destilada, neutralizadas em água acética 1:500 e montadas em glicerina a 50%. O corante usado foi a mistura azul de astra-safranina, seguindo os métodos descritos por Bukatsch, 1972.

A partir das secções transversais foram efetuadas 20 medições, com o auxílio de ocular micrométrica, de 5 plantas e de cada posição da planta, das espessuras das epidermes abaxial e adaxial e dos parênquimas lacunoso e paliádico. Portanto, a amostra foi constituída de 60 medições para cada fotoperíodo testado.

Em relação ao sistema vascular da folha, foram realizadas medições da altura e largura do feixe vascular maior e central da nervura principal e efetuada a contagem do número de vasos do xilema de 5 plantas e 2 secções por planta de cada posição da planta, totalizando 30 medições para cada fotoperíodo testado. Com relação ao sistema vascular do pecíolo, que é dividido em feixes, foram realizadas medições somente do seu feixe vascular central e maior de secções transversais, na metade do comprimento do mesmo, de 8 plantas ao acaso, totalizando 24 medições por cada fotoperíodo testado, e também efetuada a contagem de número de vasos do xilema e medidas a altura e largura e comprimento do pecíolo.

Foi estudada, também, a epiderme nas faces abaxial, através de cortes paradérmicos; como corante, empregou-se a safranina hidroalcoólica.

A contagem do número de células epidérmicas, estômatos e as medições do diâmetro polar e equatorial foram realizadas com o auxílio de câmara clara, em microscópio OLIMPUS CBB, segundo técnica de Labouriau, et al. (1961), em 6 campos da região mediana de cada folha, na três posições da planta, num total de 18 campos por folha. Foram analisadas 8 folhas escolhidas ao acaso nas três posições da planta, sendo contados num total de 144 campos por cada fotoperíodo testado. O índice estomático (S_i) foi calculado com a utilização da

seguinte fórmula: $S_i (\%) = [S_n / (S_n + E_m)] \times 100$, sendo S_n o número de estômatos e E_m o número de células da epiderme.

Aos 90 dias de indução dos tratamentos, foi medida a condutância estomática nas três posições do ramo, com auxílio de um porômetro (STEADY STATE porometer LICOR 1600M), na epiderme abaxial nas folhas que foram utilizadas para o estudo anatômico. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos representados por quatro fotoperíodos (8, 12, 16 e 20 horas) com 8 repetições e uma muda por repetição, num total de 32 parcelas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A folha de *Mikania glomerata* Sprengel possui organização dorsiventral, é hipostomática e apresenta, como estrutura geral, a epiderme adaxial com uma ou duas camadas, a epiderme abaxial somente com uma camada e o parênquima lacunoso com 7 a 9 estratos celulares. O sistema vascular da nervura mediana é representado por um arco central com 4 a 8 feixes, todos do tipo colateral. O sistema vascular do pecíolo é dividido em feixes, constituído por 9 feixes vasculares do tipo colateral. As dimensões desta estrutura foliar foram influenciadas pelo fotoperíodo. Análises das amostras indicaram que a espessura foliar, o tamanho da nervura, a frequência de estômatos e a condutância estomática e área foliar específica, variam entre plantas de guaco cultivadas em diferentes fotoperíodos e houve diferenças significativas na posição da folha no ramo no mesmo fotoperíodo.

Através da análise estatística, a variação da espessura das epidermes abaxial e adaxial em secção transversal em função dos diferentes fotoperíodos, nas três posições na planta, pode ser explicada por meio de regressões quadráticas, exceto para a epiderme abaxial referente à posição região superior da planta, (anexo 3, Tabela 3A).

Observa-se que o máximo de espessura para epiderme adaxial da posição mediana da planta e da posição basal da planta for alcançado no fotoperíodo de 16 horas, seguido de uma queda a partir deste ponto. A posição superior da planta apresentou um incremento de 2,707 μm á medida que aumentou uma hora no fotoperíodo (Figura 2).

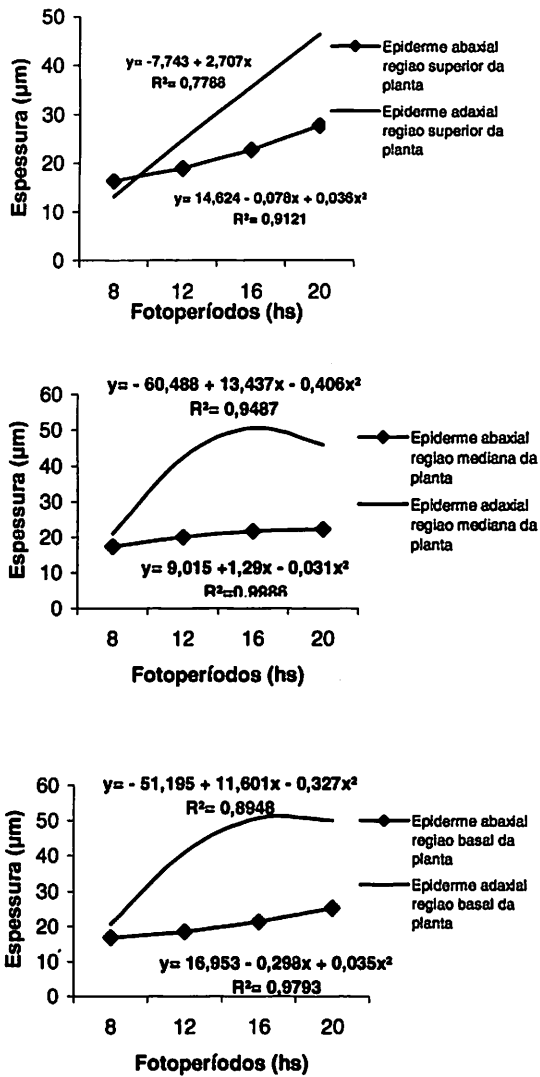


FIGURA 2 - Relação entre os fotoperíodos (8,12,16 e 20 horas) e a espessura dos tecidos epidérmicos nas diferentes posições do ramo (inferior, mediana e basal). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Considerando as regressões para epiderme abaxial, observa-se que a espessura da epiderme nas três posições da planta teve relação com o aumento do fotoperíodo. Embora regressões quadráticas tenham explicado melhor o comportamento destas características, não se observou um ponto de desenvolvimento máximo considerado amplitude dos fotoperíodos em estudo (Figura 2).

Com estes resultados, pode-se indicar que a epiderme é um local importante para a percepção do sinal fotoperiódico e que a epiderme adaxial parece ser mais sensível que a epiderme abaxial. Este incremento na espessura com o aumento do fotoperíodo pode ser útil para refletir irradiância excessiva. Em vista frontal, verificou-se que o fotoperíodo modificou a forma e as dimensões das células da epiderme da face abaxial.

Na Figura 3, nota-se que nos fotoperíodos de 8 e 12 horas as células epidérmicas apresentam paredes anticlinais acentuadamente sinuosas, no fotoperíodo de 16 e 20 horas, observa-se que as células exibem forma poligonal variável com paredes levemente sinuosas. Verifica-se, ainda, que nos fotoperíodos de 8 e 12 horas aumentaram as dimensões das células em relação ao fotoperíodos de 16 e 20 horas. De acordo com Zimmermann & Brown (1971), pouco se sabe em relação aos efeitos histogénéticos do fotoperíodo sobre a taxa e a duração de divisão e alongamento celular.

Em relação à posição da folhas no ramo, houve diferenças significativas (Figura 4), nota-se que os maiores números de estômatos por mm^2 ocorreram na região superior do ramo, onde as folhas estavam recebendo uma maior irradiância, seguida da região mediana e da na região basal com menor frequência. Isto se deve, provavelmente à sombra causada pelas folhas das regiões superiores fazendo com que a estrutura se adaptasse às novas condições de luz. Tais resultados obtidos estão de acordo com diversos autores (Wilkinson & Beard, 1975; Cohen, et al., 1982, Sert, 1992), que observaram

que o número de estômatos varia entre espécies e que essa variação também ocorre em folhas da mesma espécie crescendo em diferentes condições ambientais.

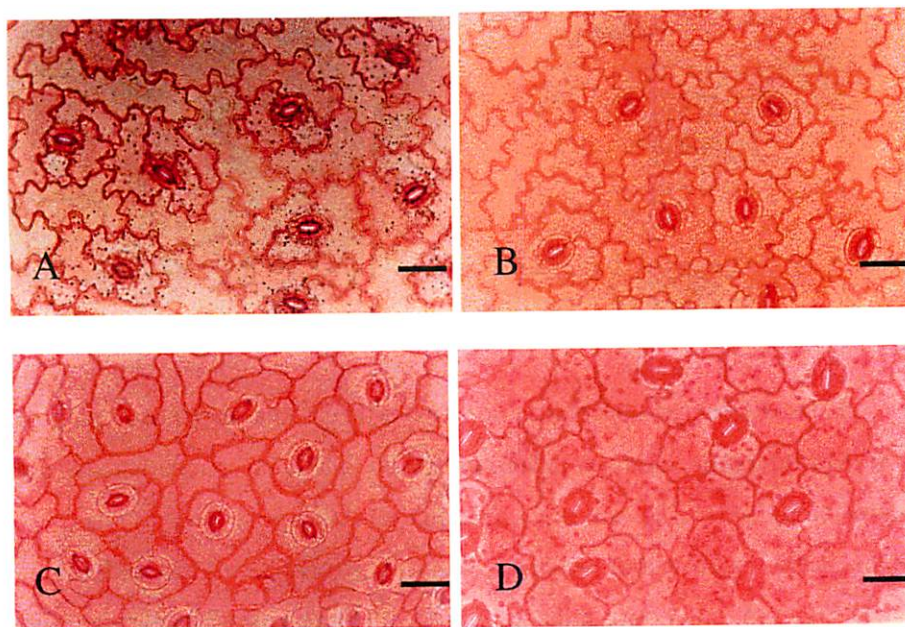


FIGURA 3 - Secções paradérmicas da epiderme da face abaxial da folha de guaco submetidas a diferentes condições de fotoperíodo. A- Fotoperíodo de 8 h; B- Fotoperíodo de 12 h; C- Fotoperíodo de 16 h; D- Fotoperíodo de 20 horas. Barra=50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.

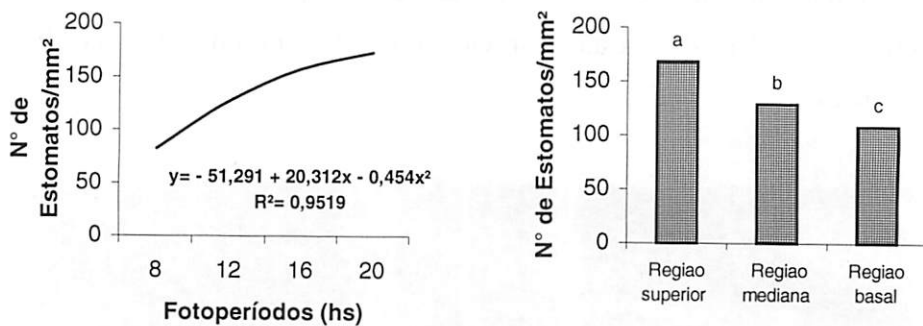


FIGURA 4 – Números de estômatos/mm² entre os diferentes fotoperíodos testados e entre as diferentes posições da planta de *M. glomerata*. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Estas diferenças observadas no número de estômatos por mm² na posição das folhas no ramo, também refletiram na condutância estomática das folhas desenvolvidas na região superior, mediana e basal, pois, quanto maior for a frequência estomatal, maior será a condutância estomática interna da folha, nota-se, pela Figura 5, que houve relações entre as médias e estas duas características estudadas.

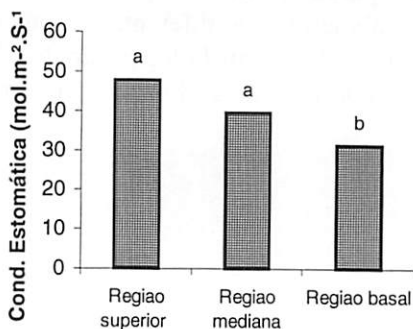


FIGURA 5 - Médias da condutância estomática de oito plantas de *Mikania glomerata* em cada tratamento dentro de cada região da planta. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A Figura 6 mostra as diferenças significativas do número de estômatos por mm² entre a posição no ramo e os quatro fotoperíodos estudados. Observa-se que na região superior houve um incremento no número de estômatos por mm² até o fotoperíodo de 16 horas, a partir do qual houve uma queda; na região mediana, houve um aumento de estômatos por mm² com o incremento do fotoperíodo, na região basal não houve diferenças significativas quando aumentou o fotoperíodo de 8 para 16 horas; observou-se aumento somente no fotoperíodo de 20 horas. Em relação à posição no ramo, somente o fotoperíodo de 8 horas não apresentou diferenças significativas. Este resultado indica que no fotoperíodo de 8 horas o auto-sombreamento não foi suficiente para modificar a estrutura das folhas. Outro fator observado neste trabalho e que deve ser levado em consideração foi o crescimento diferencial das plantas de guaco em relação à altura do ramo. As plantas de guaco cultivadas em fotoperíodos de 8 horas obtiveram alturas acentuadamente bem menores do que nos demais fotoperíodos. Em consequência, não houve praticamente diferenças de irradiância nas folhas, nas diferentes posições.

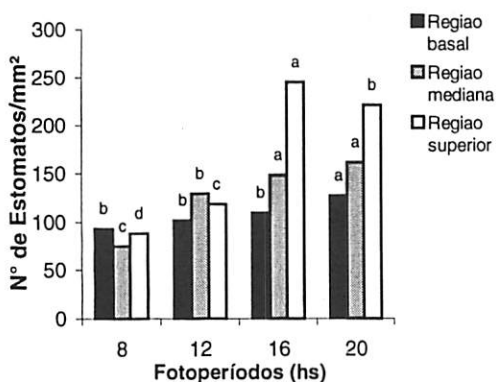


FIGURA 6 - Relação entre o fotoperíodo e o número de estômatos nas folhas de *Mikania glomerata*, dentro de cada região da planta. (Medias de 144 campos). UFLA, Lavras-MG, 2002.

As médias do índice estomático, diâmetros polar e equatorial estão apresentados na Figura 7.

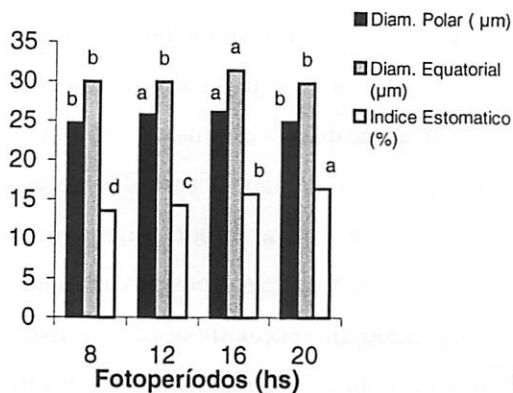


FIGURA 7 - Relação entre o fotoperíodo e o diâmetro polar, equatorial e índice estomático em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Para estas características, foram observadas diferenças significativas. Os maiores índices estomáticos foram observados na região superior e mediana, comparadas com a região basal (Figura 8).

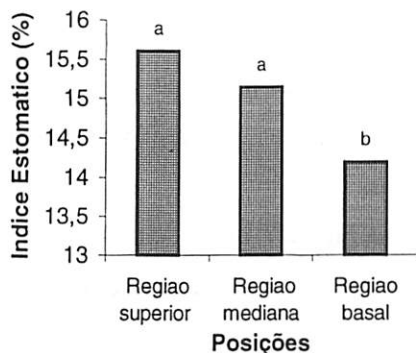


FIGURA 8 - Relação entre os fotoperíodos ,dentro de cada região da planta, e o índice estomático. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Os resultados dos números de estômatos por mm^2 e do índice estomático das plantas de guaco sugerem que a duração de luz influenciou a diferenciação dos estômatos e alterou a expansão das células da epiderme. Resultados semelhantes foram obtidos por Valkenburg & Davies (1997), trabalhando com algodão e soja, os quais constataram diferenças entre a frequência estomática e o índice estomático e, por isso, sugeriram que há influência ambiental na diferenciação de estômatos e na expansão celular. Pazourek (1970), em pesquisas desenvolvidas com *Iris hollandica*, mostrou que a frequência estomática decresceu com a diminuição da intensidade luminosa, o número total de estômatos por folha não é constante em um mesmo ramo, e que diferenças nas densidades estomáticas não são causadas apenas pela expansão da superfície foliar, mas também pela diferenciação das células mãe das células guardas. Estudos sobre a frequência de estômatos em *Phaseolus vulgaris* L. mostraram que a densidade do fluxo de luz causou efeito sobre a expansão foliar, mas não sobre a diferenciação de estômatos (Knetch & Oleary, 1972).

De acordo com Silva & Anderson (1985), a frequência de estômatos em folhas de feijão “BBL-290”, cultivadas com 4 diferentes níveis de luz, aumentou

com o incremento da irradiância. Entretanto, não houve grandes variações de índice estomático com os diferentes níveis de sombreamento, sugerindo que a irradiância exerceu maior influência sobre a expansão celular do que sobre a diferenciação dos estômatos.

Observa-se ainda, na Figura 7, que o diâmetro polar e equatorial também foram influenciados pelo fotoperíodo. Nota-se que no fotoperíodo de 16 horas, ocorreram os maiores valores de diâmetro polar e equatorial em relação aos demais fotoperíodos testados. De modo semelhante ao observado no estudo das espessuras da epiderme da face adaxial e abaxial, as espessuras para parênquima esponjoso e paliçádico em função do fotoperíodo e nas três posições da planta foram melhores explicadas por meio de regressões quadráticas, exceto para parênquima esponjoso da região mediana do ramo (Figura 9) (Anexo 3, Tabela 3B). Com relação ao desenvolvimento da espessura do parênquima esponjoso nas três posições em função dos diferentes fotoperíodos testados, observa-se que na região superior da planta, a espessura máxima foi alcançada no fotoperíodo de aproximadamente 16 horas, seguido de uma tendência de queda a partir deste ponto, para as outras duas posições. Por meio das equações de regressão utilizadas, não foi possível a detecção de um ponto máximo de desenvolvimento considerando os fotoperíodos em estudo.

Considerações semelhantes podem ser feitas em relação ao parênquima paliçádico. Observa-se, pela Figura 9A, referente ao tecido paliçádico da região superior da planta, que o máximo de desenvolvimento foi alcançado em um ponto entre os fotoperíodo de 12 e 16 horas, na região mediana da planta. Pela Figura 9B, observa-se que o ponto de máxima espessura foi obtido entre os fotoperíodos de 16 e 20 horas. Considerando a região basal da planta, nota-se que houve um incremento contínuo da espessura do tecido paliçádico com o aumento do fotoperíodo.

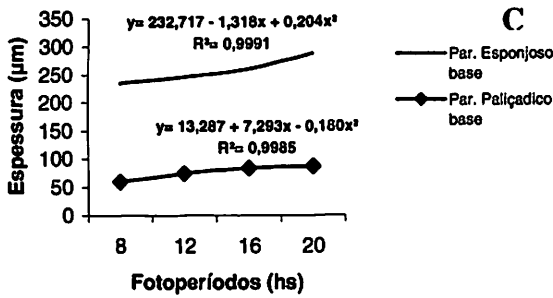
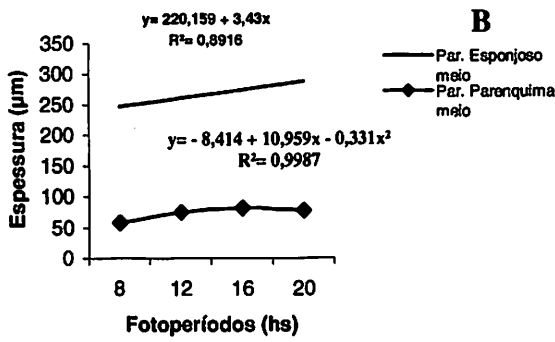
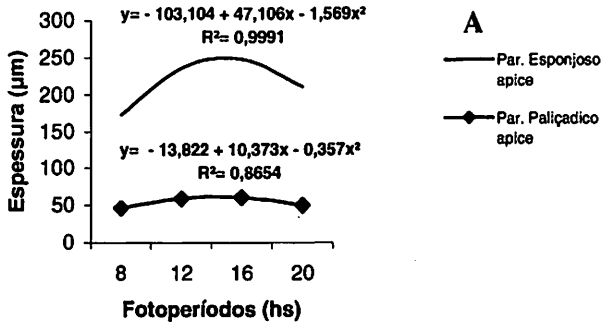


FIGURA 9 - Relação entre os fotoperíodos (8,12,16 e20 horas) e a espessura dos tecidos foliares nas três regiões da planta (ápice, meio e base) . UFLA, Lavras-MG, 2002.

Com relação à espessura total da folha, o comportamento desta característica em função dos fotoperíodos estudados obedeceu às regressões quadráticas (Figura 10) (Anexo 3, Tabela 3C). Observa-se que a espessura total da folha da região superior da planta atingiu o máximo próximo às 16 horas de fotoperíodo. Para as outras duas posições da planta, região mediana e basal, houve constante incremento da espessura total da folha com o aumento do fotoperíodo. Aparentemente, todos os resultados que contribuíram de um modo geral para o crescimento da espessura foliar tiveram um incremento até o fotoperíodo de 16 horas, seguido de uma queda, quando o fotoperíodo foi aumentado de 16 para 20 horas. Essas modificações ocorrem pela variação das divisões celulares, padrão de expansão celular e, conseqüentemente, modificações na espessura foliar (Fails, et al., 1982; Verbelen & Greef, 1979). O decréscimo da espessura foliar do limbo quando o fotoperíodo foi aumentado de 16 para 20 horas pode ter ocorrido em virtude da diferença na distribuição de fotoassimilados. Verifica-se, pela Figura 11, em secção transversal, que uma modificação do fotoperíodo afetou a espessura das paredes celulares, o número de camadas da epiderme, a forma, o tamanho e o número das células do mesofilo. Nos fotoperíodos 8 e 12 horas, nota-se somente uma camada de células, e nos fotoperíodos de 16 e 20 horas, foram observadas 2 camadas. Na epiderme abaxial, foi observada apenas 1 camada nos fotoperíodos testados (Figura 11). Este aumento no número de camadas epidérmicas adaxiais nas folhas das plantas cultivadas em fotoperíodos mais longos pode ser útil para refletir irradiância excessiva, que é um atributo foliar que responde à diferença na condição de luz.

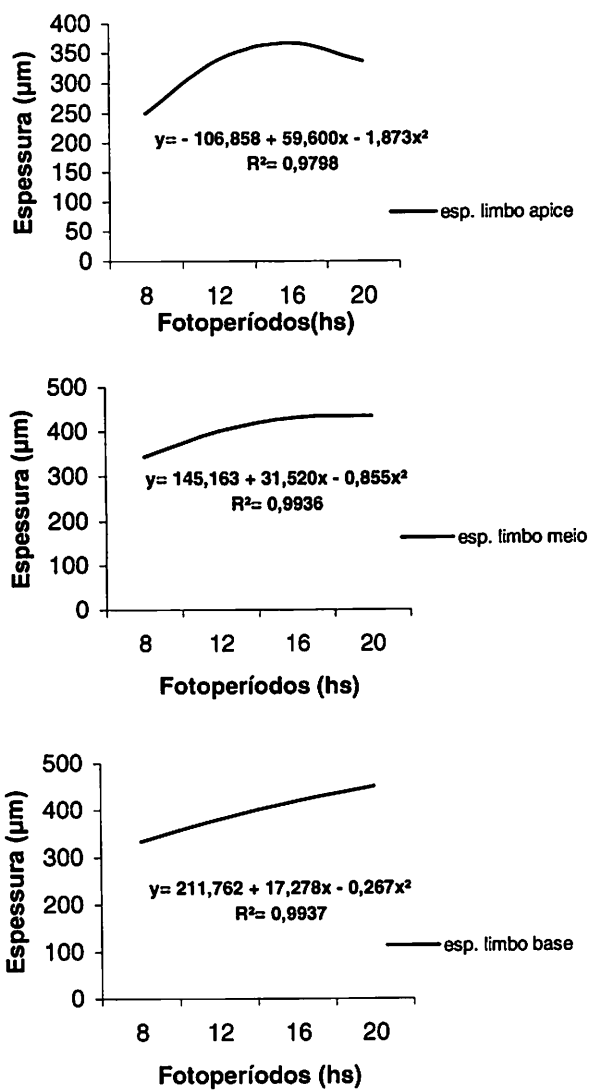


FIGURA 10 - Relação entre o fotoperíodo (8,12,16 e 20 horas) e a espessura total do limbo nas diferentes posições do ramo (ápice meio e base). UFLA, Lavras-MG, 2002.

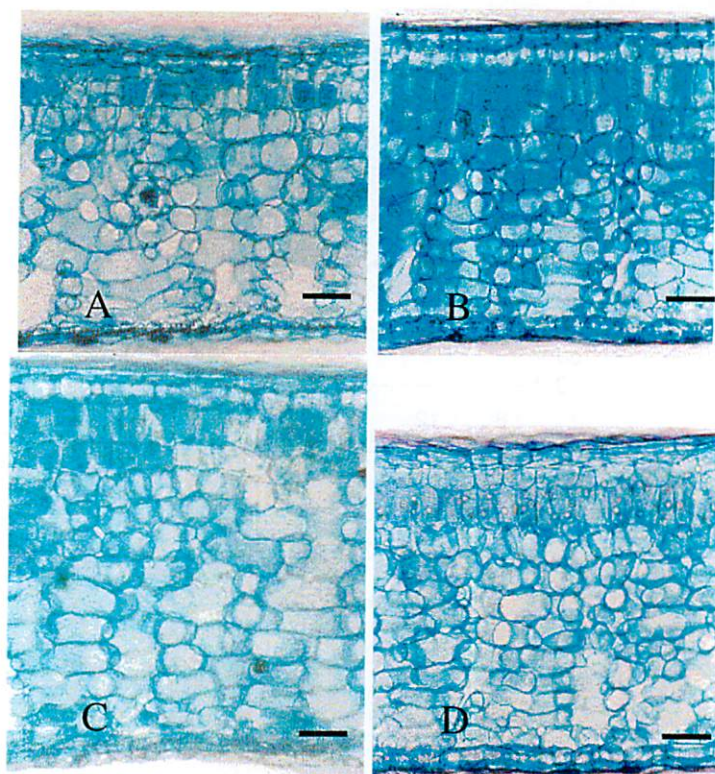


FIGURA 11 - Secções transversais da folha de *Mikania glomerata* submetidas aos diferentes fotoperíodos (90 DAT). A- 8 , B- 12, C- 16 e D-20 horas. Barra= 50 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A nervura principal do terço mediano da folha de guaco submetida ao efeito do fotoperíodo mostrou variação na altura do xilema, na altura e na largura do feixe vascular maior e central, através dos quais foram realizadas as medições em secção transversal (Figura 12, 13, 14 e 15).

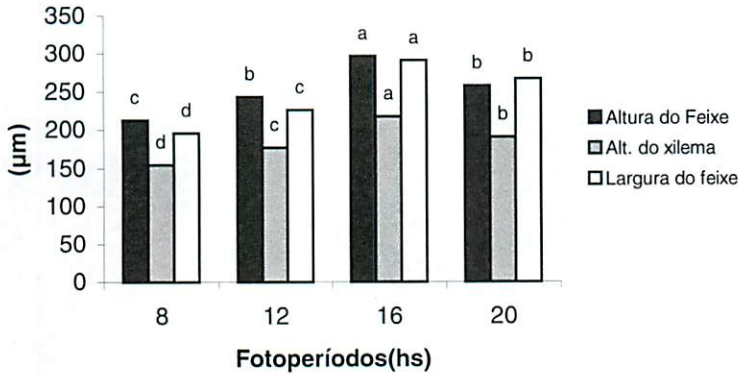


FIGURA 12 - Relação entre os fotoperíodos e a altura do feixe vascular, altura do xilema e largura do feixe vascular, em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.

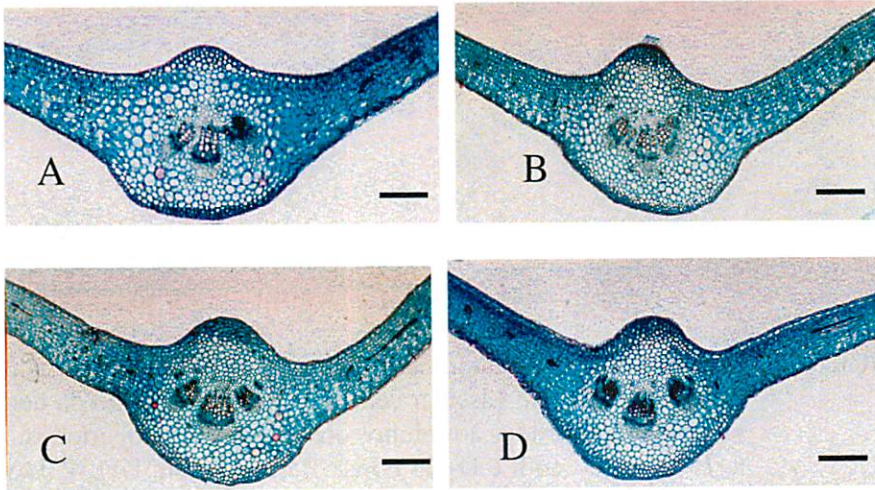
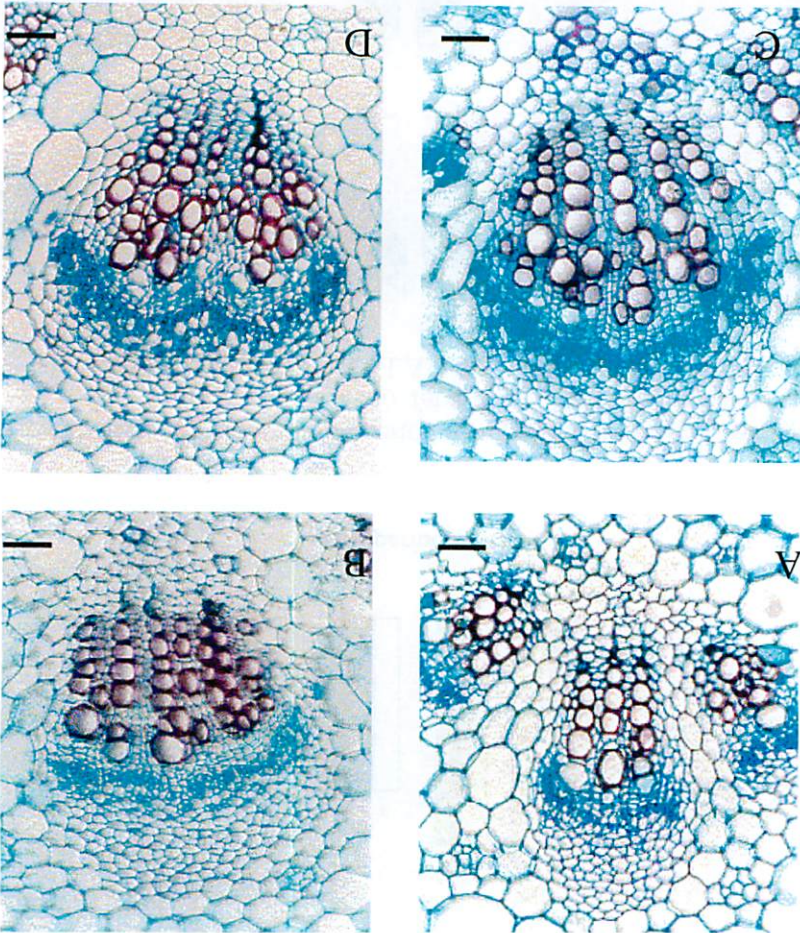


FIGURA 13 - Secções transversais de folhas de *Mikania glomerata*, na região da nervura principal, submetidos aos efeitos de diferentes fotoperíodos (90 DAT). A- 8 h, B- 12 h, C- 16 h e D- 20 horas. Barra= 100µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.

FIGURA 14 - Seções transversais da folha de *Mikania glomerata*, mostrando as diferenças do feixe vascular central e maior, na região da nervura principal, submetidos aos efeitos dos diferentes fotoperíodos. A- 8 h, B- 12 h, C- 16 h e D- 20 horas. Barra= 50µm. UFPA, Lavras-MG, 2002.



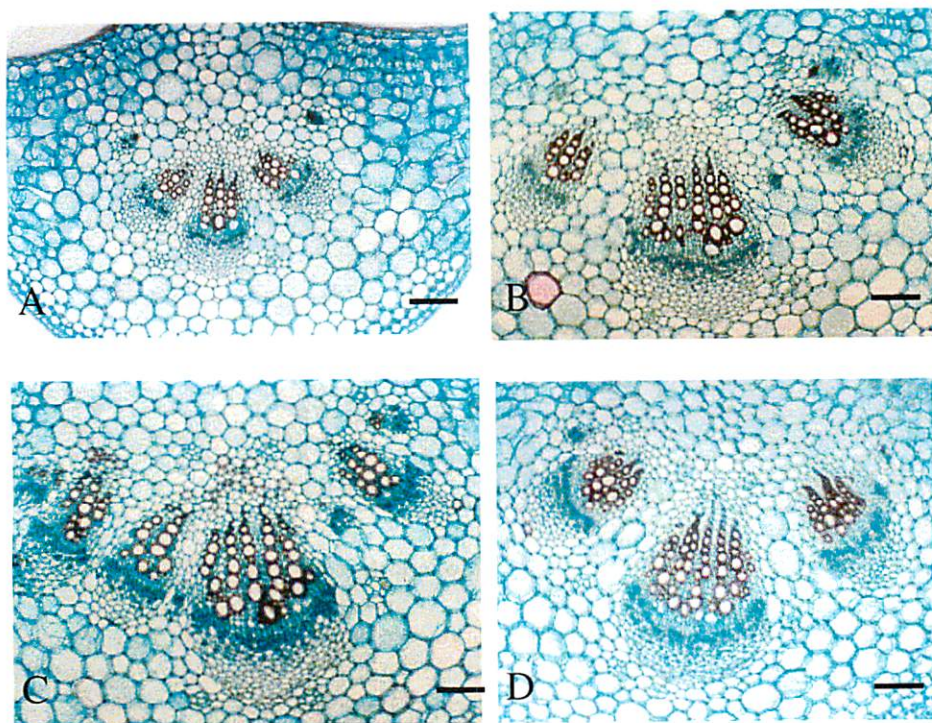


FIGURA 15 - Seções transversais da folha de *Mikania glomerata* mostrando pormenor da nervura principal e estruturas, internas, submetida aos efeitos dos diferentes fotoperíodos (90 dias após o tratamento) A- 8 h, B- 12 h, C- 16 h e D- 20 horas. Barra= 100 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Observando as medidas de altura e largura, notou-se que as plantas cultivadas com fotoperíodos de 16 horas apresentaram as maiores médias de altura do xilema ($X=218,219 \mu\text{m}$), altura do feixe vascular ($X=296,948 \mu\text{m}$) e largura do feixe vascular ($X=291,683 \mu\text{m}$) de que as cultivadas com outros tratamentos de fotoperíodo (Figura 12). Observa-se também, na figura 12, que estas médias tiveram um incremento, com o aumento de fotoperíodo de 8 até 16 horas nos números de vasos de xilema. No fotoperíodo de 16 horas ($X=41,966$), que estes resultados foram maiores do que os dos demais fotoperíodos em estudo (Figura 16). De modo semelhante à altura e largura dos feixes vasculares, nota-

se que houve um incremento nas medias do número de vasos do xilema com o aumento do fotoperíodo de 8 até 16 horas, seguido de uma queda quando este aumentou de 16 para 20 horas.

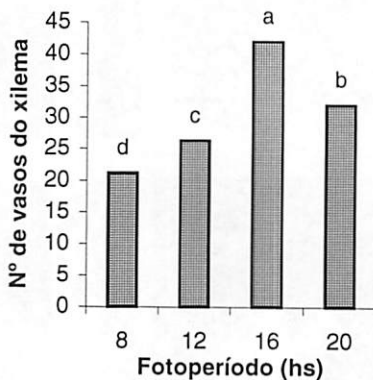


FIGURA 16 - Relação entre os fotoperíodos e o número de vasos do xilema do feixe vascular central e maior, em folhas de *Mikania glomerata* Sprengel., na região da nervura central UFLA, Lavras-MG, 2002.

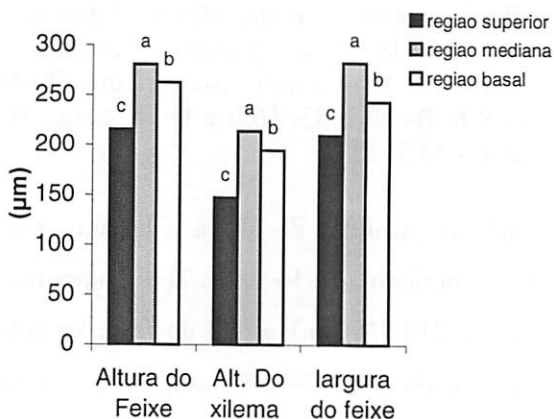


FIGURA 17 - Relação entre os fotoperíodos e a altura do xilema, largura e altura do feixe vascular central e maior em folhas de *Mikania glomerata*, na região da nervura central, dentro de cada região da planta. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A Figura 17 mostra as diferenças na altura e largura dos feixes vasculares e altura do xilema, e Figura 18, o número de vasos do xilema em resposta a região superior, mediana e basal da planta.

Observa-se, para estas características, que houve diferenças significativas de acordo com a posição da planta, observando-se as maiores médias para região mediana das plantas. Entretanto, observa-se, na Figura 18, que não houve diferença significativa em relação ao número de vasos do xilema em resposta à região superior e mediana das plantas, apenas para a região basal.

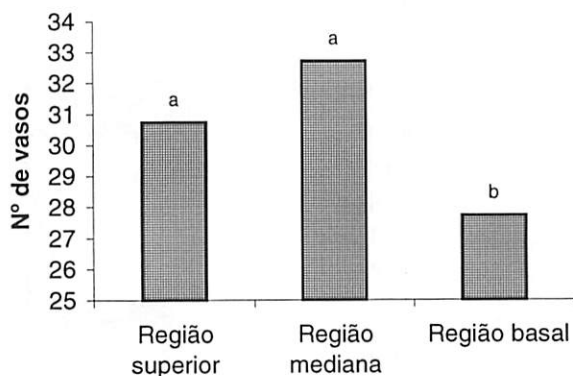


FIGURA 18 – Relação entre os fotoperíodos e o número de vasos do xilema da nervura central de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel, dentro de cada região da planta. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A nervura principal do terço mediano da folha de guaco, de plantas submetidas aos diferentes fotoperíodos testados, mostrou também variações nas camadas dos tecidos colenquimatosos, em secção transversal (Figura 19).

Nota-se, na Figura 19, que os fotoperíodos de 8 e 12 horas apresentaram o tecido colenquimatoso com espessamento do tipo angular um número relativamente menor de estratos celulares que os fotoperíodos de 16 e 20 horas. Isto ocorreu tanto na face abaxial (Figura 19) como na face adaxial

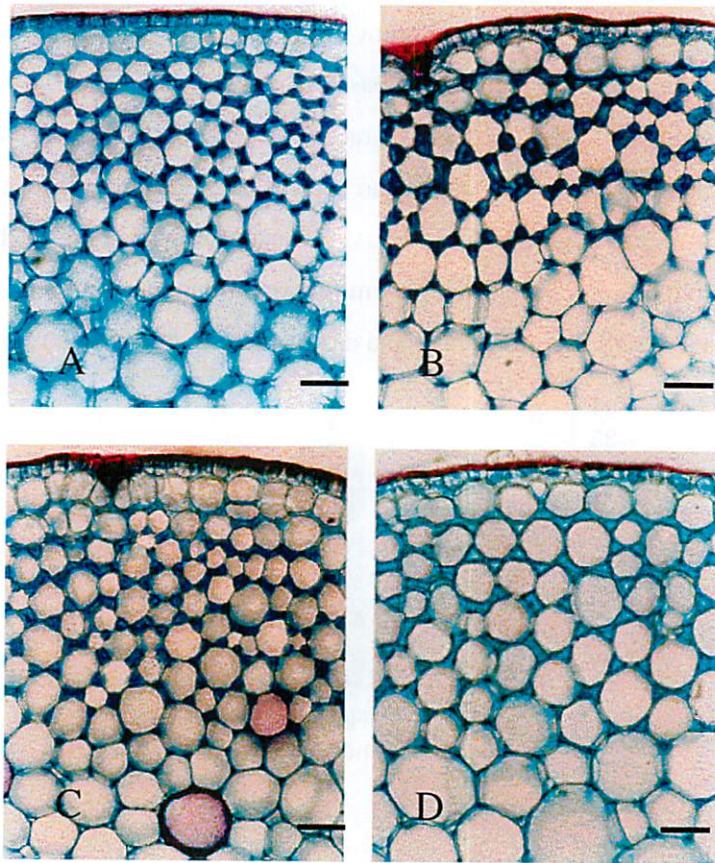


FIGURA 19 - Secções transversais da nervura central da folha de *Mikania glomerata*,. pormenor do tecido colenquimatoso no córtex, evidenciando os estratos celulares sob influência dos fotoperíodos. A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas. Barra= 50 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A análise estatística da variação quanto ao diâmetro do pecíolo em secção transversal, em função de diferentes fotoperíodos nas três posições da planta, pode ser explicada por meio de regressões quadráticas (Figura 20) (Anexo 2, Tabela 2D).

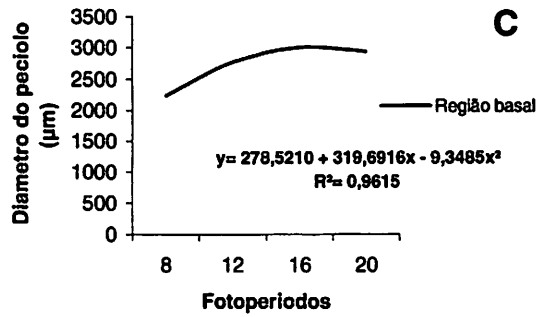
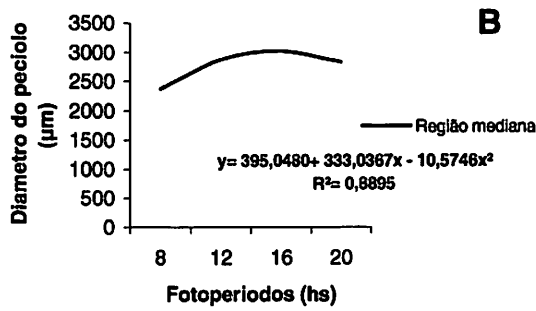
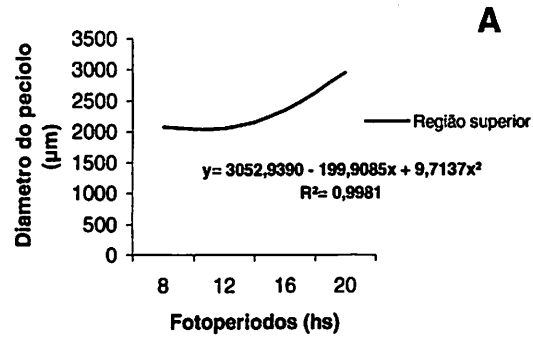


FIGURA 20 - Relação entre o fotoperíodo e o diâmetro do pecíolo de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel nas regiões superior, mediana e basal. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Com relação ao desenvolvimento do diâmetro nas três posições da planta em função dos diferentes fotoperíodos testados, observa-se que para as regiões superior e basal da planta houve constante incremento do diâmetro com o aumento do fotoperíodo, para a região mediana, este incremento atingiu um máximo próximo de 16 horas de fotoperíodo seguido de uma tendência de queda a partir deste ponto (Figura 20).

Análises estatísticas da variação do tamanho do pecíolo mostraram relação linear entre os níveis de fotoperíodo da região mediana e basal, para a região superior, o tamanho do pecíolo obedeceu à regressão quadrática (Figura 21) (Anexo 3, Tabela 3E) A estimativa deste parâmetro para a região mediana foi de 0,125 cm, e para a região basal foi, de 0,045 cm. Estes valores indicam que para uma variação de uma hora no fotoperíodo, têm-se incrementos de 0,125 e 0,045 cm, respectivamente, no tamanho do pecíolo. Em relação à região superior, observa-se um constante aumento com o incremento do fotoperíodo e que não foi possível a detecção de um ponto máximo de desenvolvimento considerando os fotoperíodos em estudo. Estes resultados mostram que os pecíolos foram mais longos no fotoperíodo de 20 horas.

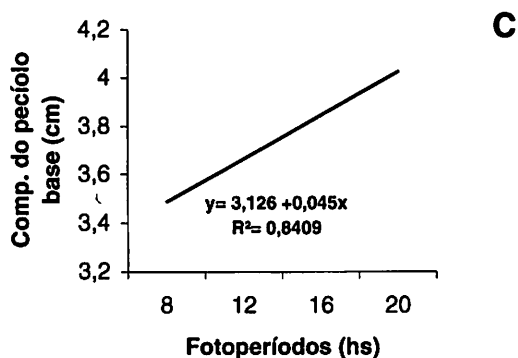
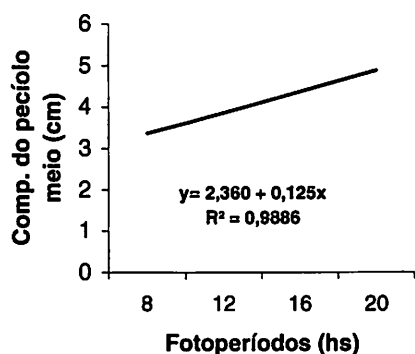
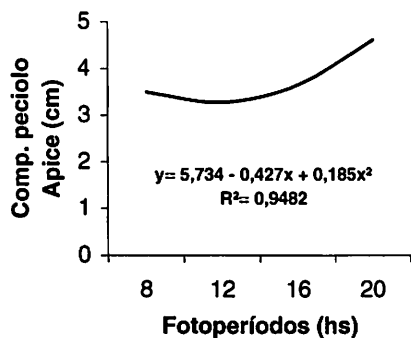


FIGURA 21 - Relação entre o fotoperíodo (8,12,16 e 20 horas) e o tamanho do peciolo de folhas de *Mikania glomerata* nas diferentes posições do ramo. A- ápice, B-meio, C-base. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A região cortical do pecíolo é formada, externamente, por uma bainha colenquimatosa com espessamento do tipo angular. Nota-se, na Figura 22, em secção transversal que estes estratos celulares tiveram um desenvolvimento maior à medida que houve o aumento do fotoperíodo de 8 para 16 horas; a partir deste ponto não foi observado incremento.

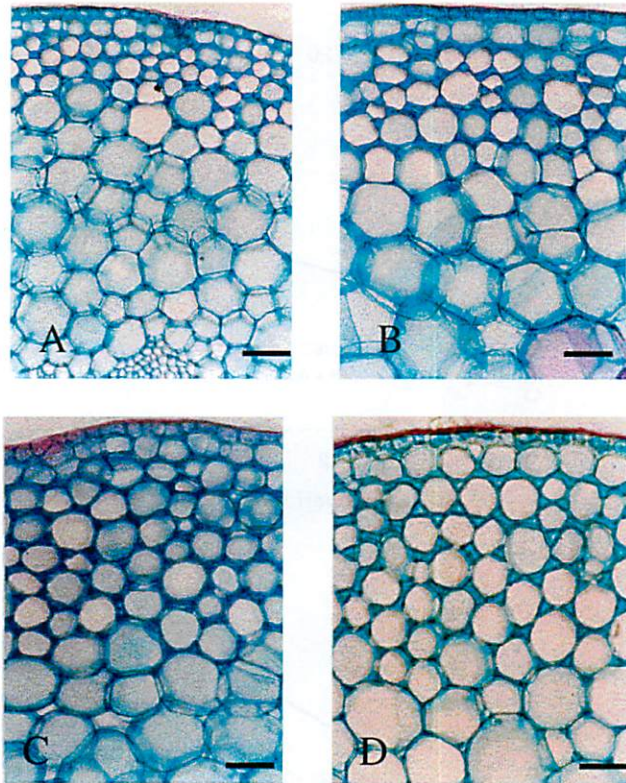


FIGURA 22 - Secção transversal do pecíolo de folhas de *Mikania glomerata*, pormenor do tecido colenquimatoso no córtex evidenciando os estratos celulares sob a influência do fotoperíodo. A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas. Barra=50µm. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A secção transversal mostrou o sistema vascular imerso no tecido parenquimatoso, dispõe-se em arco descontínuo, acompanhando o contorno da

estrutura e apresenta o sistema vascular dividido em feixes vasculares do tipo colateral (Figura 23).

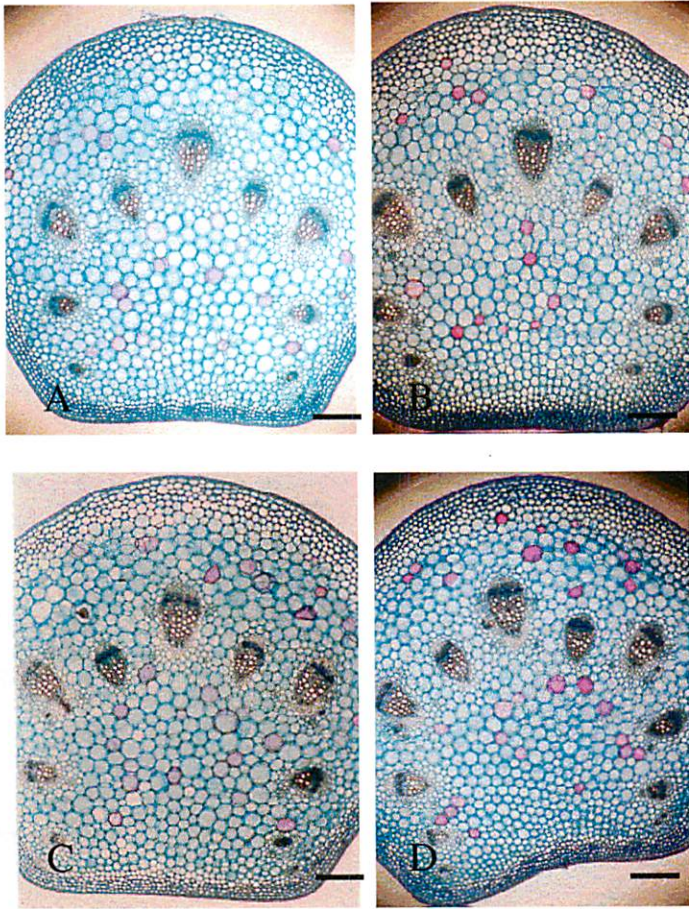


FIGURA 23 - Secções transversais do pecíolo da folha de *Mikania glomerata*, na metade do comprimento, submetido aos efeitos dos diferentes fotoperíodos. A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas. Barra= 100 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Observam-se, na Figura 24 (A,B,C e D), os feixes vasculares maiores e central do pecíolo de cada fotoperíodo testado, 8, 12, 16 e 20 horas, respectivamente. Nota-se que também ocorreram, em todos os fotoperíodos em

estudo, os canais secretores imersos nos tecidos parenquimatoso e ocupando a posição externa adjacente à endoderme (Figura 24).

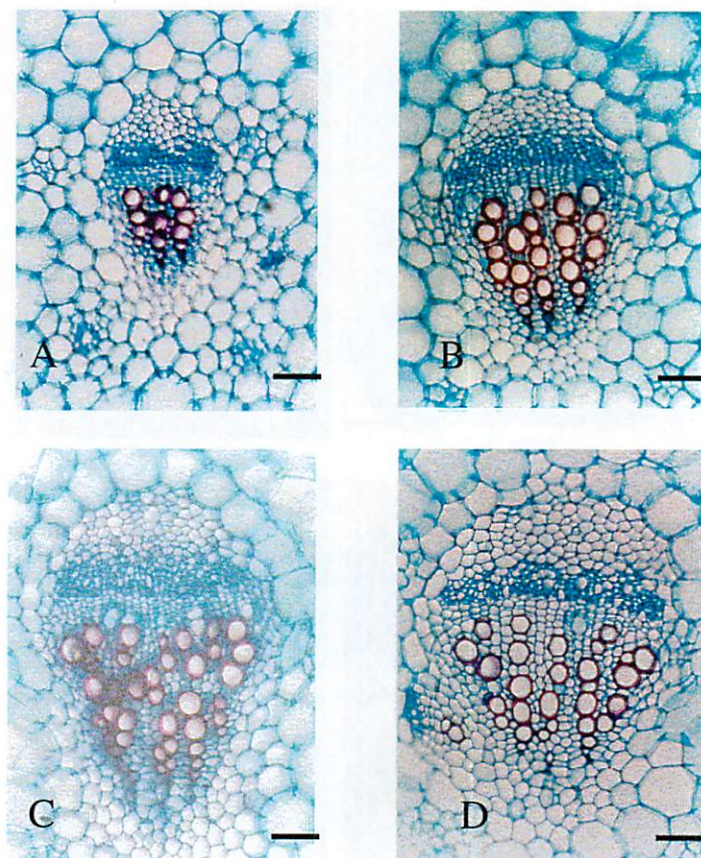


FIGURA 24 - Secções transversais do pecíolo da folha de guaco, mostrando pormenor das diferenças do feixe vascular central e maior, do número de vasos do xilema, na metade do comprimento do mesmo, submetido ao efeito do fotoperíodo (90 dias após o tratamento). A-8 horas, B- 12 horas, C- 16 horas e D- 20 horas. Barra=50 μ m. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A endoderme, além de constituir uma proteção mecânica para o sistema vascular, representa uma barreira entre o tecido vascular e o córtex, limitando a passagem das substâncias que são transportadas pelos feixes vasculares. Esta

última característica pode ser evidenciada no guaco pela presença da endoderme aliada à ocorrência de canais secretores, o que permite supor que o composto produzido é liberado e excretado via epiderme. Verifica-se, pela Figura 25, que houve diferenças significativas, entre os fotoperíodos testados na altura e largura do feixe vascular e central maior do pecíolo e na altura do xilema.

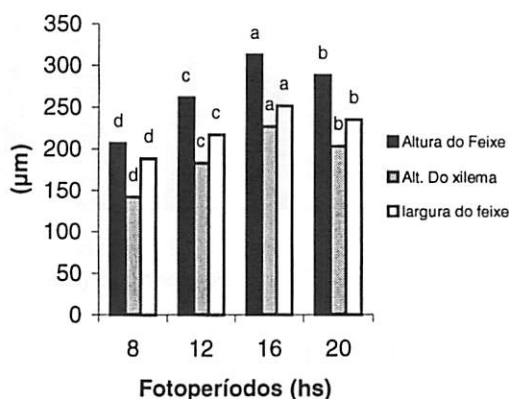


FIGURA 25 - Relação entre o fotoperíodo (8,12,16 e 20 horas) e altura do xilema, altura e largura do feixe vascular maior e central do pecíolo, em folhas de *Mikania glomerata*. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Observando as médias dessas características, nota-se, na Figura 25, que as plantas cultivadas no fotoperíodo de 16 horas tiveram os maiores valores, em altura e largura do feixe vascular e altura do xilema, que as cultivadas com outros tratamentos fotoperiódicos.

Semelhantemente ao observado para os feixes vascular central e maior da nervura principal, estas características do pecíolo revelaram que o incremento do fotoperíodo proporcionou um aumento de tamanho até o fotoperíodo de 16 horas, seguido de uma queda quando o fotoperíodo foi aumentado.

Na Figura 26 observa-se que o número de vasos do xilema teve o mesmo comportamento até o fotoperíodo de 16 horas, em contrapartida, não houve

diferenças significativa quando o fotoperíodo foi aumentado de 16 para 20 horas, foi observada somente uma tendência de redução.

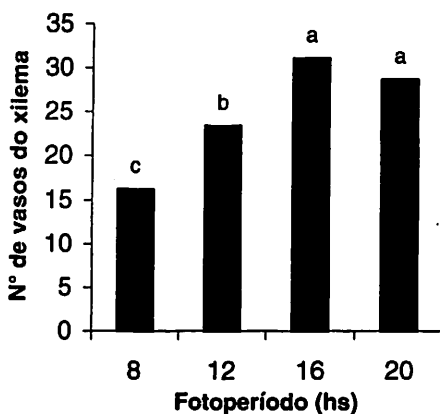


FIGURA 26 - Relação entre os fotoperíodos (8,12,16 e 20 horas) e o número de vasos do xilema do feixe vascular central e maior do pecíolo de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Ainda para estas características em função da posição nas plantas houve também diferenças significativas. Observa-se, na Figura 27, que as maiores médias foram obtidas nas regiões medianas, o mesmo ocorrendo para o número de vasos do xilema (Figura 28).

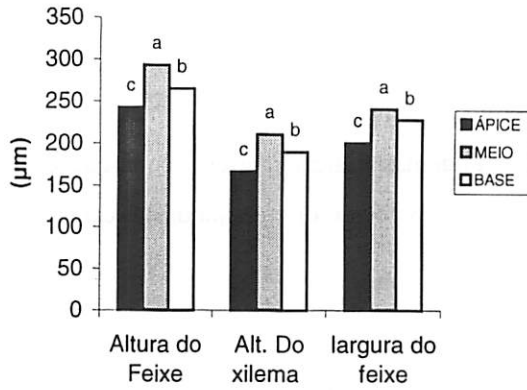


FIGURA 27 - Relação entre os fotoperíodos, dentro de cada região da planta, e a altura do xilema, largura e altura do feixe vascular central e maior do pecíolo, em folhas de *Mikania glomerata*, na metade do comprimento do mesmo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

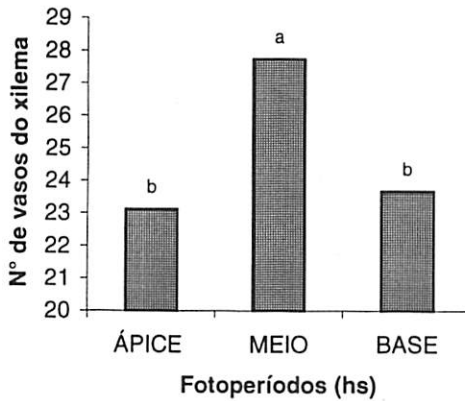


FIGURA 28 - Relação entre os fotoperíodos e o número de vasos do xilema do pecíolo, dentro de cada região da planta de *Mikania glomerata*. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Entretanto, estes resultados da estrutura interna das plantas de guaco demonstram que as condições fotoperiódicas tiveram também uma interação com a intensidade de luz devido ao crescimento diferencial em altura do ramo e

entre as diferentes classes fotoperiódicas, não só modificando nos diferentes fotoperíodos estudados, mas também entre folhas da mesma planta no mesmo fotoperíodo. Provavelmente isto é devido ao auto-sombreamento e aos produtos da fotossíntese. Podemos indicar que esta competição entre as folhas pela luz resultou num desenvolvimento diferencial destas características avaliadas.

4 CONCLUSÕES

A variação na anatomia das folhas de *Mikania glomerata* Sprengel, desenvolvidas em sala de crescimento com diferentes condições de fotoperíodo (8, 12, 16 e 20 horas), foi caracterizada por um aumento na espessura foliar, de acordo com o fotoperíodo. Em vista frontal, as células exibem paredes acentuadamente sinuosas nos fotoperíodos de 8 e 12 horas e levemente sinuosas nos fotoperíodos de 16 e 20 horas. O número de estômatos e o índice estomático aumentaram com o incremento do fotoperíodo. Essas observações evidenciam que a espécie *Mikania glomerata* Sprengel desenvolve uma certa plasticidade anatômica de acordo com os fotoperíodos a que se submetem.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUKASTSH, F. Benerkungren zur doppelfarbung astrablausafranina. *Microkosmos*, Stuttgart, v.61, n.2, p.255, 1972.

COHEN, C. I.; CHILCOTE, D. O.; FRAKES, R. V. Leaf anatomy and stomatal characteristic of four tall fescue selections differing in forage yield. *Crop Science*, Madison, v.22, n.4, p.704-708, July/ Aug. 1982.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Ed. Ministério da Agricultura: Instituto Brasileiro de desenvolvimento Florestal, 1984. v.3, p .518.

FALH, J. I. **Influência da irradiância e do nitrogênio na fotossíntese e crescimento de plantas jovens de café (*Coffea arabica* L.)** 1989. 84 p Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de Campinas, Campinas.

FAILS, B. S.; LEWIS, A. J.; BARDEN, J. A. Anatomy and morphology of sun and Shade-grow *Ficus benjamina*. *Journal of the American Society Horticultural Science*, Alexandria, v.107, n.5, p.754-757, Sept.1982.

FRIEND, D. J. C.; POMEEROY, M. E. Changes in cell size and number associated with the effects of light intensity and temperature on the leaf morphology of wheat. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v.48, n.1, p.85-91, 1970.

KNETCHT, G. N. e O'LEARY, J. W. The effect of light intensity on stomatal density of *Phaseolus vulgaris* leaves. *Botanical Gazatte*, Chicago, v.133, p. 132-134, 1972.

LABOURIAU, L. G.; OLIVEIRA, J. G.; SALGADO- LABOURIAU, M. L. Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell) Toledo I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, Rio de Janeiro, v.33, n.2, p. 237-257, 1961.

LUGG, D. G.; SINCLAIR, T. R. Seasonal changes in morphology and anatomy of field-grow soybean leaves. *Crop Science*, Madison, v.20, n.2, p.191-195, Mar./Apr. 1980.

PAZOUREK, I. The effects of light intensity on stomatal frequency in leaves of *Iris hollandica*. Hort., var. wedgwood. **Biologia Plantarum**, Praha, v.12, n.3, p.208-215, 1970.

PEREIRA, A. M. S. Propagação e co-cultivo de células como fatores predisponentes à produção de cumarina em *Mikania glomerata* Sprengel (guaco). 1997. 82p. Tese (Doutorado em Horticultura)-Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

SERT, M. A. Anatomia foliar e teores de clorofila em três variedades de soja0 [*Glycine Max* (L.) MEDRILL] e dois níveis de radiação solar. 1992. 66p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, E. A. M.; ANDERSON, C. E. Influência da luz no desenvolvimento foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.32, n.179, p. 1-11, 1985.

ZIMMERMANN, M. H. e BROWN, C. L. **Trees: structures and function**. 3. New York: Sprenger-Verlag, 1971. 336p.

VAN VALKENBURGH, E.; DAVIES, W. I. Leaf anatomy and water relations of plants grown in controlled environments and in the field. **Crop Science**, Madison, v.17, n.3, p.353-358, May /June 1997.

VERBELEN, J. P.; GREEF, I. A. Leaf development of *Phaseolus vulgaris* L. in light and in darkness. **American Journal of Botany**, Columbus, v.66, n.8, p.970-976, 1979.

WILKINSON, J. F.; BEARD, J. B. Anatomical responses of "Merion" Kentucky bluegrass and "Penn lawn" red fescue at reduced light intensities. **Crop Science**, Madison, v.15, n.1, p.189-194, 1975.

WHATLEY, F. H.; WHATLEY, F. R. **A Luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982. 101 p. (Temas de Biologia, 30)

CAPÍTULO 4

CRESCIMENTO, ANATOMIA FOLIAR E CARACTERÍSTICAS FOTOSSINTÉTICAS EM PLANTAS JOVENS DE *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO.

RESUMO

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas em plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel.(guaco) submetidas a diferentes níveis de sombreamento.** 2001. 221p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Mikania glomerata Sprengel. pertencente à família Asteraceae e foi cultivada sob condições de viveiro para verificar o efeito de quatro níveis de sombreamento (0% ou Pleno sol; 30%, 50% e 70% de sombreamento) sobre as características da anatomia foliar e fisiológicas. As avaliações foram realizadas após 100 dias do início do experimento. Foram analisadas a seguintes características: altura e diâmetro do ramo principal, peso de matéria seca total e particionada (entre folhas, ramos e raízes), área foliar, área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF), anatomia foliar, teor de clorofila e eficiência fotossintética do fotossistema II. Em geral, os resultados demonstram ser o nível de 30% de sombreamento a condição mais favorável ao crescimento das plantas. Em relação às características da anatomia foliar, observou-se um incremento na espessura do limbo foliar total com o aumento da intensidade luminosa. A densidade estomática (nº de estômatos/mm²) apresentou-se maior em 30% de sombreamento, não diferindo do tratamento a pleno sol.

ABSTRACT

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Influence of the different levels of radiation on the features of the leaf anatomy and physiology of *Mikania glomerata* Sprengel. (guaco).** 2002. 221p. Thesis (Doctor em Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Mikania glomerata Sprengel, belonging to the family Asteraceae , were grown under nursery conditions to verify the effect of four levels of shading (0% or full sunshine, 30%, 50% and 70% of shading) on the leaf anatomy and physiological. The evaluations were done after 100 days from the beginning of the experiment, the following characteristics were analyzed: height and diameter of the main branch, total and partitioned dry matter weight (among leaves, branches and roots) , leaf area, specific leaf area (SLA), leaf area ratio (LAR) and leaf weight ratio (LWR), leaf anatomy, chlorophyll content and photosynthetic efficiency of photosystem II . In general, the results showed the level 30% of shading to be the most favorable to the plants growth. In relation to the characteristics foliar anatomy most favorable condition to the plants' development, an increase was observed in the thickness in the total leaf blade with increasing light intensity. The stomatic density (number of stomatas/mm²) was greater in 30% of shading, not differing from that in the full sunshine.

1 INTRODUÇÃO

Mikania glomerata Sprengel. e outros gêneros de *Mikania* são popularmente conhecidas como guaco. Popularmente, o guaco é utilizado como broncodilatador, antitussígeno, expectorante, antiasmático, antipirético e cicatrizante. Externamente pode ser aplicado sobre eczemas, pruridos e ferimentos.

Alguns estudos já foram realizados com *Mikania glomerata*, confirmando a indicação popular de que o chá das folhas mostrou poder broncodilatador e expectorante.

5. Brow Junior
O conhecimento sobre os requerimentos de luz para espécies medicinais é importante para fatores determinantes da produtividade fotossintética da planta e tem grande influência sobre a estrutura geral e morfologia das folhas, caules e raízes. Como a intensidade luminosa afeta a produção de metabólitos secundários, será maior a possibilidade de prever a composição química e o desenvolvimento de plantações de guaco economicamente importantes. Segundo alguns autores (Martins et al., 1994; Gonçalves, 2001) determinadas espécies medicinais apresentam, de acordo com o lugar em que ocorrem, diferentes recomendações terapêuticas pela população. Esse fato está associado, provavelmente, à variação química dessas plantas, o que, segundo Brow Junior (1988), pode ser ocasionado por fatores genéticos, ecológicos e/ou fisiológicos. Entretanto, as plantas superiores respondem de maneira específica aos estímulos luminosos em relação a alguns eventos bioquímicos, fisiológicos e anatômicos, tais como a fotossíntese, o acúmulo de matéria seca, variações na estrutura interna e o crescimento da planta como um todo.

Pesquisas sobre os efeitos da intensidade de luz sobre o crescimento, têm demonstrado que as espécies respondem de formas diferentes aos níveis de luz. *Bauhinia forticata* Link. submetida a três níveis de irradiância (100, 70 e 50%)

apresentou melhor desempenho nos tratamentos sombreados (Atroch, 1999). m Ferreira et al.(1977), em estudo para determinar o melhor nível de sombreamento para a produção de mudas e o desenvolvimento inicial no campo de espécies florestais, observaram que as espécies respondem de formas diferentes; algumas apresentaram melhor desempenho quando expostas a pleno sol, enquanto outras, se desenvolvem melhor quando sombreadas.

Em *Sapium sebiferum* [L.] Roxb., acúmulo de matéria seca foi máximo em 100% de luz, enquanto, para *Fraxinus caroliniana*, a máxima acumulação ocorreu em 53% de luz (Jones & Mcleod, 1990).

Graninger et al. (1996), avaliando a resposta fotossintética para sombra em grupos de plantas jovens de quatro espécies florestais, constituídos de espécies tolerantes, de tolerância intermediária e intolerantes à sombra, demonstraram que as características fotossintéticas, como a eficiência do FSII, o ponto de compensação de luz e a respiração no escuro, geralmente não foram afetadas pelos tratamentos de sombra, enquanto He, Chee & Goh (1996), investigando fotoinibição em três espécies de *Heliconia* sob condições tropicais, observaram que a eficiência fotossintética do FSII, dada pela razão entre fluorescência variável e a fluorescência máxima (Fv/Fm), foi maior nas folhas inferiores (mais sombreados = 0,80) e menor nas folhas superiores expostas ao sol (0,62 a 0,72).

Os níveis de luz podem influenciar a translocação de assimilados dos órgãos fotossintéticos de diferentes maneiras. Vários trabalhos têm demonstrado que as espécies respondem diferentemente aos níveis de luz (Starck, 1973; Wardlan, 1990 e Souza et al, 1999). Segundo alguns autores (Engel & Poggiani, 1991; e Nogueira & Silva. 2001), a eficiência fotossintética está ligada ao teor de clorofilas das plantas, afetando o crescimento e influenciando a adaptabilidade das mesmas aos diversos ambientes. Em presença da luz, a clorofila é constantemente sintetizada e destruída pelo processo de foto-

oxidação, sendo sua velocidade de decomposição diretamente proporcional à intensidade luminosa muito alta prejudicando o processo. De acordo com alguns autores, como, por exemplo, Nogueira & Silva (2001), estudos realizados evidenciaram que o teor de clorofila varia muito entre as espécies, assim como entre genótipos de uma mesma espécie.

Cohen, Chilcote & Frakes (1982) observaram que o número de estômatos varia entre espécies essa variação também é observada em folhas da mesma espécie crescendo em diferentes condições ambientais (Wilkison & Beard, 1975).

O presente trabalho teve por objetivo, avaliar o efeito de diferentes níveis de interceptação da radiação solar em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel através da análise de características morfológicas, como altura, biomassa seca, diâmetro do caule, área foliar, área foliar específica, razão de área foliar, razão de peso foliar e também de aspectos da anatomia foliar e teores de clorofilas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado durante o período de fevereiro de 2001 a agosto de 2001, sob condições de casa de vegetação e de viveiro dos Departamentos de Agricultura e Biologia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, situado na região sul do estado de Minas Gerais, a 918m de altitude, latitude 21° e 14'S e longitude 45° 00'W Gr. Os dados referentes às temperaturas máximas, médias e mínimas, precipitação pluviométrica, insolação e umidade relativa média mensal, durante o período de condução, foram coletados na Estação Climatológica da UFLA e encontram-se no Anexo 4, tabela 4A.

As mudas utilizadas foram produzidas a partir de propagação por estacas de 15 cm de comprimento, retiradas dos terços médios dos ramos com um par de folhas e colocadas nas bandejas de poliestireno expandido (isopor). O substrato utilizado foi o PLANTIMAX, em casa de vegetação com umidade relativa de 75% e temperatura de 26 mais ou menos 2 °C durante um período de 60 dias.

Após este período, as estacas foram colocadas em sacos plásticos perfurados de 25 X 20 cm, com capacidade para 4 kg. Os substratos em mistura para o enchimento dos recipientes foram: Vermiculita, esterco bovino e terra de sub-solo, na proporção de 20:30:50. A vermiculita utilizada foi a de granulometria fina com densidade aparente de 125kg/m³; o esterco bovino foi curtido e peneirado. Com relação ao material de subsolo, utilizou-se um Latossolo Vermelho Escuro (LVE), retirado a trinta centímetros abaixo da camada arável. Os resultados das análises químicas do substrato encontram-se no Anexo 4, tabela 4B.

Em seguida, os recipientes com as mudas foram transferidas para cada nível de radiação pré estabelecido.

As plantas de *Mikania glomerata* Sprengel foram submetida a quatro níveis de sombreamento (0% ou pleno sol, 30%, 50% e 70%). Os níveis de 30%, 50% e 70% foram obtidos por meio de telas pretas de nylon, conhecidas como “telas de sombrite”, conforme especificações do fabricante. As telas sombrite recobriam as porções superior e lateral das armações de madeira. Durante todo o período de condução do experimento, o solo foi mantido próximo à sua capacidade de campo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos representados por quatro níveis de luz (70,50,30% e pleno sol), com 16 repetições e uma muda por repetição, num total de 64 parcelas. Após 100 dias do início do experimento, foram analisadas as seguintes características: altura do ramo principal, diâmetro do ramo principal, peso de matéria seca total e particionada (entre folhas, ramos e raízes), área foliar, área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF).

As medidas de alturas foram realizadas com o auxílio de uma régua, e o diâmetro do ramo, através de paquímetro com precisão de 0,01mm.

A área foliar total por planta foi medida em 100% das folhas, através do Medidor Eletrônico de Área Foliar- Modelo LI-3100, fabricado-LI-COR.

Após a separação da planta em folhas, ramos e raízes, as partes foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas para secar em estufa. As raízes foram lavadas em água corrente para retirar o substrato aderido e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 70° C até peso constante. As folhas e ramos foram para a estufa a 40°C até peso constante. A pesagem foi feita em balança analítica digital com precisão de quatro dígitos.

A razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE) foram determinadas a partir dos valores de área foliar (A) expressos em dm^2 , peso de matéria seca da planta (P) e peso de matéria seca das

folhas (Pt), ambos expressos em g, empregando-se as seguintes equações, de acordo com Benicasa (1988):

$$RAF=A/P \quad RPF=Pt/P \quad AFE=A/Pt$$

A eficiência fotoquímica do FSII foi avaliada por meio de um Fluorômetro portátil (Plant Efficiency Analyser- PEA da HANSATEC INSTRUMENTS Ltd.)

A eficiência fotoquímica do FSII (Razão F_v/F_m , sendo $F_v = F_m - F_0$, onde F_m = Fluorescência máxima, F_v = Fluorescência variável e F_0 = Fluorescência mínima), foi determinada após as folhas serem pré-condicionadas no escuro por 30 minutos, pela medição da fluorescência rápida "In Vivo".

As características do comportamento estomático e eficiência fotoquímica do FSII foram avaliadas em quatro plantas por tratamento, utilizando-se uma folha por planta.

Para quantificar a clorofila a, b e total utilizou-se a metodologia proposta por Arnon (1949), após a obtenção dos dados de absorvância com base nas leituras espectrofotométricas a 663 e 645 nm, respectivamente, para clorofilas a e b.

Para a determinação dos teores de clorofila foram tomadas, ao acaso, 5 plantas por tratamento; de cada planta selecionaram-se 9 folhas completamente expandidas, localizadas na região superior, mediana e basal da planta. De cada planta e de cada região do ramo, foram retirados 3 discos de 0,5 cm de diâmetro (ápice, meio e base da folha), que foram envolvidas em papel alumínio e identificados. Em seguida, a quantificação e os cálculos de mg de clorofila por grama de matéria fresca do tecido foliar foram realizados utilizando as equações descritas a seguir:

$$\text{Clorofila a} = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times V/1000W$$

$$\text{Clorofila b} = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times V/1000W$$

$$\text{Clorofila total} = (20,2 \times A_{645} + 8,02 \times A_{663}) \times V/1000W$$

Sendo:

A= absorvância dos extratos no comprimento de onda determinado

V= volume final do extrato clorofila acetona

W= matéria fresca em gramas do material vegetal utilizado

A determinação da densidade de estômatos foi realizada através de secções paradérmicas da epiderme na face abaxial. A contagem de estômatos foi realizada com o auxílio de câmara clara, em microscópio Olympus CBB, segundo Labouriau, et al. (1961), em 12 campos da região mediana de cada folha, nas três posições da planta, num total de 36 campos por folha. Foram analisadas 10 folhas escolhidas ao acaso nas três posições da planta sendo contado um total 360 campos por cada nível de luz testado.

As determinações da espessura foliar foram efetuadas através de secções transversais de lâminas semipermanentes de 5 plantas, com o auxílio de Ocular Micrométrica, e 20 medições, em locais distintos de cada posição da planta, das espessuras das epidermes superior e inferior, dos parênquimas paliádico e esponjoso. Portanto, a amostra foi constituída de 60 medições para cada nível de luz.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características de crescimento em função dos níveis de sombreamento

3.1.1 Biomassa seca

O resumo da análise de variância para os dados de todas as características de crescimento avaliadas neste estudo encontram-se Anexo 4, Tabela 4C. São apresentados os resultados do peso da biomassa seca das folhas, dos ramos, da raiz e do peso da biomassa seca total, conforme os tratamentos de níveis de luz.

Conforme se observa na Tabela 1, em relação às características de matéria seca da parte aérea (folhas e ramos) e raiz, a análise de variância revelou diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o nível de 30% de sombreamento o que proporcionou maior acúmulo de biomassa seca das folhas e ramos.

Em relação à biomassa seca da raiz, o sombreamento de 30% não diferiu dos de 50 e 100%; O que proporcionou menor acúmulo foi o de 70% de sombreamento.

Na Tabela 1, verifica-se ainda que as plantas de *Mikania glomerata* produzidas a 30% de sombreamento foram as que tiveram maior produção de biomassa seca total em comparação aos demais tratamentos testados.

TABELA 1 - Biomassa seca total (MST), biomassa seca das folhas (MSF), do ramo (M S RAMO), das raízes (MSR) e relação MSR/ Biomassa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Mikania glomerata* Sprengel. submetidas a quatro níveis de sombreamento (médias de 16 plantas) após 100 dias de plantio. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Níveis de sombreamento (%)	MST (g)	MSF (g)	MS RAMO (g)	MSR (g)	MSR/ MSPA
70% de sombreamento	19,133 c	9,850 c	6,128 c	3,154 b	0,207 b
50% de sombreamento	28,075 b	11,646 b	9,340 b	7,088 a	0,349 a
30% de sombreamento	32,480 a	15,565 a	11,020 a	5,894 a	0,224 b
Pleno sol	20,569 c	9,755 c	5,297 c	5,516 a	0,375 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Estes resultados confirmam a necessidade de um sombreamento parcial para um melhor desenvolvimento inicial desta espécie. Resultados semelhantes foram encontrados em outras espécies, como *Bauhinia forficata* Link (Atroch, 1999) e *Muntingia calabura* L.(Castro, Alvarenga e Gomide, 1996). Porém, para outras espécies, tais como *Ocimum selloi*, a maior produção de matéria seca foi obtida de plantas crescidas sob radiação solar plena (Gonçalves, 2001). Em *Phaseolus vulgaris*, a produção de biomassa seca total diminuiu com a redução do nível de sombreamento (Lopes et al., 1986).

Com estes resultados de biomassa seca para as plantas de *Mikania glomerata*, fica evidenciado que a produção de biomassa seca total é limitada pela quantidade de radiação solar. Como se observa na Tabela 1, o peso de biomassa seca total foi menor em 70% de sombreamento, não diferindo do tratamento de pleno sol (0%). Segundo Lopes et al.(1986), a redução da intensidade luminosa pode, muitas vezes, ficar aquém do ponto de saturação

luminosa, reduzindo o processo fotossintético e, conseqüentemente, a produção de biomassa seca.

Esta redução também em pleno sol (0%), provavelmente se deve à fotoinibição. Segundo Kyle & Ohad (1987), a capacidade fotossintética das plantas pode ser severamente reduzida quando expostas a altos níveis de radiação, que excedem os requeridos para saturar a fotossíntese.

Planta de *Mikania glomerata* crescendo em luz solar plena apresentaram uma redução do crescimento, mostrando-se intolerantes a esta quantidade de luz. Estes resultados estão de acordo com os dados de literatura sobre *Euterpe edulis*, que mostraram necessitar a espécie de um certo grau de sombreamento durante o seu crescimento inicial (Reis et al, 1987; Bovi et al, 1990).

Nesta espécie, a relação raiz/parte aérea e a análise de variância revelaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo as plantas cultivadas em pleno sol as que proporcionaram maior relação, não diferindo das do sombreamento de 50%. Vários trabalhos têm demonstrado maior acúmulo de biomassa seca no sistema radicular de plantas cultivadas na condição pleno sol (Groninger et al. 1996; Ke & Weryer, 1999). Almeida (2001), estudando aspectos fisiológicos do crescimento inicial de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana*, constatou que as relações raiz/parte área e biomassa seca foram maiores nas condições de 50% de sombreamento. Indivíduos de uma mesma espécie com sistemas radiculares mais desenvolvidos em determinada condição, têm maior capacidade de aclimação do que aqueles com sistemas radiculares reduzidos, pois permitem maior absorção de água e nutrientes, estratégia que garantiria maior capacidade para suportar as maiores taxas de fotossíntese e transpiração que ocorrem nestes ambientes (Claussem, 1996).

Observa-se, na Figura 2, que a distribuição de biomassa seca em porcentagem do total, para os diferentes órgãos da planta de *Mikania glomerata*, também variou com os níveis de sombreamento.

As plantas a pleno sol alocaram maiores percentuais de biomassa para o sistema radicular, indicando que a luz tem efeito estimulante na translocação para a raiz. Estes resultados foram observados por vários autores, entre eles Dias-Filho (1997); Paez (2000) e Almeida (2001).

O direcionamento para o caule foi maior na condição de 30% de sombreamento, não diferindo estatisticamente de 50 e 70%. De modo geral, o sombreamento favorecia maiores taxas de acúmulo de biomassa foliar. Estes resultados também demonstram que o sistema radicular foi prejudicado com a redução da disponibilidade de radiação, principalmente em 70% de sombreamento. Esta menor distribuição de biomassa para as raízes sobre baixas condições de luminosidade é bem conhecida e provavelmente reflete uma resposta a atributos que melhoram o ganho de carbono sobre irradiância reduzida, com um aumento na área foliar, ou que reflitam uma estratégia relacionando luminosidade com aumento de altura (Thompson, et al. 1992; Walters, et al., 1993; Almeida 2001).

Uma menor produção de fotoassimilados por parte da fonte encarregada de atender à demanda de carbono das raízes, normalmente situadas à base do caule é que naturalmente experimentam um sombreamento adicional, é proporcionada pelas folhas situadas mais na parte superior do caule (Wilkins, 1985; Wardlan, 1990; Naves, 1993). Este fato, somado à existência de uma certa hierarquia entre os drenos, que desfavorecem as raízes como competidoras pelo crescimento (Wardlan, 1980; Naves, 1993), provavelmente foram as principais características para a menor distribuição da biomassa seca para as raízes da planta de *Mikania glomerata*.

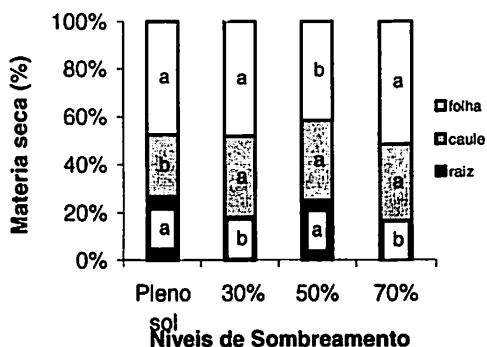


FIGURA 1 - Distribuição de matéria seca nas folhas, caules e raízes de plantas de *Mikania glomerata* submetidas a quatro níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.1.2 Área Foliar, Área Foliar Específica, Razão de Área Foliar e Razão de Peso Foliar

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados médios relativos à área foliar (AF), Área Foliar Específica (AFE), Razão de Área Foliar (RAF) e Razão de Peso Foliar (RPF), num período de 100 dias após o início de indução aos tratamentos.

TABELA 2 - Área foliar total (AFT), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF) de plantas de *Mikania glomerata* Sprengel, submetidas a diferentes condições de radiação (média de 16 plantas). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Tratamentos	AFT (dm ²)	AFE (dm ² /g)	RAF (dm ² /g)	RPF g/g
70% de sombreamento	28,64 a	2,91 a	1,46 a	0,51 a
50% de sombreamento	21,06 b	1,83 b	0,76 c	0,41 c
30% de sombreamento	30,37 a	1,96 b	0,94 b	0,48 b
Pleno sol (0%)	12,19 c	1,29 c	0,61 c	0,47 c

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As plantas de *Mikania glomerata* Sprengel. apresentaram maior área foliar a 30% de sombreamento, não deferindo de 70%. Nas plantas cultivadas a pleno sol, esta característica sofreu uma queda de aproximadamente 60%. Observa-se, na Tabela 2, que estas maiores áreas foliares sob 30, 50 e 70% de sombreamento também foram acompanhadas de uma maior AFE, de acordo com o nível de sombreamento, indicando que o aparelho fotossintético desta espécie sofreu ajustamento na estrutura foliar devido à redução a baixa disponibilidade de radiação.

Nota-se, principalmente pela redução de 30% de sombreamento, que houve uma grande expansão de área foliar, evidenciando a adaptação vegetal ao princípio da efetividade máxima, ou seja, com redução do nível de luz, a planta procurou a expansão máxima da superfície foliar para que pudesse captar com maior eficiência a luz disponível.

Ainda na Tabela 2, verifica-se que, sob 70% de sombreamento, a RAF foi estatisticamente superior aos demais tratamentos o que está de acordo com os dados da literatura, em que a RAF tende a aumentar sob condições de baixa luminosidade, em decorrência do incremento da área foliar e da conseqüente redução da biomassa seca acumulada pelo auto-sombreamento (Benincasa, 1988).

Entretanto, uma baixa RAF, verificada no tratamento em pleno sol, seria benéfica, uma vez que menos material vegetal é exposto a eventuais danos por excesso de luz.

Para RPF, da mesma forma que para RAF, observou-se que sob 70% de sombreamento. A RPF foi estatisticamente superior à dos demais tratamentos. O RPF é a razão entre o peso de matéria seca retida nas folhas e o peso de matéria seca acumulada em toda a planta e o RPF representa a fração de matéria seca não exportada das folhas para outras partes da planta (Benincasa, 1988). Neste estudo, ficou evidenciado que o *Mikania glomerata* retém maior

quantidade de matéria seca nas suas folhas. Esta informação foi consistente em relação às maiores áreas foliar e ao peso seco encontrados nesta espécie.

A área foliar específica (AFE) é a relação entre a área foliar e a biomassa seca das folhas. O inverso da AFE indica que a espessura da folha e também dois são os componentes da RAF: AFE e RPF (Benincasa, 1988). Neste trabalho, ficou evidenciado que os níveis de sombreamento influenciaram marcadamente a AFE de *Mikania glomerata* Sprengel. Os níveis de 70% de sombreamento promoveram maior RAF, resultantes de AFE e RPF também elevados. Maiores AFE de plantas de *Mikania glomerata*, encontradas em 70% de sombreamento estão associadas a modificações no componente anatômico, representado pelo peso de biomassa seca da folha (Tabela 3), o que foi acompanhado em alterações na espessuras da camadas epidérmicas e das células do mesófilo, o que justifica suas folhas mais delgadas (Tabela 3). O decréscimo da espessura foliar das plantas de *Mikania glomerata*, cultivadas a 70% de sombreamento deve ter ocorrido em virtude, também, da diferença na distribuição de fotoassimilados. Em relação às plantas de *Mikania glomerata* cultivadas em pleno sol que tiveram folhas mais grossas (Tabela 3), esta característica seria benéfica porque menos material vegetal por unidade de área seria diretamente exposto á luz, reduzindo a perda de água e aumentando o auto-sombreamento entre cloroplastos. Diversos estudos têm demonstrado padrões de resposta anatômica semelhante, para os quais se observa um incremento na espessura do parênquima paliçádico e total com um aumento da intensidade luminosa (Ramos e Grace, 1990; Thompson, Kriedemann & Craig, 1992; Ziegenhagem & Kausch, 1995).

TABELA 3 - Altura das epidermes abaxial, adaxial, espessura do parênquima paliçádico, esponjoso e espessura total do limbo de folhas de guaco crescidas sob diferentes níveis de luz com 100 dias de tratamento (média de 60 repetições). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Sombreamento (%)	Epiderme (μm)		Parênquima (μm)		Espessura. Total do Limbo (μm)	Densidade Estomática ($\text{N}^\circ/\text{mm}^2$)
	Abaxial	Adaxial	Paliçádico	Esponjoso		
70	14,53 d	39,73 c	64,55 d	211,25 d	330,06 d	117,98 c
50	15,60 c	42,40 c	66,99 c	232,73 c	361,32 c	135,33 b
30	16,40 b	44,15 b	69,48 b	241,12 b	370,80 b	157,29 a
Pleno sol	17,69 a	49,48 a	106,65 a	274,38 a	447,12 a	146,47 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento da densidade de estômatos com o aumento de irradiância é uma resposta encontrada em muitas espécies (Bjorkman et al., 1963; Holmes & Cowling, 1993) *Mikania glomerata* mostrou plasticidade em relação a este parâmetro, que relaciona o contexto da fotossíntese com estômatos para constituir estruturas especializadas que permitam às plantas manterem o intercâmbio gasoso com o ambiente. Portanto, qualquer variação em número e/ou tamanho dos estômatos pode acarretar maior ou menor eficiência da planta, tanto na taxa fotossintética quanto na eficiência do uso da água (Sun et al., 1995).

3.1.3 Altura do ramo

As plantas de guaco apresentaram-se com menor porte quando cultivadas em pleno sol. Em relação aos demais níveis de radiação, não houve diferenças estatísticas (Figura 3).

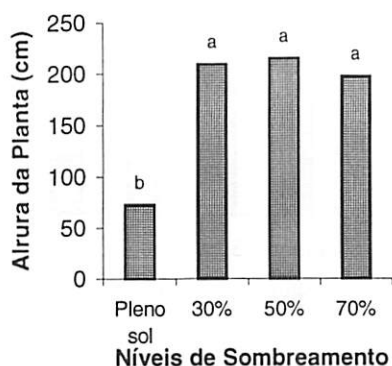


FIGURA 2 - Altura do ramo de plantas de *Mikania glomerata* em função dos diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Observa-se, também, uma estreita relação entre o crescimento em altura e o acúmulo de matéria seca. As plantas de guaco cultivadas sob 30, 50 e 70% de sombreamento investiram maior quantidade de fotoassimilados na parte aérea do que as de pleno sol. Provavelmente, as folhas encarregadas de suprir o ápice do caule estão naturalmente situadas em uma posição privilegiada (Wilkins, 1985; Wardlan, 1990), associada a um maior alongamento celular das plantas, crescendo sob sombreamento (Shirley, 1929; Wilkins, 1985), fatores que seriam os responsáveis pela maior altura desta espécie sob condições de 30, 50 e 70% de sombreamento. Isto pode ser comprovado pela observação das Figura 4 e 5, segundo as quais o aumento de altura do ramo foi devido ao alongamento e ao aumento do número de entrenós. Segundo Thomas & Vince-Prue (1997), a partir da sensibilização do meristema subapical desencadeia-se um aumento marcante na divisão celular que precede ou acompanha o alongamento. Entretanto, não foram observados sinais de estiolamento nas mudas submetidas a 30, 50 e 70% de sombreamento, o que pode determinar a produção de *Mikania glomerata* sob condições sombreadas.

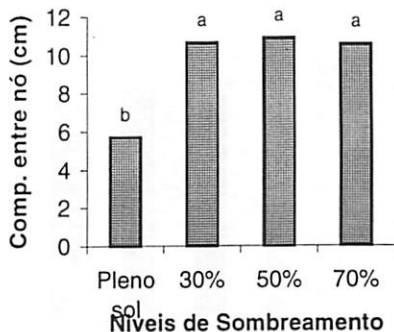


FIGURA 3- Comprimento dos entrenós de plantas de *Mikania glomerata* em função de diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

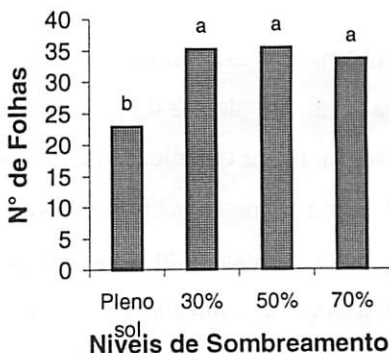


FIGURA 4- Número de folhas de plantas de *Mikania glomerata* em função dos diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.1.4 Diâmetro do ramo

As plantas de *Mikania glomerata* produzidas a 70% da radiação solar total apresentaram menores diâmetros. Em relação aos demais níveis de luz, não houve diferenças significativas, conforme a Figura 6. Estas plantas de *Mikania glomerata* apresentaram um crescimento mais rápido em diâmetro do ramo quando cultivadas em condições de maior disponibilidade de luz. Segundo

Naves (1993), o crescimento em diâmetro guarda uma relação mais estreita com a fotossíntese líquida do que o crescimento em altura, o qual depende mais dos carboidratos acumulados e de um balanço favorável entre a fotossíntese líquida e respiração. Maiores diâmetros do caule sob maiores níveis de radiação também foram observados, em algumas espécies, tais como *Copaifera langsdorffii*, *Cybistax antisyphilitica*, *Sesbania sesban* (Naves, 1993), *Zeyhera tuberculosa*, *Tabebuia avellomedae* e *Erythrina speciosa* (Engel, 1989) e *Phatycyamus regnelli* (Scalon, 1993).

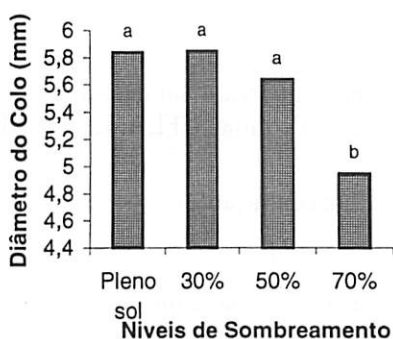


FIGURA 5 – Relação entre o diâmetro do caule de plantas de *Mikania glomerata* e os diferentes sombreamentos. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.1.5 Clorofila

Os resultados relativos a quantificações das clorofilas e à relação clorofila a:b por unidade de peso de matéria fresca de modo geral, nos diferentes níveis de luz, podem ser explicados por meio de regressões quadráticas (Anexo 4, Tabela 4D).

Os gráficos referentes a cada uma das regressões da tabela estão apresentados no Figura 7.

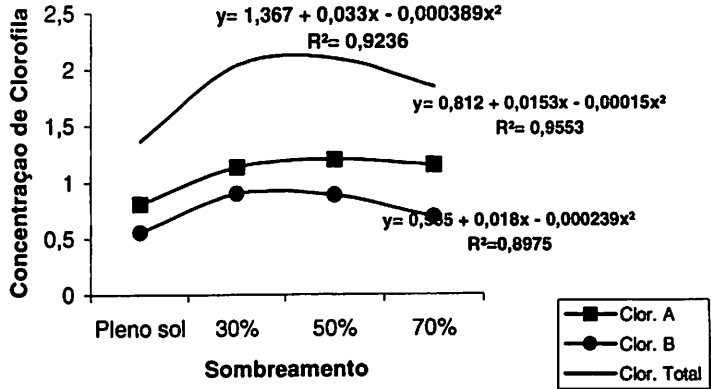


FIGURA 6 - Teores de clorofila a, b e total (mg/g de matéria fresca) em mudas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes fotoperíodos, nas três posições do ramo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Com relação à concentração de clorofilas “a” e clorofila total referente ao total das três posições da planta em função dos diferentes níveis de sombreamento, observa-se que houve um incremento no teor de clorofila “a” e clorofila total à medida que se reduziu a intensidade de luz para 30% de sombreamento. A partir desse ponto, o incremento foi constante, observando-se tendência de queda no tratamento de 70% de sombreamento.

Observa-se, pela Figura 7, referente à concentração de clorofila b de modo semelhante ao observado no estudo das clorofilas “a” e total, que houve um incremento no teor de clorofila à medida que se reduziu a intensidade de luz. Observa-se que o teor máximo foi alcançado no ponto entre 30 e 50% de sombreamento, a partir do qual houve uma queda. Observa-se ainda, pela Figura 7, que a quantidade de clorofila b foi menor que a clorofila a em todos os níveis de luz estudados. Essa diminuição da quantidade de clorofila “b” em relação à clorofila “a” principalmente nos níveis de 30, 50 e 70% de sombreamento, estaria relacionada à menor proporção do fotossistema II (PSII), que é mais rico em clorofila b do que a, em relação ao fotossistema I (Anderson

et al. (1988); Critchley, 1999 & Nakazono et al, 2001). Essa é uma característica considerada uma adaptação para aumentar a absorção da luz vermelha limitada às reduções dos níveis de radiação e manter o balanço de energia. A redução no teor de clorofilas a pleno sol (por unidade de massa) é amplamente relatada na literatura, como constatado por exemplo nos trabalhos de Engel & Poggiani (1991) e Naves (1993).

Para a regressão da razão clorofila *a/b*, da mesma forma como para a clorofila “a”, “b” e total, foram observados os efeitos significativos para coeficientes de regressão linear e quadrática (Anexo 4, Tabela 4E).

Observa-se, pela Figura 8, que houve uma redução na razão clorofila *a/b* à medida que se reduziu a intensidade de luz para 30% de sombreamento. A partir deste ponto houve um incremento contínuo da relação clorofila *a/b* com a redução da intensidade luminosa. Nota-se que o nível de 70% de sombreamento proporcionou maior razão de clorofila *a/b*. a proporção entre clorofila “a” e “b”, de uma maneira geral, tende a diminuir com a redução da intensidade luminosa (Boardman, 1977; Kozlowski, et al., 1991) devido a uma maior proporção relativa de clorofila “b” em ambientes sombreados. Este aumento da clorofila “b” em diferentes ambientes sombreados é associado ao fato de sua degradação ser mais lenta do que a da clorofila “a” (Engel & Poggiani, 1991). Alguns estudos, entretanto, apresentaram resultados contrários, como os de Kappel & Flore (1983), Castro, et al. (1996) e Lee et al. (2000).

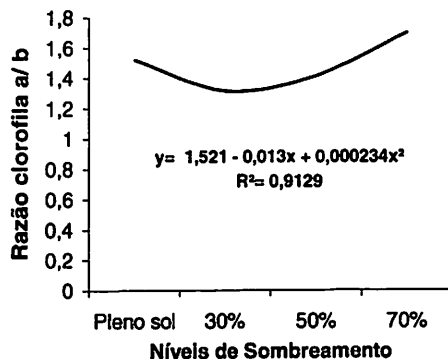


FIGURA 7 - Relação clorofila a/b em mudas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes sombreamento, nas três posições do ramo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Observa-se pela Tabela 4 que a região superior do ramo nos tratamentos de 30%, 50% e 70% de sombreamento apresentou, de modo geral, menor concentrações de clorofila “a”, “b” e total. Esta redução pode ter decorrido do auto-sombreamento, ou seja, folhas superiores podem ter exercido um sombreamento nas folhas medianas ainda mais acentuado nas folhas basais. Este maior acúmulo de clorofila relacionado ao auto-sombreamento pode ser devido a um efeito compensatório da *Mikania glomerata* à menor quantidade de radiação disponível. Boardman (1977) reforça a idéia de que as folhas cultivadas sob baixas intensidades de luz apresentam maiores teores de clorofila por unidade de peso.

Em relação às plantas de *Mikania glomerata* cultivadas em pleno sol terem apresentado um porte bem menor, e possivelmente não ter ocorrido auto-sombreamento, de modo geral não houve diferenças significativas nas três regiões do ramo quanto à concentração de clorofila “b”, razão clorofila a/b e clorofila total em relação à clorofila “a”. Não houve diferenças significativas também entre região superior e basal, somente diferindo na região mediana.

TABELA 4 - Teores de clorofila a, b e total (mg/g de matéria fresca) e relação clorofila a/b em mudas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Pleno sol	Clorofila a	Clorofila b	Razão a/b	Clorof. total
Região superior	0,8513 a	0,6403 a	1,3776 a	1,4910 a
Região mediana	0,6753 b	0,4626 a	1,5050 a	1,1380 a
Região basal	0,8826 a	0,5226 a	1,7170 a	1,4050 a
30% de sombreamento	clorofila a	clorofila b	razão a/b	clorofila total
Região superior	0,8473 c	0,7433 b	1,1760 b	1,5903 b
Região mediana	1,2146 b	1,1346 a	1,0906 b	2,3486 a
Região basal	1,4730 a	0,9986 a	1,5146 a	2,4706 a
50% de sombreamento	clorofila a	clorofila b	razão a/b	clorofila total
Região superior	0,8173 b	0,4860 b	1,6953 a	1,3026 c
Região mediana	1,2690 a	1,0526 a	1,2090 b	2,3210 a
Região basal	1,3790 a	0,9156 a	1,5170 a	2,2943 a
70% de sombreamento	clorofila a	clorofila b	razão a/b	clorofila total
Região superior	0,7856 c	0,4366 c	1,8043 a	1,2220 c
Região mediana	1,1170 b	0,6786 b	1,6480 a	1,7953 b
Região basal	1,6013 a	1,0273 a	1,5590 a	2,6276 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3.1.6 Fluorescência

De acordo com a Tabela 5 a relação Fv/Fm não apresentou diferenças significativas podem, de maneira geral houve uma tendência de redução desta nas plantas cultivadas em pleno sol. Um declínio na razão Fv/Fm é um indicador do dano fotoinibitório quando as plantas são submetidas a uma ampla extensão de estresses ambientais (Ögren & Öquist , 1985). Nas plantas de *Mikania*

glomerata cultivadas em diferentes níveis de sombreamento, conforme a Tabela 5, nota-se que houve um declínio nas cultivadas em pleno sol, mesmo não apresentando diferenças significativas, evidenciando, assim, o efeito de fotoinibição. Os valores mais baixos encontrados nas plantas cultivadas a pleno sol foram decorrentes, provavelmente, das condições de excesso de luz.

Em *Dipteryx panamensis* foi observado um declínio na razão Fv/Fm nas plantas cultivadas a pleno sol. Em *Bauhinia forticata*, não foram verificadas diferenças significativas (PL 0,05) na relação Fv/Fm entre os tratamentos a pleno sol, 50 e 70% de irradiância, indicando que possivelmente não houve danos fotinibitorios no aparelho fotossintético destas plantas (Atorch, 1999).

TABELA 5 – Eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm) de plantas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento (%)	Fv/Fm
70% de sombreamento	0,78 a
50% de sombreamento	0,80 a
30% de sombreamento	0,78 a
Pleno sol	0,76 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo, as diferentes condições de luminosidade as quais as plantas foram submetidas promoveram efeitos diversos sobre as características de crescimento avaliadas, apresentando melhor desempenho no tratamento de 30% de sombreamento. A região superior do ramo nos tratamentos de 30%, 50% e 70% de sombreamento apresentou menor concentração de clorofila "a", "b" e total.

O número total de estômatos, a espessura da epiderme, do parênquima paliádico e esponjoso sofreram influência dos tratamentos; plantas submetidas a pleno sol e 30% de sombreamento apresentaram as maiores espessuras e densidade estomática (N°/mm^2).

Para essa espécie, sob as condições experimentais em que foi realizado o trabalho, verificou-se que houve uma estreita associação entre adaptação anatômica e eficiência em processos fisiológicos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. M.; CHOW, W. S.; GOODCHILD, D. J. Thylakoid membrane organization in sun/shade acclimation. **Australian Journal of Plant Physiology**, Colligwood, v.15, p.11-26, 1988.

ARNON, D. I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v.24, n.1, p.1-15, jan./mar. 1949.

ALMEIDA, L. P. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* MEZ. sob diferentes níveis de radiação.** 2001. 96p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ATROCH, E. A. C. **Aspectos fisiológicas, anatômicos e biossíntese de flavonoídes em plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiância.** 1999. 62p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas.** Jaboticabal: FCAV-UNESP, 41 p., 1988

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p.355-377, 1977.

BJORKMAN, O.; HOLMGREN, P. Adaptability of photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shade habitats. **Physiologia plantarum**. Copenhagen, v.16, p.889-915, 1963.

BOVI, M. L. A.; GODOY Jr, G.; NAGAI, V.; CARDOSO, M. Densidade de plantio de palmeiro em consórcio com seringueiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** Brasília, v.25, n.7, p.1023-1029, jul. 1990.

BROWN JUNIOR, K. S. Engenharia ecológica novas perspectivas de seleção e manejo de plantas medicinais. **Acta Amazônica** , Manaus, v.18, n.1, p. 291-303, 1988.

CASTRO, E. M. de, ALVAENGA, A. A., GOMIDE, M. B. Crescimento e distribuição de matéria seca de mudas de calaboura (*Muntingia calabura* L.) submetidas a três níveis de irradiância. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3, p.357-365, Jul./Set. 1996.

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management** Amsterdam, v.80, n.1/13, p. 245-255, Jan. 1996.

CRITCHLEY, C. Molecular adaptation to irradiance: The dual functionality of photosystem II. In: G. S. SINGHAL; G. RENGER; S. K. SAPORY; K. A. IVIGANG e GOVINDJLL, (eds.) **Concepts in photobiology**. Photosynthesis and photomorphogenesis., New Delhi: Narsa Publishing House 1999. p.573-587.

COHEN, C. I.; CHILCOTE, D. O.; FRAKES, R. V. Leaf anatomy and stomatal characteristic of four tall fescue selections differing in forage yield. **Crop Science**, Madison, v.22, n.4, p.704-708, July/ Aug. 1982.

DIAS-FILHO, M. B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. To contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.8, p.789-796. Ago 1997.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, jun. 1991.

FERREIRA, M. das G. M.; CÂNDIDO, J. F.; CANO, M. A. O.; CONAÉ, A. R. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.1, n.2, p. 121-134, dez.1977.

GONÇALVES, L. A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth (Lamiaceae)**. 2001.95p. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Viçosa, Lavras.

GRONINGER, J. W.; SEILER, J. R.; PETERSON, J. A.; KREH, R. E. Growth and photosynthetic responses of four Virginia Piedmont tree species to shade. **Tree Physiology**, Victoria, v.16, n.9, p.773-778, Sept.1996.

HE, J.; CHEE, C. W.; GOH, C. J. "Photoinhibition" of *Heliconia* under natural tropical conditions: The importance of leaf orientation for light interception and leaf temperature. **Plant, Cell and Environment**, Oxford. v.19, n.11, p.1238-1248, Nov.1996.

HOLMES, P. M.; COWLING, R. M. Effects of shade on seedling growth, morphology and leaf photosynthesis in six subtropical thicket species from the eastern cape, South Africa. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.61, n.3/4, p.199-220, mar./abr.1993.

JONES, R. H.; MCLEOD, K. W. Grown and photosynthetic responses to a range of light environments in Chinese tallow tree and Carolina ash seedlings. **Forest Science**, Washington. v.36, n.4, p. 851-862, Dec.1990.

KAPPEL, F.; FLORE, J. A. Effects of shade on photosynthesis, specific leaf weight chlorophyll content of leaves and morphology of young peach trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, n.4, p.541-544, July, 1983.

KE, G.; WERGER, M. J.A. Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and effect on acorn size. **Acta Oecologica**, Berlin, v.20, n.6, p.579-586, 1999.

KOZŁOWSKI, T.; KRAMER, P. I.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic press, 1991. 657p.

KYLE, D. J.; OHAD, I. The mechanism of inhibition in higher plants and green algae. In: STAEHELIN, L. A.; ARNTZEN, C. I. (eds). **Encyclopedia of Plant Physiology** Berlin, Springer Verlag, 1987. v.19, p.468-475.

LABOURIAL, L. G.; OLIVEIRA, J. G.; SALGADO- LABOURIAL, M. L. Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell) Toledo I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v.33, n.2, p. 237-257, set. 1961.

LEE, D. W.; OBERBAUER, S. F.; JONSON, P.; KRISHNAPILAY, B.; MANSOR, M.; MOHAMAD, H.; YAP, S. H. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v.87, n.4, p.447-455, 2000.

LOPES, N. F.; OLIVIA, M. O.; CARDOSO, M. I.; GOMES, M. M. S.; SOUZA, V. F. Crescimento e conversão de energia solar em *Phaseolus vulgaris* submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n. 186, p. 142-114, mar./abr. 1986.

MARTINS, E. R.; CASTRO, O. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. C. **Plantas medicinais**. Viçosa:UFV, 1994. 220p.

NAVES, V. L. **Crescimento, distribuição de material seca, concentração de clorofila e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa**. 1993. 76p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NAKAZONO, E. M., COSTA, M. C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. Em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.2, p. 1-11, dez. 2001.

NOGUEIRA, R. J. M.; SILVA, J. F. Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em genótipos de gravioleira. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.1-9.Jul/Set. 2001.

OGREN, E.; OQUIST, G. Effect of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. **Planta**, Berlin, v. 166, n.3, p. 380-388, Nov.1985.

PAEZ, A.; GEBRE, G. M.; GONZALEZ, M. E.; TSCHAPLINSKI, T. J. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.44, p. 133-139, 2000.

RAMOS, J.; GRACE, J. The effects of seedlings of four tropical trees from México. **Functional Ecology**, Oxford, v.4, p.667-677, 1990.

REIS, M. S. dos, NODARI, R. O., GUERRA, M. P.; REIS, A. Desenvolvimento do palmitreiro: I. Caracterização até 18 meses sob diferentes níveis de sombreamento. In: Encontro Nacional de Pesquisadores em Palmito, EMBRAPA-CNPQ, Curitiba, 1987. , p.14-145.

SCALON S. P. Q.; ALVARENGA, A A Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli* Benth). **Revista Arvore**, Viçosa, v.17, n.3, p. 265-270, 1993.

SHIRLEY, H. L. The influence of light intensity and light quality upon the growth of plants. **American Journal of Botany**, New York, v.16, p. 354-389, May 1929.

STARCK, Z. The effect of shading during growth on the subsequent distribution of ^{14}C assimilates in *Raphanus sativus*. **Buletin Academic Palonaise Science**, Warsaw, v.21, n.2, p.309-314, 1973.

SOUSA-SILVA, J. C.; SALGADO, M. A. de S.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial de *Cabranea canjerana* Saldanha em diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.4, p.80-89, 1999.

SUN, O. I.; SWEET, G. B.; WHITEHEAD, D.; BUCHAN, G. D. Physiological responses to water stress and water logging in *Nothofagus* species. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, n.10, p. 629-638, Oct. 1995.

THOMAS, B.; VINCE-PRUE, D. **Photoperiodism in plants**. 2.ed. California: Academic Press, 1997. 428p.

THOMPSON, W. A.; KRIEDEMANN, P. E.; CRAIG, I. E. Photosynthetic response to light and nutrients in Sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. I. Growth leaf anatomy and nutrient. **Australian Journal Plant Physiology**, East Melbourne, v.19, p. 1-18, 1992.

WALTERS, M. B.; KRUGER, E. L.; REICH, P. B. Growth, biomass distribution and CO_2 exchange of northern hardwood seedlings in light and low light: relationships with successional status and shade tolerance. **Oecologia**, Berlin, v.94, p.7-16, 1993

WARDLAN, I. F. Assimilate movement in *Lolium* and *Sorghum* leaves; I. Irradiance effects on photosynthesis, export and the distribution of assimilates. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 3, n. 2, p. 377-387, 1980.

WARDLAN, I. F. The control of carbon partitioning in plants. **New phytologist**, Cambridge, v.116, n.3, p.341-381, Nov. 1990.

WILKINSON, J. F.; BEARD, J. B. Anatomical responses of 'Merion' Kentucky bluegrass and 'Pennalawn' red fescue at reduced light intensities. **Crop Science**, Madison, v.15, n.1, p.189-194, 1975.

WILKINS, M. B. **Advanced plant physiology**. London: Pitman Press, 1985. 514p.

ZIEGENHAGEN, B.; KAUSCH, W. Productivity of young shade oaks (*Quercus robur* L.) as corresponding to shoot morphology and leaf anatomy. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.72, p.97-108, 1995.

CAPÍTULO 5

CRESCIMENTO, ANATOMIA FOLIAR E CARACTERÍSTICAS FOTOSSINTÉTICAS DE PLANTAS JOVENS DE *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) SUBMETIDAS A DIFERENTES FOTOPERÍODOS

RESUMO

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas em plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel (Guaco) submetidas a diferentes fotoperíodos.** 2001. 221p. Tese Doutorado em fitotecnia – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Mikania glomerata Sprengel. é uma importante espécie medicinal, popularmente conhecida como guaco, coração de Jesus, guaco liso, guaco cheiroso, cipó-caatinga e erva de cobra para qual foram estudados os fotoperíodos de 8, 12, 16 e 20 horas. Após 90 dias de tratamento, determinaram o peso de matéria seca total, particionada (entre folhas, ramos e raízes), a área foliar, a razão de área foliar, razão de peso foliar, e a área foliar específica. O crescimento das plantas variou em função do fotoperíodo, houve um acréscimo na matéria seca total e particionada até 16 horas de fotoperíodo; seguido de uma queda quando o fotoperíodo foi aumentado de 16 para 20 horas. A área foliar e o número de folhas, altura e diâmetro do ramo foram crescendo até o fotoperíodo de 20 horas. Houve redução da área foliar específica e da razão de área foliar com o aumento do fotoperíodo. Quanto à razão de peso foliar, houve também um decréscimo quando o fotoperíodo aumentou de 8 para 16 horas; em contrapartida, quando o fotoperíodo aumentou de 16 para 20 horas, houve uma tendência de aumento. Em relação à eficiência fotoquímica do FSII nas plantas cultivadas nos diferentes fotoperíodos, estas não apresentaram danos fotoinibitórios e foram observados teores de clorofila mais elevados na região superior e mediana do ramo em fotoperíodos de 16 e 20 horas. Foi verificado efeito dos tratamentos no espessamento dos tecidos foliares.

ABSTRACT

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Influence of photoperiod upon the development of young plants of *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) submitted different photoperiods 2002.** 221p. Thesis(Doctor Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Mikania glomerata Sprengel, an important medicinal species, popularly known as guaco, coração de Jesus, guaco liso, guaco cheiroso, cipó caatinga and erva de cobra was investigated. The photoperiods of 8, 12, 16 and 20 hours were studied. After 90 days' treatment; total dry matter weight, partitioned (among leaves, branches and roots), leaf area, leaf area ratio, leaf weight ratio and specific leaf area were determined. The plants growth changed with photoperiod there was an increase in the total and partitioned dry matter up to 16 hours followed by a fall when photoperiod was increased from 16 to 20 hours. Leaf area and number of leaves, height and diameter of branch have been growing till the 20-hours photoperiod. There was a reduction of the specific leaf area and leaf area ratio with the increase of photoperiod. Concerning leaf weight ratio, there was also a decrease when photoperiod was from 8 to 16 hours, however, when photoperiod was from 16 to 20 hours, there was a trend toward increase. As regards the photochemical efficiency of FSII in the plants grown in the different photoperiods, they did not show any photoinhibitory damage, chlorophyll contents in 8-and 12 hour photoperiods in the upper and median regions of the branches were found. The treatments effect on the thickening of leaf tissue was observed.

1 INTRODUÇÃO

Mikania glomerata Sprengel. é uma espécie medicinal, popularmente conhecida como guaco, coração de Jesus, guaco-liso, guaco cheiroso, cipó-caatinga e erva de cobra, e pertence à família Asteraceae, tribo Eupatorieae e sub-tribo Mikaninae. O gênero *Mikania* é composto de aproximadamente 450 espécies, distribuídas em regiões tropicais da América, África e Ásia. Destas, cerca de 150 são encontradas no Brasil (Pereira, 1997).

Em alguns estudos com espécies de uso medicinal têm sido evidenciada plasticidade fisiológica e anatômica em função das condições ambientais de cultivo (Clark & Menary, 1980; Letchano & Gosselin, 1996). A luz, um dos principais fatores do ambiente físico, age de forma isolada ou conjuntamente no controle do desenvolvimento das plantas, interferindo no crescimento através do processo fotossintético e na diferenciação durante a morfogênese. Sua ação pode ser vista em termos quantitativo (intensidade luminosa ou densidade de fluxo de fótons), qualitativos (espectro da radiação eletromagnética azul e vermelha) e quanto à duração (fotoperíodo).

O fotoperíodo atua controlando alguns processos do crescimento e do desenvolvimento, como a ontogênese dos cloroplastos, a germinação de sementes em algumas espécies, a abscisão foliar, o florescimento, a formação de órgãos subterrâneos de reserva e a síntese de alguns grupos de metabólitos secundários. Os pigmentos responsáveis pela regulação destes processos são conhecidos como fotoreceptores, dentre eles destacando-se as clorofilas e as duas formas de fitocromo. Embora ocorram vários tipos de clorofila no reino vegetal, são as clorofilas a e b são as de maior importância para os vegetais superiores (Kramer & Koslowski, 1979).

O efeito da duração diária da luz sobre o crescimento e o desenvolvimento de plantas tem sido objeto de estudos exaustivos nas últimas

décadas (Alvarenga & Valio, 1989). Devido ao comprimento do dia variar consideravelmente dos trópicos para as regiões de altas latitudes, o fotoperíodo vem mostrando um efeito adaptativo significativo sobre o hábito, conformação vegetativa e distribuição das plantas no globo terrestre (Garner & Allard, 1920; Zimmermann & Brow, 1971). No contexto do fotoperiodismo, o período escuro exerce um papel chave no controle dos processos do desenvolvimento (Thomas & Vince-Prue, 1975).

A resposta do crescimento de várias plantas à duração da luz é variável. Em *Gomphrena macrocephala* (Amaranthaceae), uma espécie nativa do cerrado brasileiro com propriedades medicinais e potencial ornamental, verificou-se que as condições de fotoperíodos interferiram no crescimento, no comportamento fenológico e no acúmulo de frutanos. Dias curtos (8 horas) proporcionaram menor crescimento vegetativo, enquanto dias longos (12 e 16 horas) proporcionaram maior desenvolvimento da parte aérea, resultando em menor conteúdo de frutanos (Moreira et al., 1999).

Em plantas de batata, Wolf et al., (1990) verificaram que dias longos promoveram crescimento em termos de tamanho, número de folhas e produção de matéria seca total. Por outro lado, observou-se interferência no particionamento de matéria seca entre diversos órgãos das plantas. Alteração de 12 para 16 horas no fotoperíodo, não afetou o peso da matéria seca total tampouco o número de internódios em plantas de batata. Todavia, observou-se um efeito marcante no particionamento de biomassa e na relação parte aérea/ raiz (Engels et al., 1995).

Em plantas de confrei (*Symphytum officinale* L.), a extensão do fotoperíodo de 8 para 20 horas, ocasionou um aumento tanto na produção de biomassa total como na matéria particionada, entre os diversos órgãos da planta, e aumento na área foliar até o fotoperíodo de 16 horas. As razões de área foliar e

área foliar específica apresentaram-se mais elevadas em fotoperíodos mais curtos (8 horas), enquanto a razão de peso foliar não foi alterada (Castro, 1999).

Em estudos com feijão jacatupé [*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.], Faria et al., (2000) encontraram maior acúmulo de biomassa seca em raízes tuberosas em fotoperíodos considerados curtos (9 e 12 horas), quando comparados com fotoperíodos considerados longos (15 e 18 horas).

A fluorescência da clorofila "a" é uma medida consideravelmente importante na avaliação do efeito de estresse, bem como na determinação da capacidade de aclimação das espécies em diferentes gradientes de radiação. Um declínio na razão FV/Fm é um bom indicador do dano fotoinibitório quando plantas são submetidas a uma ampla extensão de estresses ambientais (Ögren & Öquist, 1985).

Entre uma gama de fatores de natureza externa, a luz constitui papel estratégico no metabolismo e no controle dos níveis de clorofilas (Whatley & Whatley, 1982). Entre os fatores internos, ocorrem variabilidade entre espécies, o meio e a idade das folhas (Kramer & Koslowski, 1979; Nogueira & Silva, 2001)

Segundo Kramer & Koslowski (1979), a clorofila está sendo constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) em presença de luz. Sob intensidades luminosas elevadas ocorre uma decomposição líquida e o equilíbrio é estabelecido a uma concentração mais baixa. Portanto, folhas sob condições de sombra possuem maiores concentrações de clorofilas.

Boardman (1977) cita que folhas cultivadas sob baixas intensidades de luz apresentam mais clorofila por unidade de peso ou unidade de volume de folha, porém, o teor de clorofila por unidade de área é freqüentemente mais baixo em comparação ao das folhas expostas a radiações mais intensas. Desta maneira, aumentos no tamanho dos cloroplastos e na quantidade de clorofilas

por unidade de cloroplastos em plantas de sombra são mais do que compensados pelo decréscimo do número de cloroplastos por unidade de área foliar.

Em estudos realizados com jacatupé (*Pachyrrhizus. Tuberosus* Lam. Spreng.), Alvarenga (1987) verificou que o fotoperíodo afeta os níveis de clorofila a, b e total dos folíolos laterais da quinta folha trifoliada sem, contudo, alterar a relação a:b. O autor observou, ainda, que as reduções observadas nos teores de clorofila não alteram o ganho de matéria seca das plantas, apesar de terem aumentado o número de folhas e suas respectivas áreas.

Diante da significativa carência de informações acerca do comportamento desta espécie no que se refere a fatores do ambiente físico, em particular ao fotoperíodo, procurou-se neste trabalho, estudar aspectos relativos a características fotossintéticas, crescimento e anatomia foliar de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) sob diferentes condições fotoperiódicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Considerações gerais e condução de cultivo

O presente trabalho foi realizado de março de 2001 a agosto de 2001, sob condições de casa de vegetação, no Horto de Plantas Medicinais do Departamento de Agricultura, e em sala de crescimento do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, cidade situada na região Sul do Estado de Minas Gerais, a 918 m de altitude, latitude de 21° 14' e longitude de 45° 00' Gr.

O estudo constou de duas fases, sendo a primeira realizada no Horto de Plantas Medicinais/ UFLA, em que foi realizada a formação das mudas de guaco a partir de estacas de 15 cm de comprimento, retiradas do terço médio dos ramos. As estacas contendo dois pares de folhas foram colocadas em bandejas de poliestireno expandido (isopor). O substrato utilizado foi o PLANTMAX. A propagação das mudas ocorreu em casa de vegetação com umidade relativa de 75 % e temperatura de 26 + ou - 2° C, durante 60 dias.

Após este período as estacas, foram colocadas em sacos plásticos perfurados de 25 x 20 cm, com capacidade para 4 Kg. O substrato foi constituído por uma mistura de vermiculita, esterco bovino curtido e terra de subsolo, na proporção 20:30:50. A vermiculita utilizada foi a de granulometria fina, com densidade aparente de 125 Kg/ m³. Os resultados das análises químicas do substrato encontram-se em Anexo 5, Tabela 5A.

Plantas com 60 dias de idade foram transferidas para câmaras de crescimento do setor de Fisiologia Vegetal/ UFLA e submetidas aos seguintes tratamentos fotoperiódicos: 8, 12, 16, e 20 horas. Em cada tratamento fotoperiódico foram utilizadas 16 plantas. Essas câmaras são móveis e dotadas de uma mesa ajustável, com iluminação artificial fornecida por 75% de

lâmpadas fluorescentes (marca G-E, 40W) e 25% de lâmpadas do tipo Gro-Lux (Marca Sylvânia), emitindo uma radiação por volta de 225 μmol de quanta/ m^2 /seg. A radiação foi determinada por meio de um porômetro (STEADY STATE Porometer LICOR 1600 M). Em cada câmara, foi adaptada uma cortina de tecido tipo "Black Out", sendo cada carrinho dotado de um sistema temporizador, com acionamento e desligamento automático. Essas condições permitiram que se trabalhasse independentemente com os quatro fotoperíodos numa mesma sala de crescimento. A temperatura ambiente foi controlada por meio de um aparelho de ar condicionado, registrando temperatura média de 25 °C mais ou menos 3 °C e umidade relativa do ar de 15%, monitorada através de um psicrômetro.

Em razão do hábito trepador desta espécie, as plantas foram tutoradas, por meio de estacas de bambú, permanecendo em condições de câmara por um período de 90 dias. Durante esse período de condução, foi realizada irrigação dos recipientes, fazendo com que o substrato mantivesse sua umidade próximo à capacidade de campo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos representados por quatro fotoperíodos (8,12,16 e 20 horas), com 8 repetições e uma muda por repetição, num total de 32 parcelas. Após 90 dias do início do experimento, foram analisadas as seguintes características relacionadas ao crescimento: altura do ramo principal, diâmetro do ramo principal, biomassa seca total e particionada (folhas, ramos e raízes), área foliar, área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF). As medidas de alturas foram realizadas com o auxílio de uma régua, e o diâmetro do ramo, através de paquímetro com precisão de 0,01mm. A área foliar total da planta foi medida através de Medidor de Área Foliar- LICOR, Mod. LI-3100.

Após a separação da planta em folhas, ramos e raízes, as partes foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas para secar em estufa. As raízes foram lavadas em água corrente para retirar o substrato aderido, colocadas em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 70° C até peso constante. As folhas e ramos foram colocados em estufa a 40°C até atingirem peso constante. A pesagem foi feita em balança analítica digital com precisão de quatro dígitos.

A razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE) foram determinadas a partir dos valores de área foliar (A), expressos em dm², do peso de matéria seca da planta (P) e do peso de matéria seca das folhas (Pt), ambos expressos em g, empregando-se as seguintes equações, de acordo com Benicasa (1988):

$$RAF=A/P \quad RPF=Pt/P \quad AFE=A/Pt$$

A eficiência fotoquímica do FSII foi avaliada por meio de um fluorômetro portátil (Plant Efficiency Analyser- PEA da HANSATEC INSTRUMENTS Ltd.)

A eficiência fotoquímica do FSII (Razão Fv/Fm, sendo Fv = Fm - F₀, onde Fm = Fluorescência máxima, Fv = Fluorescência variável e F₀= Fluorescência mínima), foi determinada após as folhas serem pré-condicionadas no escuro por 30 minutos, pela medição da fluorescência rápida "In Vivo".

As características do comportamento estomático e eficiência fotoquímica do FSII foram avaliadas em quatro plantas por tratamento, utilizando-se uma folha por planta.

Para quantificar as clorofilas a, b e total, utilizou-se a metodologia proposta por Arnon (1949), após a obtenção dos dados de absorbância com base nas leituras espectrofotométricas a 663 e 645 nm, respectivamente para clorofilas a e b.

Para a determinação dos teores de clorofila foram tomadas, ao acaso, 5 plantas por tratamento; de cada planta selecionaram-se 9 folhas completamente expandidas, localizadas na região superior, mediana e basal da planta. De cada planta e de cada região do ramo, foram retirados 3 discos de 0,5 cm de diâmetro (ápice, meio e base da folha), que foram envolvidas em papel alumínio e identificados. Em seguida, procederam-se a quantificação e os cálculos de mg de clorofila por grama de matéria fresca do tecido foliar, a partir das equações descritas a seguir:

$$\text{Clorofila a} = (12,7 \times A663 - 2,69 \times A645) \times V/1000W$$

$$\text{Clorofila b} = (22,9 \times A645 - 4,68 \times A663) \times V/1000W$$

$$\text{Clorofila total} = (20,2 \times A645 + 8,02 \times A663) \times V/1000W$$

Sendo:

A= absorvância dos extratos no comprimento de onda determinado

V= volume final do extrato clorofila acetona

W= matéria fresca em gramas do material vegetal utilizado

A determinação da densidade estomática foi realizada através de secções parodérmicas da epiderme na face abaxial. A contagem de estômatos foi realizada com o auxílio de câmara clara, em microscópio Olympus CBB, segundo Labouriau, et.al., (1961), em 12 campos da região mediana de cada folha, nas três posições da planta, num total de 36 campos por folha. Foram analisadas 10 folhas escolhidas ao acaso nas três posições da planta, sendo contadom total de 360 campos por fotoperíodo testado.

A determinações da espessura foliar foram efetuadas através de secções transversais de laminas semipermanentes, com o auxílio de ocular micrométrica, em 5 plantas e de 20 medições em locais distintos de cada posição da planta, das espessuras das epidermes superior e inferior, dos parênquimas paliçádico esponjoso. Portanto, a amostra foi constituída de 60 medições para cada fotoperíodo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Peso de matéria seca total e particionada

Verifica-se, pelos dados obtidos, que o padrão de desenvolvimento das plantas variou em função do fotoperíodo tanto no acúmulo de matéria seca total quanto particionada entre folhas, ramos e raízes.

Para a matéria seca total, os desvios da regressão quadrática foram significativos ao nível de 5% de probabilidade (Anexo 5, Tabela 5B). Por este critério, a equação de regressão quadrática não seria a mais apropriada para explicar o comportamento dos dados. Porém, o coeficiente de determinação, R^2 , foi superior a 97%, indicando que o modelo adotado explica aproximadamente 98% da variação total (Figura 1, A). Da mesma forma como para matéria seca total, na matéria seca das raízes, o efeito dos desvios da equação de regressão quadrática foram significativos (Anexo 5, Tabela 5B). Porém, o coeficiente de determinação R^2 foi superior a 89%, indicando que o modelo adequado explica aproximadamente 90% da variação total (Figura 1, B). O coeficiente de regressão linear para biomassa seca do caule e da folha foi significativo (Anexo 5, Tabela 5B). A estimativa deste parâmetro para caule foi de 0,489 e 0,776 para folha. Estes valores indicam que para uma variação de uma hora no fotoperíodo, tem-se respectivamente, incrementos médios de 0,489 g e 0,776 g de biomassa seca para caule e folha (Figura 1, C e D).

Comparando a variação de biomassa seca entre os fotoperíodos estudados, verifica-se que os maiores acúmulos de biomassa ocorreram em raízes, ramos e folhas, no fotoperíodo de 16 horas. Estes resultados são coincidentes com os obtidos em outras espécies medicinais como *Symphytum officinale* L. (Castro, 1999) e *Gomphrena macrocephala* St.-Hill (Moreira & Zaidan, 1999).

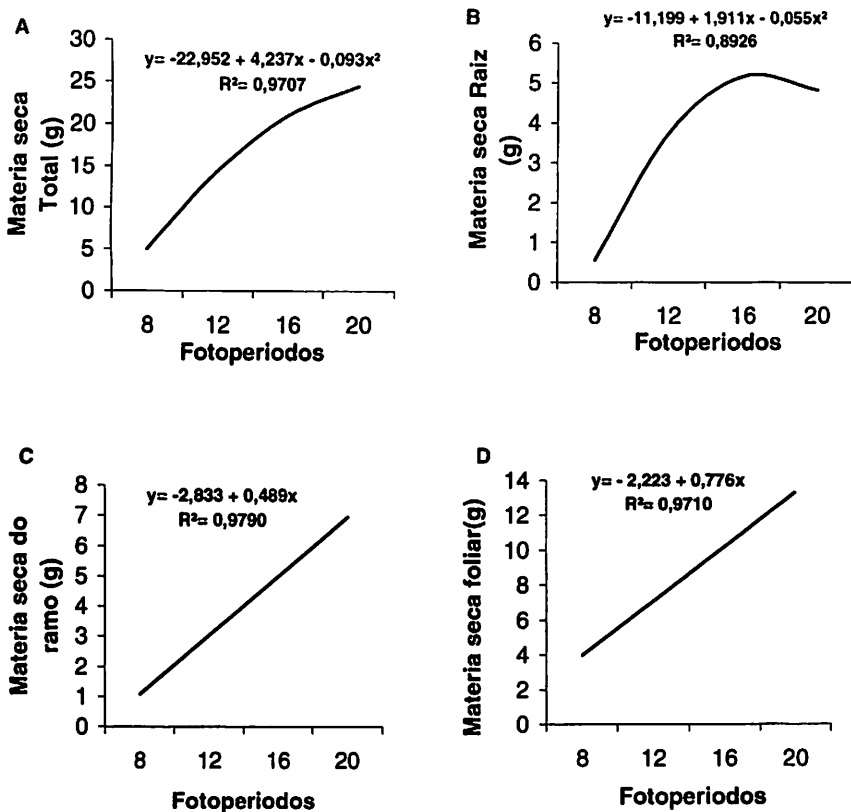


FIGURA 1 – Matéria seca total (A), materia seca das raízes (B), do ramo (C) e das folhas (D) de plantas de *Mikania glomerata* Spreng. submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

De acordo com Clemente Filha (1996), a duração do período luminoso desempenha um papel importante no crescimento das plantas, possibilitando a elas maior atividade fotossintética e, conseqüentemente, maior disponibilização e alocação de compostos para o crescimento dos seus diversos órgãos. Aumento na produção de biomassa seca é freqüentemente encontrado em plantas crescidas sob dias longos, mesmo que o tratamento de luz suplementar forneça pouca

energia fotossinteticamente ativa. Isso deve ocorrer em função do aumento na área foliar e da produção fotossintética (Vince-Prue,1975). Resultados deste gênero foram evidenciados no presente estudo e alguma semelhança foi confirmada em outras espécies (Rancancio et al., 1996; Hay,1990; Kitaya et al., 1998). Contudo, para outras espécies como, *Oryzopsis milacea* (Kigell & Koller, 1970) e *Solanum tuberosum* L. (Engels et al., 1995), observou-se que o acúmulo de biomassa seca não foi afetado pelo fotoperíodo, o que evidencia que este tipo de resposta das plantas em relação à duração de luz não segue o mesmo padrão de crescimento e/ou desenvolvimento. Observa-se (Figura 2A) que a distribuição de biomassa seca para os diferentes órgãos das plantas de guaco também variou com os diferentes fotoperíodos. A porcentagem de biomassa direcionada para as raízes aumentou até o limite de 16 horas de luz a partir do qual observou-se uma queda. O direcionamento para o caule foi maior em 20 horas, enquanto as folhas concentraram mais biomassa no fotoperíodo de 8 horas. Este valor sugere que, como a duração do período luminoso é menor a planta necessitando fotossintetizar, investiu mais em matéria seca para produção de folha em comparação aos demais fotoperíodos. Entretanto, os resultados demonstram que as plantas de guaco sob todos os fotoperíodos estudados alocam a maior parte de sua produção de biomassa para as folhas.

Quanto à relação raiz/parte aérea, com base na matéria seca (Anexo 5, Tabela 5C), verifica-se que o coeficiente de regressão quadrática foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. O ajuste do modelo aos dados pode ser constatado tanto pela insignificância dos desvios de regressão como pelo alto R^2 obtido (98,81%). Observa-se (Figura 2, B) que houve um acréscimo na relação raiz/parte aérea até 16 horas de fotoperíodo, a partir do qual houve queda nesta relação.

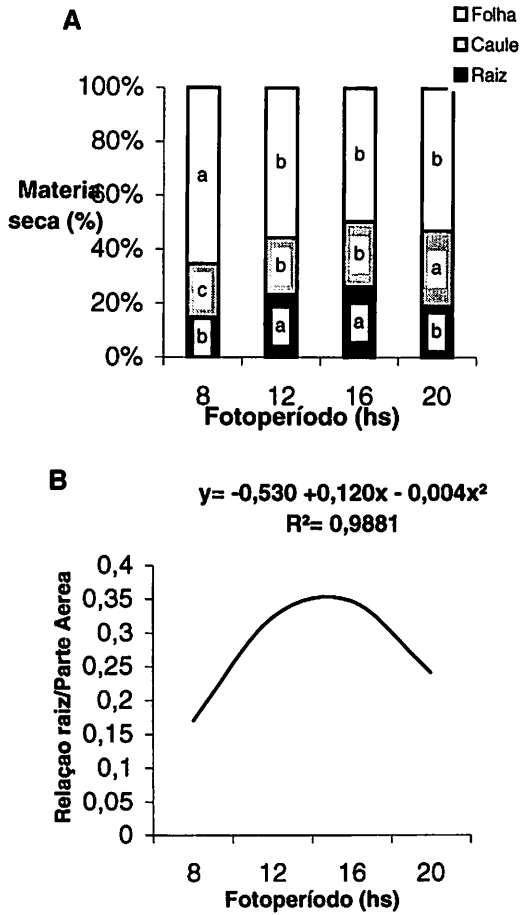


FIGURA 2 - Porcentagem de matéria seca alocada pela planta de guaco para a formação e crescimento de folha, ramo e raiz (A), e matéria seca da relação raiz/parte aérea (B) em função de diferentes fotoperíodos. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Estes resultados demonstram de forma inequívoca a influência marcante do fotoperíodo sobre o desenvolvimento geral das plantas de guaco (Figura 3).

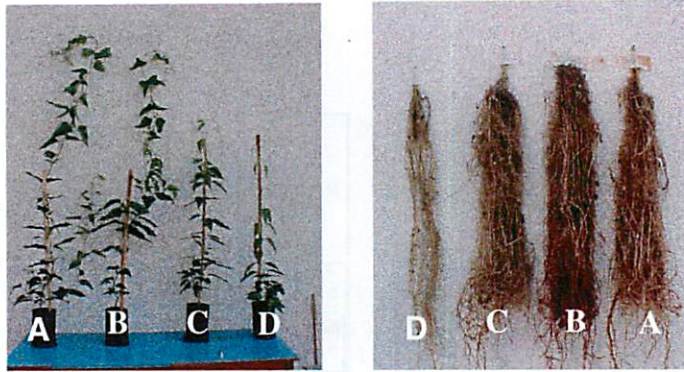


FIGURA 3 - Aspecto geral de plantas e raízes de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. A- 20 horas, B- 16 horas, C- 12 horas e D- 8 horas, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.2 Área foliar e número de folhas

Com relação à área foliar e ao número de folhas, verifica-se um notável efeito da duração do período luminoso (Figura 4, A e B). De acordo com os dados apresentados no Anexo 5, Tabela 5D, e com base na insignificância dos desvios da regressão, o modelo linear foi o que mais se ajustou à característica área/superfície foliar. A estimativa deste parâmetro foi de 1,662 dm² de área foliar (Figura 4, A). A área foliar é considerada uma característica referencial associada ao processo de capacitação de energia responsável pela produção de matéria orgânica e, conseqüentemente, pelo crescimento basal da planta.

Os resultados presentes confirmam esta idéia e encontram suportes em resultados semelhantes obtidos com outras espécies, como trevo branco (Junthila et. al.,1999), confrei (Castro, 1999) e feijão Jacatupé (Alvarenga, 1987) cujos autores mostram relações diretas entre o aumento no comprimento do dia e aumento da área foliar. Em confrei, Castro (1999) mostrou uma resposta linear até o fotoperíodo de 16 horas. A extensão do fotoperíodo de 8 para 12 horas e de 12 para 16 horas proporcionou, respectivamente, aumentos de cerca de 21,15%

e 12,26% na área foliar; enquanto houve uma queda de 23,24% em fotoperíodo superior a 16 horas. Independente da classe fotoperiódica da planta, em geral a área foliar tende a ser maior sob dias mais longo em relação a dias curtos (Alvarenga, 1987).

À semelhança do verificado com a área foliar, o aumento linear do fotoperíodo de 8 para 20 horas promoveu um incremento no número de folhas das plantas de guaco (Figura 4, B). Segundo Benincasa (1988), a área foliar total de uma planta é resultado da ação conjunta de dois componentes, representados pelo tamanho e pelo número de folhas.

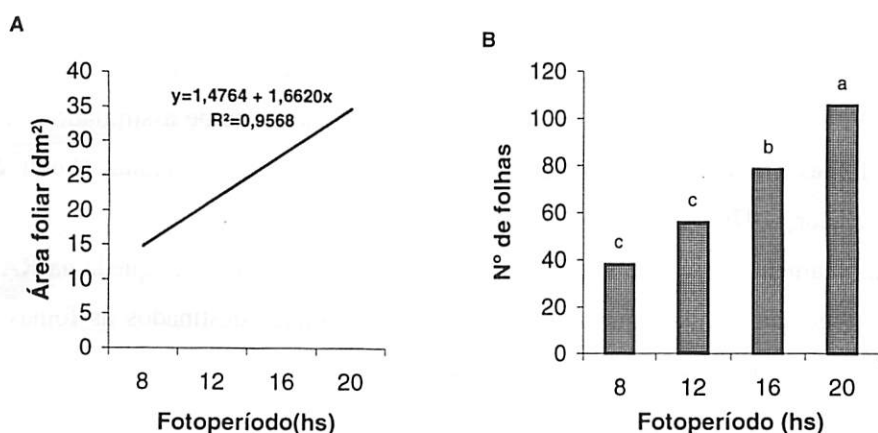


FIGURA 4 - Áreas foliares (A) e número de folhas (B), de plantas de guaco em função dos diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.3 Razão de área foliar, razão de peso foliar e área foliar específica.

Outros índices fisiológicos do crescimento, como razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE), apresentaram respostas diferenciais ao fotoperíodo em relação a outras características de crescimento analisadas anteriormente. Considerando a equação de regressão para RAF, constatou-se efeito significativo tanto para o coeficiente de regressão linear como para o coeficiente de regressão quadrática (Anexo 5, tabela 5E).

A equação de regressão para esta característica está apresentada na Figura 5A e mostra que há uma redução da RAF em função do fotoperíodo, embora a partir de 16 horas de luz se observa uma leve tendência de aumento da RAF. Esta característica permite detectar o particionamento de assimilados para as folhas em relação à biomassa seca total produzida pela planta (Scott & Batchelor, 1979). A RAF pode decrescer em função do aumento no auto-sombreamento, havendo uma diminuição da área foliar útil. Esta queda na RAF é ontogênica e indica que a quantidade de assimilados destinados às folhas é progressivamente diminuída (Scott & Batchelor, 1979).

Da mesma maneira como para RAF, observou-se efeito significativo do fotoperíodo para RPF, como pode ser constatado pelos coeficientes de regressão linear e quadrática (Anexo 5, tabela 5E). De acordo com a análise de regressão, o comportamento da RPF foi similar ao do RAF, ou seja, houve inicialmente um decréscimo nesta característica quando o fotoperíodo aumentou de 8 para 16 horas. Em contrapartida, a alteração do fotoperíodo de 16 para 20 horas conduziu a uma tendência de aumento (Figura 5, B).

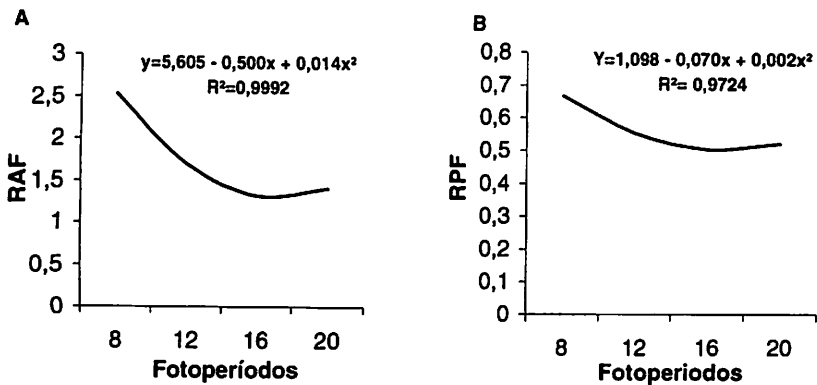


FIGURA 5 - Razão de área foliar (RAF). (A) e razão de peso foliar (RPF). (B) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Para a regressão de AFE, da mesma forma como para RAF e RPF, foram observados efeitos significativos para coeficientes de regressão linear e quadrática (Anexo 5, Tabela 5E).

Observa-se, pela Figura 6, que houve redução da AFE com o aumento do fotoperíodo. Resultados semelhantes foram obtidos por vários autores, como Lorenzen & Ewing (1990), Midmore & Prange (1992) e Castro (1999), em confrei. De acordo com Benicasa (1988), a área foliar específica (AFE) é a relação entre a área foliar e a biomassa seca das folhas e nos fornece um indicativo da espessura da lâmina foliar. Analizando comparativamente os resultados de área foliar e biomassa foliar com os de RAF, RPF (Figuras 5, A e B) e AFE (Figura 6), observa-se uma lógica conceitual de respostas ao fotoperíodos testados.

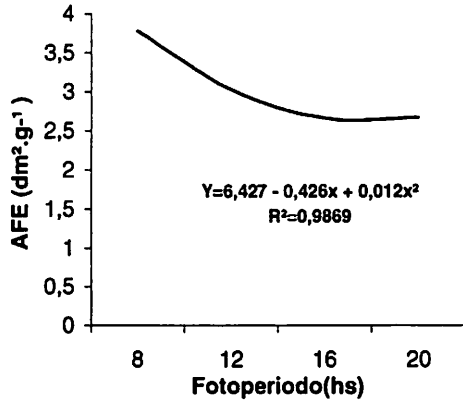


FIGURA 6 - Área foliar específica (AFE) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A redução da AFE nas plantas de guaco em fotoperíodos crescentes foi acompanhada de folhas mais espessas submetidas, sobretudo, a fotoperíodos de 16 e 20 horas, em relação às submetidas a fotoperíodos de 8 e 12 horas (Tabela 1). Esses resultados decorreram de um incremento acentuado na biomassa seca das folhas. Normalmente, ocorre decréscimo da AFE durante a fase de crescimento vegetativo, pois as folhas não se expandem nas mesmas taxas da progressão do crescimento (Scott & Batchelor, 1979). Maiores AFE de plantas de guaco encontradas sob fotoperíodos de 8 horas estão associadas a modificações no componente anatômico, representado pelo peso de matéria seca da folha, o que foi acompanhado por alterações em número e espessura das camadas epidérmicas e das células do mesofilo (Tabela 1).

TABELA 1- Influência do fotoperíodo na espessura (μm) das estruturas anatômicas de folhas de guaco (médias de sessenta repetições). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Fotoperíodos	Epiderme		Parênquima		Espessura. Total do Limbo
	Abaxial	Adaxial	Paliçádico	Esponjoso	
8 horas	16,969 d	18,587 d	54,562 c	219,245 c	309,365 c
12 horas	18,708 c	36,039 c	70,409 b	245,428 b	370,585 b
16 horas	22,278 b	45,361 b	74,752 a	266,012 a	408,404 a
20 horas	24,882 a	47,559 a	72,031 b	261,238 a	405,711 a

As medias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3.4 Altura do ramo

As plantas de guaco apresentaram maior porte quando cultivadas sob fotoperíodos mais longos. O coeficiente de regressão linear para esta característica foi significativo (Anexo 5, tabela 5F). Nota-se (Figura 7, A) que a cada hora acrescida no fotoperíodo houve um aumento de 11,909 cm na altura das plantas. Este alongamento caulinar depende de dois componentes (número e comprimento de entrenós formados), os quais, em plantas de guaco, também foram influenciados pelo comprimento do dia. As diferenças observadas no comprimento dos entrenós das plantas sob fotoperíodos crescentes até um limite de 16 horas (Figura 7, B) estão em consonância com o efeito favorável deste fator do ambiente no aumento da capacidade fotossintética das plantas e numa maior alocação de biomassa para caule e ramos, o que levaria a um aumento na característica altura. Segundo Thomas Vince-Prue (1975), a partir do momento

em que o meristema sub-apical é sensibilizado, desencadeia-se um aumento marcante na divisão celular que precede ou acompanha o alongamento celular.

Os resultados apresentados na Figura 7 B mostram, de forma inequívoca, que os entrenós aumentam em alongamento com o fotoperíodo, proporcionando maior altura do ramo (Figura 7A). Este maior crescimento em altura do ramo é o resultado de uma estreita relação observada com o acúmulo de biomassa (Figura 1C). Entretanto, não foram observados sinais visíveis do estiolamento nas plantas de guaco submetidas a fotoperíodos de 16 e 20 horas, o que pode determinar a produção de plantas de guaco sob condições de fotoperíodos de 16 e 20 horas.

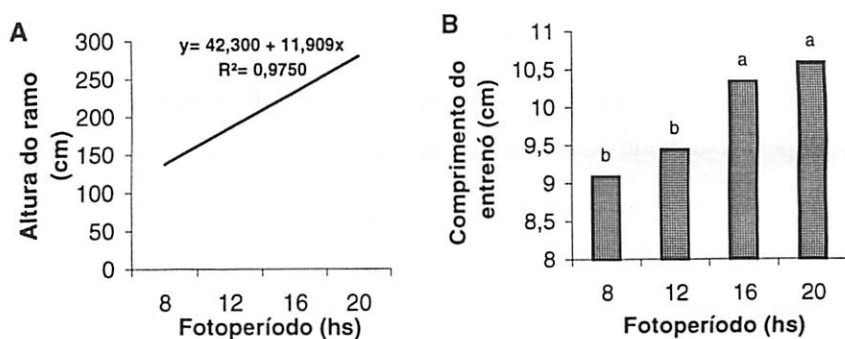


FIGURA 7 - Altura do ramo (A) e comprimento de entrenós (B) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.5 Diâmetro do ramo

As plantas de guaco também apresentaram maiores diâmetros do ramo quando cultivadas sob fotoperíodos mais longos, sendo o coeficiente de regressão linear significativo para esta característica (Anexo 5, Tabela 5G). Observa-se, pela Figura 8, que para o acréscimo de uma hora no fotoperíodo,

houve um incremento de 0,063 mm no diâmetro. O crescimento em diâmetro é uma resposta da atividade cambial, a qual, por sua vez, é estimulada por fotoassimilados e hormônios translocados das regiões apicais (Koslowski, 1962). Portanto, o crescimento em diâmetro torna-se um bom indicador de assimilação líquida, porquanto depende mais diretamente da fotossíntese corrente, a qual é favorecida por fotoperíodos mais longos.

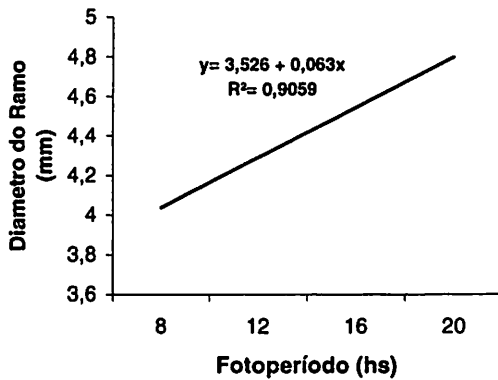


FIGURA 8 - Diâmetro do ramo de plantas de guaco em função de diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.6 Fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e Eficiência fotoquímica do fotossistema II

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que as plantas de guaco não apresentaram diferenças significativas nas taxas de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e fluorescência da clorofila, fato que nos leva a acreditar que o aumento do fotoperíodo não causou danos no aparelho fotossintético de guaco. Essa possibilidade é sustentada pelo fato de que mesmo em fotoperíodos mais longos, como o de 16 horas, as plantas ainda conseguiram

responder positivamente ao acúmulo de biomassa nos seus diferentes órgãos (Figuras 3, 4 e 5).

TABELA 2 – Fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Fotoperíodo Horas	Fotossíntese líquida (Mmol/m ² .s)	Transpiração (mmol/m ² .s)	Condutância estomática (mol/m ² .s)
8	2,105 a	2,617 a	0,420 a
12	2,175 a	1,870 a	0,240 a
16	2,202 a	2,132 a	0,240 a
20	2,800 a	1,480 a	0,190 a

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3 – Eficiência fotoquímica do FSII (Fv/Fm) de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Fotoperíodo (Horas)	Emissão de fluorescência
	Relação Fv/Fm
8	0,820 a
12	0,818 a
16	0,821 a
20	0,809 a

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3.7 Quantificação de Clorofila

Os resultados relativos à quantificação das clorofilas por unidade de peso de matéria fresca em três posições do ramo são apresentados na Tabela 4. Observa-se, na região superior do ramo, que à medida que ocorre redução na duração diária de luz, há aumentos consideráveis nas concentrações de clorofilas a, b e total. Na região mediana, os dados observados tiveram a mesma tendência que os verificados na região superior. Os resultados obtidos no presente estudo assemelham-se aos citados na literatura (Herath & Ormrod, 1979; Castro, 1999 e Faria et. al, 2000). Esses resultados sugerem que sob fotoperíodos mais curtos, as folhas conseguem manter os seus teores clorofilianos, provavelmente por estarem expostas a menor período de luz, ou períodos curtos de luz reduzindo com isto a ocorrência de processos foto-oxidativos. Na região basal, o fato de as folhas superiores terem exercido um sombreamento nas folhas basais ou inferiores fez com que estas tivessem os níveis de clorofilas a, b e total aumentados em todos os fotoperíodos testados. Esses resultados demonstra, de forma inequívoca, que o auto-sombreamento interfere na biossíntese de pigmentos clorofilianos, independentemente da duração do período luminoso. Este resultado encontra suporte no fato de os fotoperíodos mais longos terem contribuído para o aumento da área foliar (Figura 4, A).

TABELA 4 - Teores de clorofila a, b e total (mg/g de matéria fresca) e relação clorofila a/b em mudas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos, nas três posições do ramo, após 90 dias. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Região superior	clorofila a	Clorofila b	razão a/b	Clorofila total
8 horas	1,282 a	0,678 a	1,904 b	1,960 a
12 horas	1,321 a	0,578 a	2,288 a	1,899 a
16 horas	0,782 b	0,378 b	2,104 a	1,160 b
20 horas	0,614 b	0,357 b	1,818 b	0,970 b
Região mediana	clorofila a	Clorofila b	razão a/b	Clorofila total
8 horas	1,696 b	0,897 a	1,905 b	2,593 a
12 horas	1,919 a	0,810 a	2,369 a	2,728 a
16 horas	1,577 b	0,685 a	2,322 a	2,262 b
20 horas	1,523 b	0,705 a	2,177 a	2,228 b
Região basal	Clorofila a	Clorofila b	razão a/b	Clorofila total
8 horas	1,324 b	0,695 b	1,904 a	2,018 b
12 horas	1,873 a	0,954 a	2,018 a	2,826 a
16 horas	1,876 a	1,141 a	1,640 a	3,020 a
20 horas	2,054 a	1,152 a	1,782 a	3,205 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Sob auto-sombreamento, há forte tendência de as plantas, sobretudo, aquelas adaptadas a estas condições, apresentarem baixas relações clorofilas a: b devido ao fato de receberem radiação mais difusa e rica em vermelho extremo (VE), o que levaria a um aumento relativo da clorofila b em relação à clorofila a (Whatley & Whatley, 1982).

4 CONCLUSÕES

O fotoperíodo influenciou positivamente as características associadas ao crescimento, anatomia foliar e fotossíntese, como: altura e diâmetro dos ramos, produção de biomassa total, área foliar, número de folhas e particionamento de biomassa para os diversos órgãos da planta.

Em relação a RAF, RPF e AFE, estes índices apresentam-se maiores sob fotoperíodos mais curtos.

A menor área foliar específica (AFE) observada sob fotoperíodos mais longos foi acompanhada por um aumento da espessura foliar.

O fotoperíodo promoveu efeitos na síntese de clorofilas das folhas posicionadas em diferentes regiões da planta.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, A.A. Estudo de alguns aspectos do desenvolvimento do feijão jacatupé (*Pachyrrhizus tuberosus* Lam. Spreng). 1987. 74 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ALVARENGA, A. A.; VALIO, F. M. Influence of temperature and photoperiod on flowering and tuberous root formation of *Pachyrrhizus tuberosus*. *Annals of Botany*, New York, v.64, n.1, p.411-414, oct. 1989.

ARNON, D. I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, Maryland, v.24, n.1, p.1-15, Jan/Mar. 1949.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. 41 p.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.28, p.355-377, 1977.

CASTRO, A. H. F. Aspectos fisiológicos fotoquímicos de plantas de confrei (*Symphytum officinale* L.). 1999. 125p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CLARK, R. J.; MENARY, R. C. Environmental effects on Peppermint (*Mentha piperia* L.) I. Effects of daylength, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. *Australian Journal of Plant Physiology*, Collingwood, v.7, n.6, p.685-692, 1980.

CLEMENTE FILHA, A. C. Aspectos fisiológicos e fitoquímico de *Bauhinia forticata* Link e *Plantago major* L. Lavras:UFLA, 1996. 67p. (Dissertação-Mestrado em Fisiologia Vegetal)

ENGELS, C.; SCHWENKEL, J.; ELBEDEWYIR, R.; SATTELMACHER, R. B. Effect of the developmental stage of potato seedlings on recovery after transplanting to the field and on tuber yield. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.1224, n.2, p.213-218, Apr.1995.

FARIA, L. L.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E. M.; SOBRINHO, J. C. S. Alguns aspectos morfofisiológicos do feijão jacatupé (*Pachyrrhizus tuberosus* Lam. Spreng). **Ciência e Agrotécologia**, Lavras, v.24, n.3, p.688-695, jul/set., 2000.

GARNER, W. W.; ALLARD, H. A. Effect of relative length of day and night and others factors of the environment on grown and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.18, n.11, p.553-606, Mar. 1920.

HAY, R. K. M. The influence of photoperiod on dry-matter production of grasses and cereals. **The New Phytologist**, London, v.116, p. 233-254, 1990.

HERARTH, H. M. W.; ORMROD, D. P. Effects of temperature and photoperiod on Whinged beans (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) **Annals of Botany**, New York, v.43, n. 6, p.107-114, jul/nov. 1979.

JUNTILLA, O.; SVENNING, M. M.; SOLHEIM, B. Effects of temperature and photoperiod on frost resistance of white clover (*Trifolium repens*) ecotyph. **Phisyologia Plantarum**, Copenhagem, v. 79, n.3, p. 435-438, Jul. 1990.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of wood plants**. New York : Academic Press, 1979. 811p.

KIGEL, J.; KOLLER, D. Analysis of the control of development in *Qryzopsis miliacea* by the light environment. **Journal of Experimental Botany**, Oxiford, v. 21, p. 3-16, 1970.

KITAYA, Y.; NIU, G.; KOZAI, T.; OHASHI, M. Photossynthetic photon flux, photoperiod, and CO₂ concentration affect growth and morphology of *Lettuce plug* transplants. **Hortscience**, Virginia, v.33, n.6, p. 988-991, Oct/Nov. 1998.

KOSLOWSKI, T. T. **Tree growth**. New York: The Ronald Press, 1962, 230 p.

LABOURIAU, L. G.; OLIVEIRA, J. G.; SALGADO- LABOURIAU, M. L. Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell) Toledo I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v.23, p. 237-257, 1961.

LETCHAND, W.; GOSSSELIN, A. transpiration essential oil gland, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. **Journal Horticultural science**, Ashford, v.71, n-1, p.123-134, 1996.

LORENZEN, J. H.; EWING, E. E. Changes in tuberization and assimilate partitioning in potato (*Solanum tuberosum*) during the first 18 days of photoperiod treatment. **Annals of Botany**, New York, v.66, n.4, p. 457-464, Oct. 1990.

MIDMORE, D. J.; PRANGE, R. K. Growth responses of two *Solanum* species to contrasting temperatures and irradiance levels: relations to photosynthesis, dark respiration and chlorophyll fluorescence. **Annals of Botany**, New York, v. 69, n.1, p.13-30, Jan. 1992.

MOREIRA, M. F.; VIERA, C. C. J.; ZAIDAN, L. B. P. Efeito do fotoperíodo no crescimento e no padrão de acúmulo de frutano em plantas aclimatizadas de *Geomphrena macrophela* St. Hil. (Amaranthaceae). **Revista Brasileira de Botânica**: São Paulo, v-22, n.3, p.1-13, set. 1999.

NOGUEIRA, R. J. M.; SILVA, J. F. Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em genótipos de gravioleira. **Revista Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.1-9. Jul/ Set. 2001.

OGREN, E.; OQUIST, G. Effect of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. **Planta**, Berlin v. 166, n.3, p.380-388, Nov.1985.

PEREIRA, A. M. S. **Propagação e co-cultivo de células como fatores predisponentes à produção de cumarina em *Mikania glomerata* Sprengel (guaco)**. 1997. 82p. Tese (Doutorado em Agricultura)-Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

RONCANCIO, V. J. F.; PERES, L. E. P.; ZAIDAN, B. P.; PEREIRA, M. F. A. Influência do fotoperíodo em interação com a temperatura no desenvolvimento de plantas de *Solidaster luteus*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília; v.8, n.2, p.131-138, ago.1996.

SCOTT, H. D.; BATCHELOR, J. T. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate Soybeans. **Agronomy journal**, Madison, 71:782, 1979.

THOMAS, B.; VINCE-PRUE, D. **Photoperiodism in plants**. 2 ed. California: Academic Press, 1997. 428p.

ZIMMERKMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Tress; structure and function**. 3.ed. New York: Springer- Verlag, 1971. 336p.

WHATLEY, F. H.; WHATLEY, F. R. **A Luz e a vida das plantas**. São Paulo:EPU-EDUSP,1982. 101 p. (Temas de Biologia, 30)

WOLF, S.; MARANI, A; RUDICH, J. Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. **Annals of Botany**, New York, v. 66, p. 513-520, 1990.

CAPÍTULO 6

INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO E DE NÍVEIS DE SOMBREAMENTO NO TEOR DE CUMARINA E ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DE *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO).

RESUMO

CASTRO, Evaristo Mauro de. *Influência do fotoperíodo e de níveis de sombreamento no teor de cumarina e óleos essenciais de plantas de Mikania glomerata Sprengel (guaco)*. 2001. 221p. (Tese – Doutorado em fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Mikania glomerata Sprengel.(Asteraceae) tem sua atividade farmacológica atribuída à presença de cumarina. Com o objetivo de avaliar os efeitos do fotoperíodo e de níveis de sombreamento no teor de cumarina e óleos essenciais em plantas de *Mikania glomerata*, dois experimentos foram realizados: um no viveiro e outro em sala de crescimento. Mudanças obtidas a partir de propagação por estacas com 60 dias de idade foram submetidas, por 100 dias, a quatro níveis de sombreamento (0% ou pleno sol, 30%, 50% e 70%); utilizaram-se também plantas a pleno sol adultas com 2 e 6 meses de idade. No outro experimento, as plantas foram submetidas a quatro condições fotoperiódicas diferentes: 8, 12, 16 e 20 horas, por 90 dias. Após a coleta e secagem das plantas, os teores de cumarina em folhas e caules foram avaliados através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e os óleos foram obtidos a partir de folhas frescas dos materiais vegetais por hidrodestilação, com auxílio do aparelho de Clevenger modificado. Os resultados obtidos revelaram que nas plantas jovens (100 dias de idade) cultivadas em pleno sol o teor de cumarina nas folhas foi duas vezes maior se comparado ao da planta adulta cultivada na mesma condição de radiação. A região superior da planta, tanto da folha quanto do caule, apresentou maior teor em todos os níveis de radiação. Quanto aos diferentes fotoperíodos estudados, foram observados maiores teores de cumarina em fotoperíodos de 16 horas. Em relação ao teor de óleo essencial, as plantas jovens cultivadas a pleno sol, 30% e 50% de sombreamento apresentaram os maiores teores,

respectivamente 0,105; 0,105; 0,131. Os diferentes fotoperíodos não influenciaram o teor de óleos essenciais. A caracterização por espectrometria de infravermelho nos níveis de sombreamento e fotoperíodos revelou não modifica estrutura química dos metabólitos presentes.

ABSTRACT

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Influence of photoperiod and leaves shading on the contents of coumarin and essential oil of plant of *Mikania glomerata* Sprengel.** (guaco). 2002. 221p. Thesis(Doctor Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Mikania glomerata Spreng (Asteraceae) has its pharmacological activity ascribed to the presence of coumarin. With a purpose to evaluate the effects of photoperiod and levels of shading on the content of coumarin and essential oils in plants of *Mikania glomerata*, two experiments were accomplished: one in the nursery and the other in a growth room. The plants 60 days old from cuttings propagation, were submitted for 100 days to four levels of shading (0% or full sunshine, 30%, 50% and 70%) and plants 30 months old cultivated in full sunshine. In the other experiment, the plants were submitted to four different photoperiodic conditions: 8, 12, 16 and 20 hours, for 90 days. After harvests and drying plants, the contents of coumarin in leaves and stems were evaluated through high performance liquid chromatography (HPLC) and the oils were obtained from dry leaves of the plant materials by hydro-distillation with the aid of the modified Clevenger apparatus. The results revealed obtained that in the young plants (100days old) grown in the full sunshine, the leaf coumarin content was twice greater than compared with the adult plant grown under the same radiation condition. The upper region of the plant both leaf and stem presented greater content in all radiation levels. As regards the different photoperiods studied, they presented higher contents of coumarin in 16-hour photoperiods. The essential oil contents, in young plants grown under the full sunshine, 30% and 50% of shading presented the highest contents of essential oils, respectively, 0.105, 0.105; 0.131. The different photoperiods did not influence essential oil contents. The characterization by infrared spectrophotometry at the shading levels did not modify the chemical structure of the present metabolites.

1 INTRODUÇÃO

Mikania glomerata Spreng.(Asteraceae), popularmente conhecida como guaco, é utilizada na medicina popular devido à sua ação brocodilatadora, antiasmática e expectorante. Administrada usualmente na forma de xarope, preparado com tintura ou extrato, tem sua atividade farmacológica atribuída à presença de cumarina.

A biossíntese de metabólitos secundários é regulada geneticamente por fatores ambientais, entre eles o efeito da luz, que atua de forma significativa e complexa no metabolismo e influência no acúmulo e na qualidade dos princípios ativos, uma vez que afeta, direta ou indiretamente, a produção de fitomassa, a proporção de órgãos e as vias biossintéticas destes metabólitos secundários (Bernath & Tetenyi, 1978; Chatterjee & Raychadheiri (1995).

As plantas apresentam diferentes respostas, às variações da intensidade e duração de luz, como modificações no teor de cumarinas e óleos essenciais (Rehder et al, 1988; Pereira, 1997; Macrae & Towers, 1984; Barros 1992; Silva, 2001; Andrade, 2000; Duda et al, 1992; Fahlén et al., 1997; Yamaura et al, 1989; Kanada, 1998). Além do fator luz que afeta a eficácia de uma planta medicinal, pode-se destacar a influência da fase ontogenética de plantas produtoras de cumarinas e de óleo essencial.

Segundo Perreira (1997), alguns autores afirmaram que o papel da cumarina na planta ainda não está claro do ponto de vista fisiológico. Segundo Macrae & Towers (1984), ocorre variação nos teores de cumarina e umbeliferona, dependendo do órgão da planta e do seu estágio de desenvolvimento, sendo nas folhas maduras de *Justicia pectoralis* Jacq. encontrados os maiores teores. Entretanto, Pereira (1997) constatou que folhas jovens de *Mikania glomerata* apresentaram o dobro de cumarina se comparadas com folhas adultas. O outro autor cita-se ainda que as regiões meristemáticas e

os órgãos jovens em fase de crescimento apresentam maior teor de cumarina e conclui-se que o teor de cumarina em *Mikania glomerata* varia conforme a época do ano, a parte da planta analisada e o seu estágio de desenvolvimento fisiológico.

Diante da carência de informações sobre radiação, que influência tanto a produção de espécies medicinais como o desenvolvimento de cultivo de espécies economicamente importantes, o objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito do fotoperíodo e de níveis de sombreamento na produção de cumarina e óleos essenciais de *Mikania glomerata* Spreng., bem como investigar variações nos teores de cumarina nas folhas e caules em diferentes estádios de desenvolvimento desta espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado de fevereiro de 2001 a agosto de 2001, sob condições de casa de vegetação e de viveiro dos Departamentos de Agricultura e Biologia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, situado na região sul do estado de Minas Gerais, a 918m de altitude, latitude 21° e 14'S e longitude 45° 00'W Gr. Os dados referentes às temperaturas máximas, média e mínimas, precipitação pluviométrica, insolação e umidade relativa média mensal, durante o período de condução, foram coletados na Estação Climatológica da UFLA e encontram-se no Anexo 4, Tabela 4A.

As mudas utilizadas foram produzidas a partir de propagação por estacas em casa de vegetação com umidade relativa de 75% e temperatura de 26 mais ou menos 2 °C durante o período de 60 dias. Utilizaram-se estacas de 15cm de comprimento retiradas dos terços médios dos ramos, com um par de folhas, e colocadas nas bandejas de poliestireno expandido (isopor). As bandejas tinham as dimensões de 676 mm X 340mm X 60mm, com 122 alvéolos por bandeja. O substrato utilizado foi o PLANTIMAX.

Após este período, as estacas foram colocadas em sacos plásticos perfurados de 25 X 20 cm, com capacidade para 4 kg. Os substratos em mistura para o enchimento dos recipientes foram: vermiculita, esterco bovino e terra de sub-solo, na proporção de 20:30:50, a vermiculita utilizada foi a de granulometria fina com densidade aparente de 125kg/m³, e o esterco bovino foi curtido e peneirado. Com relação ao material de subsolo, utilizou-se um Latossolo Vermelho Escuro (LVE), retirado a 30 cm abaixo da camada arável. Os resultados das análises químicas do substrato encontram-se no Anexo 4, Tabela 4B.

Em seguida, os recipientes com as mudas foram transferidas para os dois experimentos de níveis de sombreamento e fotoperíodo.

Para os níveis de irradiância, as plantas de *Mikania glomerata* Sprengel foram submetida a quatro níveis de sombreamento (0% ou pleno sol, 30%, 50% , 70%). Os níveis de 30%, 50% e 70% foram obtidos com a utilização de telas pretas de nylon, conhecidas comercialmente como sombrite, conforme especificações do fabricante. Durante todo o período de condução do experimento, o solo foi mantido próximo à sua capacidade de campo.

Para extração e quantificação da cumarina em diferentes níveis de sombreamento utilizaram-se amostras compostas das quais foram tomadas, ao acaso, 16 plantas por tratamento, com 100 dias de idade. Os ramos foram separados nas regiões superior, mediana e basal da planta e nos diferentes órgãos (caule e folha). Após a separação das plantas em folhas, caules e as diferentes posições, as partes foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas para secar em estufa a 40 °C até peso constante. A matéria seca foi triturada em moinho até o diâmetro de 48 mesh. Para análise estatística foi utilizado um esquema fatorial entre as 3 posições do ramo as 5 situações sendo, 4 níveis de sombreamento (0% ou pleno sol, 30%, 50%, 70% de sombreamento e a planta adulta de 2 anos). Como não houve repetições de cada tratamento (combinação de posição de planta x situação de radiação), utilizou-se como “erro” o quadrado médio da interação.

Para a extração dos componentes voláteis das folhas de *Mikania glomerata*, amostras de 19g de folhas frescas em 2 repetições foram coletadas aleatoriamente, de cada região do ramo, localizadas na parte superior, mediana e basal da planta , às 7:30 da manhã, a partir de 2 mudas dos distintos tratamentos de níveis de radiação estudados. Como tratamento controle, realizou-se coleta, nas mesmas condições já descritas, de um exemplar adulto com aproximadamente 4 anos de idade, pertencente ao banco de germoplasma do

Horto Medicinal do Departamento de Agricultura da UFLA. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 2 repetições.

Para os diferentes fotoperíodos as plantas propagadas de *Mikania glomerata* foram transferidas para câmaras de crescimento do setor de Fisiologia Vegetal/ UFLA e submetidas aos seguintes tratamentos fotoperiódicos: 8, 12, 16, e 20 horas. Em cada tratamento fotoperiódico foram utilizadas 16 plantas. Essas câmaras são móveis e dotadas de uma mesa ajustável, com iluminação artificial fornecida por 75% de lâmpadas fluorescentes (marca G-E, 40W) e 25% de lâmpadas do tipo Gro-Lux (Marca Sylvânia), emitindo uma radiação de aproximadamente 225 μmol de quanta/ m^2/seg . A radiação foi determinada por meio de um porômetro (STEADY STATE Porometer LICOR 1600 M). Em cada câmara foi adaptada uma cortina de tecido tipo "Black Out", sendo cada carrinho dotado de um sistema temporizador, com acionamento e desligamento automático. Essas condições permitiram que se trabalhasse independentemente com os quatro fotoperíodos em uma mesma sala de crescimento. A temperatura ambiente foi controlada por meio de um aparelho de ar condicionado, registrando uma temperatura média de 25 mais ou menos 3 °C e umidade relativa do ar de 15%, monitorada através de um psicrômetro.

Em razão do hábito trepador desta espécie, as plantas foram tutoradas, por meio de estacas de bambu, permanecendo em condições de câmara por um período de 90 dias. Durante esse período de condução, foi realizada irrigação dos recipientes, fazendo com que o substrato mantivesse sua umidade próximo à da sua capacidade de campo.

Para extração e quantificação da cumarina em diferentes níveis de sombreamento utilizaram-se amostras compostas, das quais foram tomados, ao acaso, 8 plantas por tratamento, com 90 dias de idade. Os ramos foram separados nas regiões superior, mediana e basal da planta e nos diferentes órgãos (caule e folha). Após a separação das plantas em folhas caules e as

diferentes posições estas foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas para secar em estufa a 40 °C até peso constante. A matéria seca foi triturada em moinho até o diâmetro de 48 mesh. Foi utilizado um esquema fatorial entre as 3 posições do ramo e as 4 situações de fotoperíodo (8,12, 16, 20 horas). Como não houve repetições de cada tratamento (combinação de posição de planta x situação de radiação), utilizou-se como “erro” o quadrado médio da interação.

2.1 Extração e quantificação da cumarina

A metodologia de quantificação de cumarina em *Mikania glomerata* (Figura 1) foi desenvolvida por Celeghini, et al., (1996), citada por Pereira (1997).

Amostras de 1g de matéria seca foram submetidas à extração em 10 mL de solução etanol/água (1:1 v/v) por 10 minutos, utilizando-se ultra-som. O extrato foi filtrado em papel de filtro e, posteriormente analisado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

O cromatógrafo usado foi da marca Shimadzu, modelo LC-10 AD com detector espectrofotométrico de absorvância UV e visível (arranjo de dados SPD-M10A). Foi utilizada uma coluna de fase reversa C18 C-supelcosil, partícula de 5µm (250 X 4,6 mm d.i.). A acetonitrila / água (40:60 v/v) foi usado como fase móvel e o fluxo foi de 1 mL/min, sendo 245 nm o comprimento de onda máximo empregado na análise.

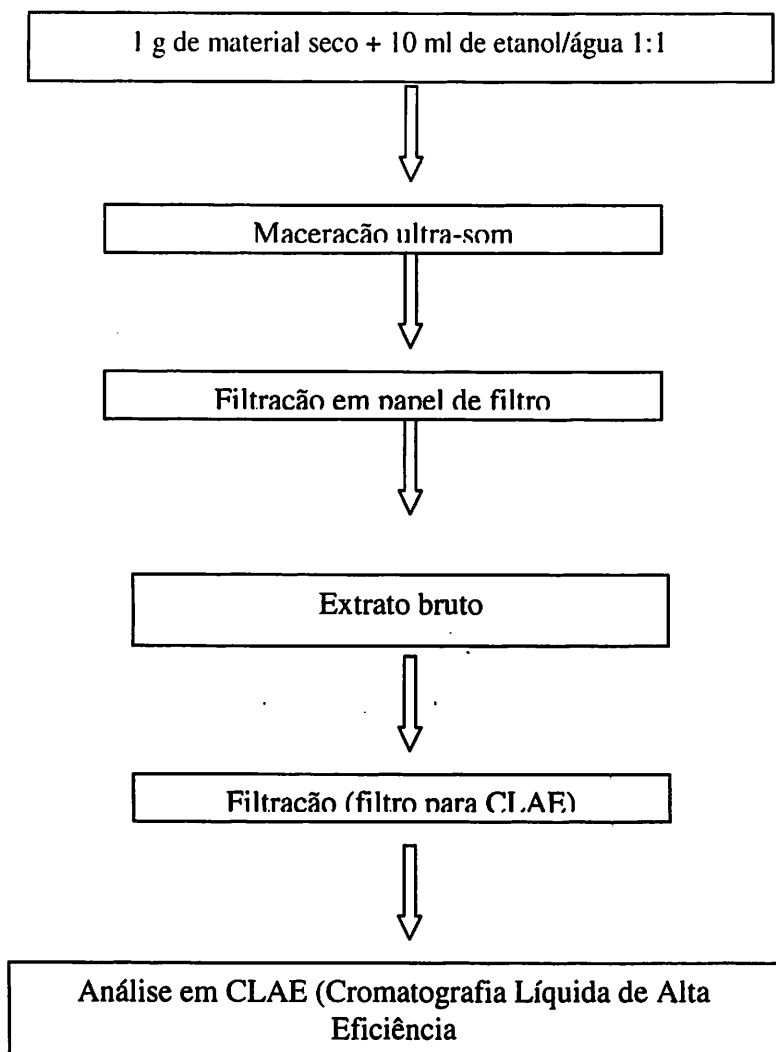


FIGURA 1 – Esquema da metodologia usada para análise de cumarina em *Mikania glomerata*. UFLA, Lavras-MG, 2002.

2.1.1 Extração de óleo essencial e caracterização no infravermelho

Para a extração das substâncias voláteis, estas amostras foram submetidas à técnica da hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado por 1 hora. Esta técnica consiste em promover o aquecimento, até a ebulição, de um balão contendo a planta e uma quantidade de água destilada que complete um pouco mais da metade do volume deste balão. Assim, a mistura de vapores produzida é conduzida através do aparelho de Clevenger modificado, onde ocorre a condensação dos vapores, sendo o hidrolato (mistura água/óleo essencial) recolhido em um tubo coletor do aparelho.

Cerca de 100 mL de hidrolato, recolhidos de cada hidrodestilação, foram então submetidos à extração do óleo com 3 porções de 50 mL de diclorometano em funil de separação. Os extratos orgânicos provenientes deste fracionamento foram reunidos e secos com uma pequena porção de sulfato de magnésio anidro. O sal foi removido por filtração simples e o solvente evaporado em rotavapor. Os produtos obtidos da rotaevaporação foram transferidos para frascos de vidro de 30 mL e levados à estufa a 30°C até a completa evaporação do solvente, sendo então determinado o teor percentual do óleo. Este foi, também, analisado por espectrometria de infravermelho através de espectrofotômetro modelo FTIR-8201 A, Shimadzu, utilizando pastilhas de NaCl, como suporte.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de cumarina (1,2 benzapirona) nas amostras de folhas e caules de *Mikania glomerata* foi confirmada pela comparação entre o padrão e a amostra, sendo o tempo de retenção da cumarina de aproximadamente 6,2 minutos, como pode ser visto pela Figura 2.

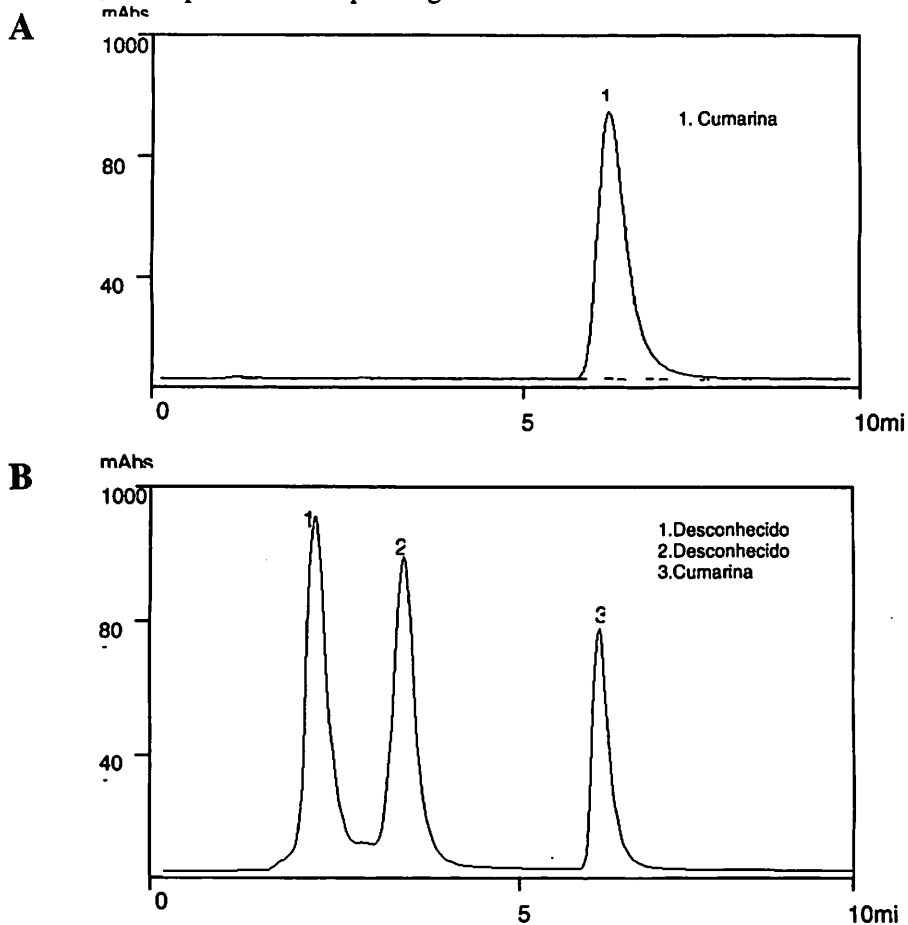


FIGURA 2 – Cromatograma do padrão de cumarina (A) e da amostra de *Mikania glomerata* (B). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Um aumento nas áreas dos picos das amostras após a adição do padrão foi indicativo da presença de cumarina no material analisado. As condições cromatográficas empregadas possibilitaram uma boa reprodutibilidade das áreas dos picos. Os teores de cumarina nas amostras foram calculadas a partir da equação da reta, obtida através da curva de calibração (Figura 3). Uma relação linear entre a área do pico e a concentração de cumarina foi verificada para as diferentes soluções padrão testadas (0,0 – 1,0 mg/mL).

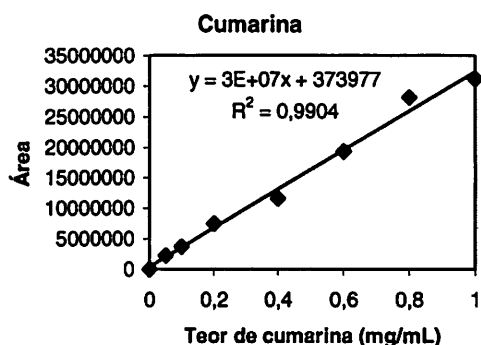


FIGURA 3 – Representação da curva de calibração para quantificação da cumarina em *Mikania glomerata*. UFLA, Lavras-MG, 2002.

3.1 Efeitos dos diferentes níveis de radiação e regiões da planta no teor de cumarina em *Mikania glomerata*

Para as diferentes condições de sombreamento, não foi detectada diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, nos teores de cumarina tanto da folha como do caule (Tabela 1). Esta falta de consistência dos resultados pode ser explicada pela forma como foi realizado o experimento.

TABELA 1- Teor de cumarina em folhas de *Mikania glomerata* sob diferentes níveis de sombreamento, em plantas jovens (100 DAT) e plantas adultas com idade de aproximadamente 26 meses (médias das tres posições do ramo). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Níveis de luz (%)	Cumarina (mg/g de matéria seca)	
	Folha	Caule
Pleno sol (PA)	2,38	1,85
Pleno sol (PJ)	5,39	2,18
30% de sombreamento (PJ)	5,45	2,93
50% de sombreamento (PJ)	4,38	1,96
70% de sombreamento (PJ)	5,98	1,42

As médias não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os testes de médias de Scott-Knott para posição na planta, as folhas e caules da região basal e mediana apresentaram menor teor de cumarina que as da região superior da planta (Tabela 2). Devido ao valor relativamente alto da concentração de cumarina no caule (3,70 mg), sugere-se a utilização da parte superior do caule juntamente com as folhas.

TABELA 2- Teor de cumarina em folhas e caules de *Mikania glomerata* em função das posições na planta (média de todos os tratamentos). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Regiões da planta	Cumarina (mg/g de matéria seca)	
	Folha	Caule
Região superior	6,95 a	3,70 a
Região mediana	4,23 b	1,29 b
Região basal	2,97 b	1,22 b

As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Nota-se, pelos dados da Tabela 1, que as plantas jovens (PJ) com 100 dias de idade, nos diferentes níveis de radiação, de modo geral apresentaram o dobro de cumarina nas folhas, quando comparadas com as folhas das plantas adultas; em relação ao caule houve tendência de maior teor de cumarina nas plantas jovens.

Pelos valores maiores encontrados na parte superior tanto da folha como no caule, pode-se afirmar que a cumarina está envolvida nos processos de crescimento e desenvolvimento da planta. Estes resultados encontrados nessa região da planta (Tabela 2) são importantes, sobretudo do ponto de vista da produção de fitoterápico, uma vez que, para a indústria farmacêutica, quanto menor o volume de fitomassa e maior o teor do princípio ativo, mais viável economicamente se torna o produto final, ou seja, o fitoterápico. Segundo Pereira (1997), a cumarina está presente em todos os órgãos da *Mikania glomerata*, entretanto em diferentes concentrações: folhas (5,20 mg/g de massa seca), flores (1,04 mg/g massa seca), caule (1,05 mg/g de massa seca) e raízes (0,11 mg/g de massa seca), tendo as folhas os maiores teores.

Pereira (1997) constatou variações nos teores de cumarina em folhas jovens de *Mikania glomerata* (5,91 mg/g de massa seca), correspondente ao dobro do observado em folhas adultas (2,15 mg/g de massa seca). Kummala et al. (1993), citados por Pereira (1997), dosaram derivados de cumarina em *Peucedanum palustra* e verificaram que o maior acúmulo de Columbianadina ocorreu durante a fase de crescimento da planta. Entretanto, Macrae & Towers (1984), citados por Andrade (2000), constataram teor cerca de duas vezes maiores de cumarina nas folhas jovens de *Justica pectoralis* Jack., var. *Stienothylla* Leon. Nesta mesma espécie, plantas cultivadas sob radiação global plena apresentaram percentuais de cumarinas totais e de 4-metilumbeliferona maiores que os das desenvolvidas à sombra. Todavia, o inverso foi observado em relação à 1,2- benzapirona, cujo teor nas plantas cultivadas à sombra é bem

maior que o apresentado nas de pleno sol (Barros, 1992 citado por Andrade, 2000.).

Pelo teor de cumarina obtido em diferentes regiões da planta sob as cinco situações de radiação estudadas, observa-se, através da Figura 4, que a região superior da planta, tanto a folha como o caule, apresentou o maior teor em todos os níveis de radiação estudados. Estes resultados suplementaram o conhecimento existente sobre este assunto. Segundo Pereira (1997), a dosagem do teor de cumarina em gemas localizadas em diferentes posições do ramo de *Mikania glomerata* apresentou-se maior na segunda gema (a apical foi excluída), indicando que as regiões meristemáticas podem ser o local de síntese da cumarina em *M. glomerata* e que, posteriormente, esta deve ser translocada para outras partes da planta. O fato de Mantern (1991) ter elucidado que os sítios de biossíntese das cumarina são os plastídios, e considerando que as regiões meristemáticas são ricas em proplastídios, infere-se que esta hipótese seja verdadeira. Também, nota-se que na planta jovem (100 DAT) cultivada em pleno sol o teor de cumarina nas folhas, nas regiões superior, mediana e basal da planta, foi duas vezes maior se comparado com a planta adulta cultivada na mesma condição de radiação. A mesma tendência na região superior foi observada para o caule.

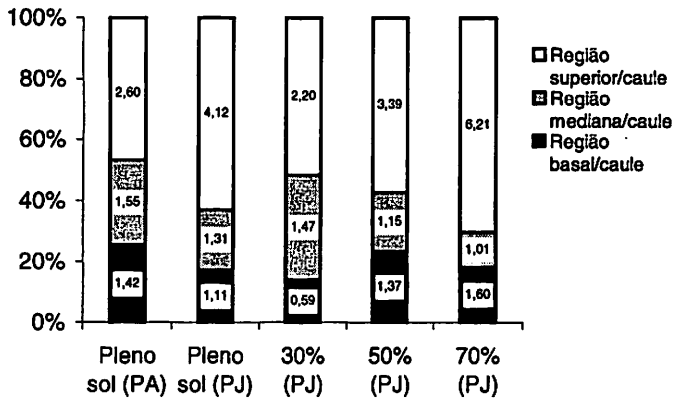
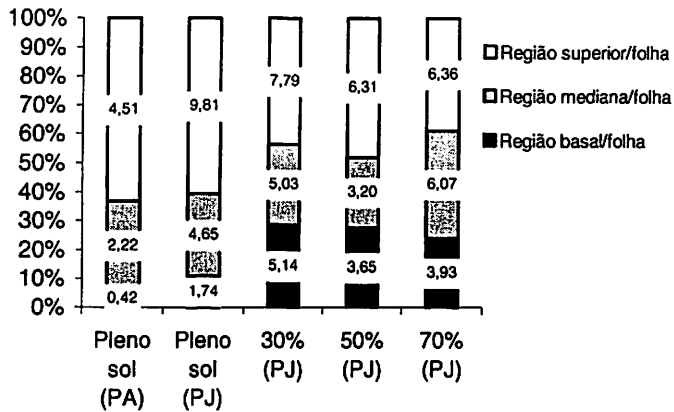


FIGURA 4 -Distribuição dos teores de cumarina em folhas e caules de plantas jovens e adultas de *Mikania glomerata* Sprengel., localizadas em diferentes regiões do ramo, sob diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Estes resultados corroboram o relato feito por Perreira (1997) de que o acúmulo de determinados metabólitos secundários requer estruturas complexas; por isso, estes são encontrados em maiores teores em partes maduras do vegetal, sendo outros tipos biossintetizados e acumulados em tecidos jovens, porque a

fase interna de crescimento favorece suas rotas biossintéticas. Esta questão deve ser investigada em todas as espécies medicinais, uma vez que não há regra que possa ser aplicada a um tipo de classe de substância ou família de planta.

Há uma íntima relação entre a intensidade luminosa e a produção de metabólitos secundários, uma vez que todas as substâncias produzidas pela planta estão envolvidas direta ou indiretamente com a fotossíntese. Com relação à cumarina em *Mikania glomerata*, é possível que a luz esteja favorecendo o acúmulo do metabolito secundário. Comparando somente as folhas de plantas jovens cultivadas nos diferentes tratamentos de radiação na parte superior da planta, foi observado que em pleno sol e 30% de sombreamento, obtiveram-se, respectivamente, os maiores teores de cumarinas em relação aos demais tratamentos. Provalvemente, este resultado deveu à ocorrência de alterações morfofisiológicas da folha de *Mikania glomerata* sob diferentes níveis de radiação. Com base nos dados do Capítulo IV, nos quais os atributos considerados foram biomassa total e particionada, área foliar, RAF, RPF e AFE, concentração de clorofilas, espessura do limbo, frequência estomática, espessura dos tecidos epidérmicos, paliçádico e esponjoso, os resultados demonstraram a associação estreita entre a adaptação anatômica e a eficiência em processos fisiológicos. Estes resultados também esclarecem as relações entre o teor de cumarina e a intensidade luminosa; entretanto, a relação entre o tamanho e a estrutura dos cloroplastos e suas possíveis implicações fisiológicas envolvendo a qualidade, duração e quantidade de luz deve ser analisada para constatação desta hipótese, uma vez que o sítio de biossíntese das cumarinas são os plastídios.

3.2 Caracterização química em infravermelho e o estudo do rendimento do óleo essencial de folhas de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel.) sob diferentes níveis de sombreamento.

Os dados dos rendimentos percentuais do óleo essencial entre os diferentes níveis de luz estudados encontram-se na Tabela 3. A análise de variância revelou diferenças significativas entre os tratamentos. Observa-se que plantas jovens de *Mikania glomerata* de 90 dias de idade, cultivadas em 30% da radiação solar total, e plantas adultas com aproximadamente 4 anos, em pleno sol, proporcionaram um menor rendimento. Os tratamentos das plantas jovens cultivadas em pleno sol, 30% e 50% de sombreamento não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. De acordo com Costa (1986), plantas com um rendimento acima de 1% são consideradas ricas em óleos essenciais. Portanto, a planta de *Mikania glomerata* não é considerada rica em óleo.

TABELA 3 – Teor de óleo essencial para plantas jovens e adultas de *Mikania glomerata* Sprengel submetidas a diferentes condições de sombreamento. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Níveis de sombreamento	Rendimento de óleo essencial
Pleno sol (PA)	0,053 b
Pleno sol (PJ)	0,105 a
30% de sombreamento	0,105 a
50% de sombreamento	0,131 a
70% de sombreamento	0,053 b

As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Comparando plantas jovens cultivadas em pleno sol com plantas adultas nas mesmas condições de radiação, observa-se que as folhas de plantas jovens de *Mikania glomerata* produzem mais óleos essenciais do que as folhas de

plantas adultas. Uma situação semelhante foi observada por Sing, et al., (1989) em folhas jovens de *Cymbopogon flexuosus*. A constatação deste fato merece que mais estudos sejam realizados, sobretudo explorando a outros fatores ambientais associados à biossíntese destes metabólitos.

Para a relação entre a intensidade luminosa e o teor de óleo essencial, levando em consideração somente as plantas jovens de *Mikania glomerata* (outros fatores ambientais aparentemente estão controlados para todos os tratamentos), observam-se diferenças significativas ente os tratamentos, sendo o nível de 70% de sombreamento o que proporcionou menor teor de óleo essencial (Tabela 3). Estes resultados indicam que a quantidade de luz é limitante para a produção de óleo essencial em *Mikania glomerata*. Para os tratamentos pleno sol, 30 e 50% de sombreamento não houve diferenças significativas, sendo o nível de 30% de sombreamento o que proporcionou maior acúmulo de biomassa; e conseqüentement, o conteúdo de óleo essencial será mais elevado.

Vários trabalhos têm demonstrado que baixos níveis de radiação solar têm sido associados, geralmente, com o decréscimo no teor do óleo essencial. O teor de óleo em *Mentha cordifolia* foi 28% menor nas plantas crescidas em 2% da radiação solar, se comparadas com as plantas crescidas em 25% da radiação solar (Cantoria, et al., 1974) e em [*Bacharis trimera* (Less) D.C.]. Houve uma tendência de aumento no teor de óleo com o acréscimo no nível de irradiância que foi acompanhado por um aumento significativo na produção de biomassa (Silva, 2001). Entretanto, para plantas de *Ocimum selloi* Benth. crescidas em pleno sol e 50% de sombreamento, os teores de óleo essencial não mostraram diferenças significativas entre as inflorescências e as folhas. Castellani (1997), no estudo em *Trapaolum majus*, constatou que o sombreamento parcial de 60% não influenciou no rendimento de óleos extraído das sementes.

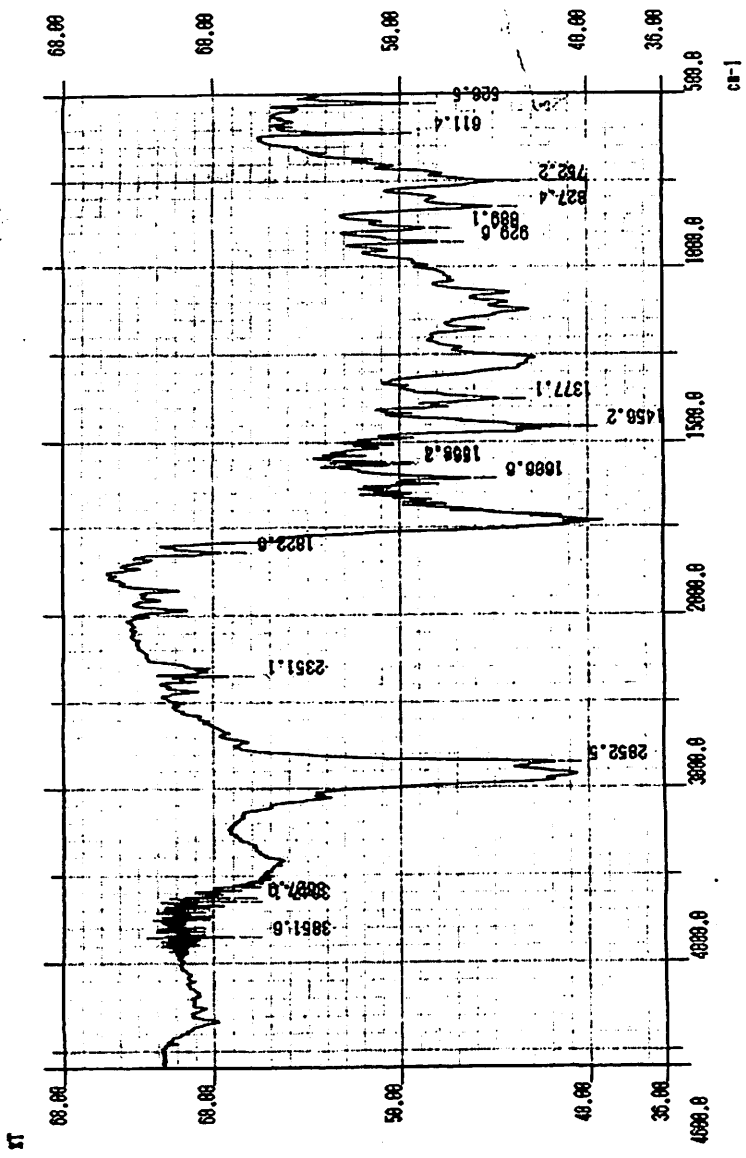


FIGURA 5 - Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de *Mikania glomerata* cultivada à pleno sol. UFLA, Lavras-MG, 2002.

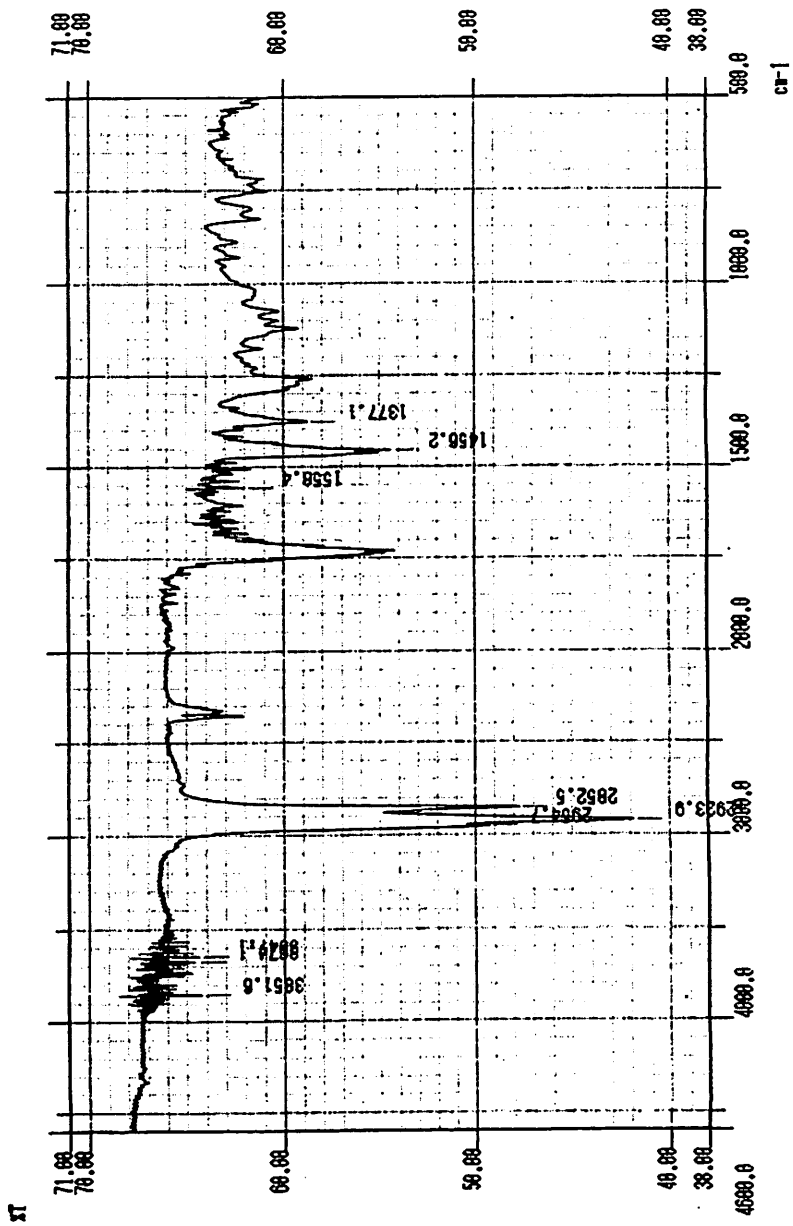


FIGURA 7 - Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de *Mikania glomerata* cultivadas com 50% de intensidade luminosa. UFLA, Lavras-MG, 2002.

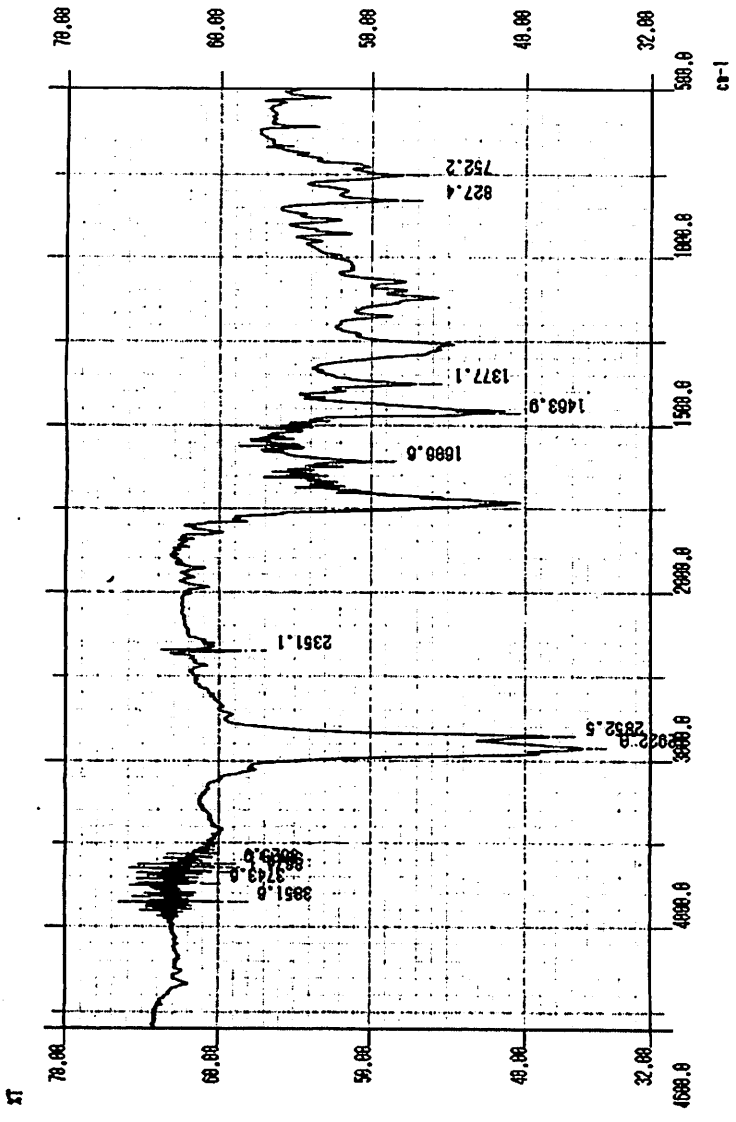


FIGURA 8 - Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de *Mikania glomerata* cultivadas com 70% de intensidade luminosa. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Os espectros de infravermelho apresentados pelas Figuras 6-8 são similares. Em todos observa-se a presença de um sinal compreendido entre 2900-2700 cm^{-1} , característico de grupos metilas ($-\text{CH}_3$), metilênicos ($-\text{CH}_2$) e metínicos (CH). A banda característica de um grupo carbonila aparece nitidamente em 1750 cm^{-1} ; em torno de 1650 cm^{-1} , observa-se um sinal, atribuído às duplas ligações que devem, provavelmente estar conjugadas com os grupos carbonilas.

Através dos dados observados, conclui-se que as diferenças de intensidade luminosa aplicadas no experimento não modificaram a estrutura química dos metabólitos presentes.

3.3 Efeito do fotoperíodo no teor de cumarina em *Mikania glomerata*

Verificou-se que os diferentes fotoperíodos estudados influenciaram significativamente os teores de cumarina na folha e caule de *Mikania glomerata* Sprengel (Tabela 4).

TABELA 4- Teores de cumarina em folhas de *Mikania glomerata* sob diferentes fotoperíodos, em plantas jovens (100 DAT) e plantas adultas com idade de aproximadamente 26 meses. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Fotoperíodos	Cumarina (mg/g de matéria seca)	
	Folha	Caule
8 horas	1,046 c	0,796 b
12 horas	2,033 c	0,696 b
16 horas	6,216 a	1,176 a
20 horas	3,710 b	1,093 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os testes de Scott-Knot a nível de 5% de probabilidade, para média das três posições do ramo, observa-se menor teor de cumarina na folha e caule nos fotoperíodos mais curtos (Tabela 4).

Nota-se ainda pela Tabela 4, que o teor de cumarina nas folhas foi significativamente alto em fotoperíodos de 16 horas, apresentando uma queda considerável, quando o fotoperíodo foi estendido de 16 para 20 horas. Este aumento no teor de cumarinas até 16 horas pode ser resultado da relação entre a duração de luz e a produção de metabólitos secundários, uma vez que todas as substâncias produzidas pelas plantas estão envolvidas direta ou indiretamente com a fotossíntese e, conseqüentemente, pelas alterações anatômicas, fisiológicas e químicas ocorridas, conforme citado nos capítulos anteriores, embora não se tenha localizado, na literatura, informação sobre o efeito do fotoperíodo na produção de cumarina. No entanto, muitos exemplos semelhantes em relação ao efeito do fotoperíodo sobre a síntese e acúmulos de metabólitos secundários foram observadas em outras espécies, como *Symphytum officinale* L.(Castro, 1999), *Spinacia oleracea* L. , *Agrostemma githago* L. (Zeevaart & Gaze, 1993), *Perilla ocymoides* (Rodionava et al, 1995), *Gomphrena macrocephala* (Moreira, et al., 1999) e *Oryganum syriacum* (Dudai et al., 1992).

O estudo da influência de fatores que levam a variações na produção de metabólitos secundários de interesse é uma preocupação constante em trabalhos realizados com plantas medicinais, pois o conhecimento gerado pode maximizar a produção dos fármacos, melhorando a qualidade das drogas sem, no entanto, acarretarem custos adicionais ao processo produtivo (Castro, 1988). Segundo Brown Jr.(1998), possivelmente se pode utilizar o conhecimento dos fatores que influenciam a variação de plantas medicinais para fazer com que essas produzam as substâncias ou misturas de atividade benéfica mais consistentemente, em maiores quantidades, mais acessíveis e mais fáceis de extrair, padronizar e utilizar.

3.4 Caracterização química no infravermelho e estudo do rendimento do óleo essencial de folhas de *Mikania glomerata* sob diferentes fotoperíodos.

Nesta parte, descrevem-se as estruturas anatômicas em que os óleos são depositados (ou formados) de *Mikania glomerata*. Segundo Gottlieb & Salatino (1987) e Fahn (1988), independentemente da sua composição química, os óleos essenciais são depositados em estruturas anatômicas que evoluíram de células oleíferas, cavidades e canais secretores a tricomas glandulares. Tais estruturas caracterizam linhagens evolutivas de angiospermas.

Neste trabalho com *Mikania glomerata* foram encontrados, nas epidermes superior e inferior, conforme descrito e classificado por Neves & Sá (1991), tricomas simples, pluricelulares, do tipo claviforme, que se acham distribuídos por toda a epiderme, isolados ou, mais raramente, geminados e implantados em depressões do extrato epidérmico. São constituídos por 4 a 8 células, estando a porção apical recurvada (Figura 9).

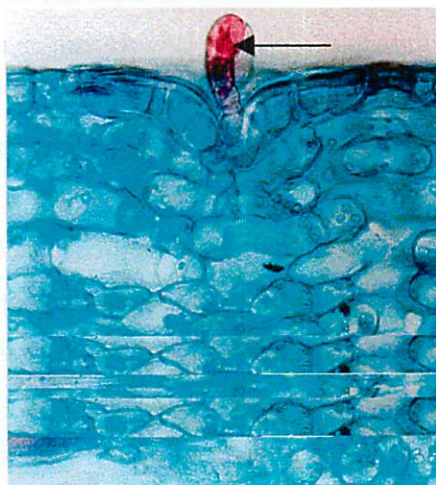


FIGURA 9 - Secção transversal de folhas de *Mikania glomerata*, detalhe do tricoma capitado. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Foram observados canais secretores (Figura 10) na região cortical da nervura principal e a sua localização está descrita no Capítulo 2 (Figura 10).

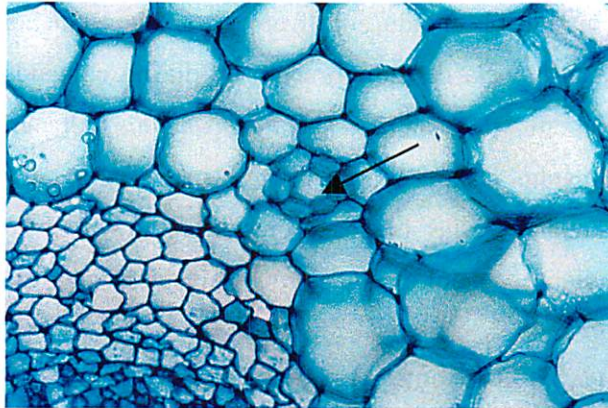


FIGURA 10- Secção transversal de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel, detalhe do canal secretor. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Os dos rendimentos percentuais do óleo essencial entre os diferentes fotoperíodos estudados encontram-se na Tabela 5. O teor de óleo essencial não diferiu significativamente entre as plantas crescidas nos diferentes fotoperíodos estudados.

TABELA 5 – Teores médios de óleo essencial para plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel, submetidas a diferentes fotoperíodos. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Fotoperíodos	Rendimento de óleo essencial
8 horas	0,0170 a
12 horas	0,0067 a
16 horas	0,0054 a
20 horas	0,0170 a

As médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Diferentemente dos resultados encontrados para o teor de cumarinas de *Mikania glomerata*, o efeito do fotoperíodo no rendimento e composição de óleo essencial tem sido observado em diversos trabalhos. Suchorska, et al., (1992) estudaram a influência do comprimento do dia no conteúdo e composição de óleo essencial em Artemísia (*Artemisia dracunculus f. dracunculus*), verificando que o rendimento deste foi significativamente alto em dias de 16 horas. Segundo este autor, dias longos promoveram um aumento no conteúdo de elencin, de óleo essencial e reduziram os níveis de metilcavicol, ocimeno, β -pimeno e salvimeno.

Fahlén, et al., (1997), em estudos realizados em diferentes espécies de *Mentha* sp. e de *Camomilla recutita* L., observaram que plantas expostas a um fotoperíodo de 21 horas produziram maiores concentrações de mentol e α -bisabolol que os tratamentos com os fotoperíodos mais curtos. Entretanto, trabalhos de Furuyama (1994) mostraram que as plantas inteiras de *Ageratum conyzoides* produziram maior teor de óleo essencial quando submetidas a dias curtos (8 horas), em relação à luz contínua (0,25 e 0,19%); respectivamente.

Segundo Yamaura et al. (1989) e Dudai et al. (1992), a composição dos óleos essenciais pode sofrer alterações quando plantas são submetidas a diferentes fotoperíodos.

Os espectros de infravermelho apresentados pela Figura 12 mostraram-se semelhantes. Em todos observa-se a presença de um sinal compreendido entre 2900-2700 cm^{-1} , característico de grupos metilas ($-\text{CH}_3$), metilênicos ($-\text{CH}_2$) e metínicos (CH). A banda característica de um grupo carbonila aparece nitidamente a aproximadamente 1750 cm^{-1} ; em torno de 1650 cm^{-1} ; observa-se um sinal, o que é atribuído a duplas ligações, as quais, provavelmente devem estar conjugadas com os grupos carbonilas.

Através dos dados observados, conclui-se que as diferenças de fotoperíodo aplicada no experimento não modificaram a estrutura química do(s) metabólito presentes.

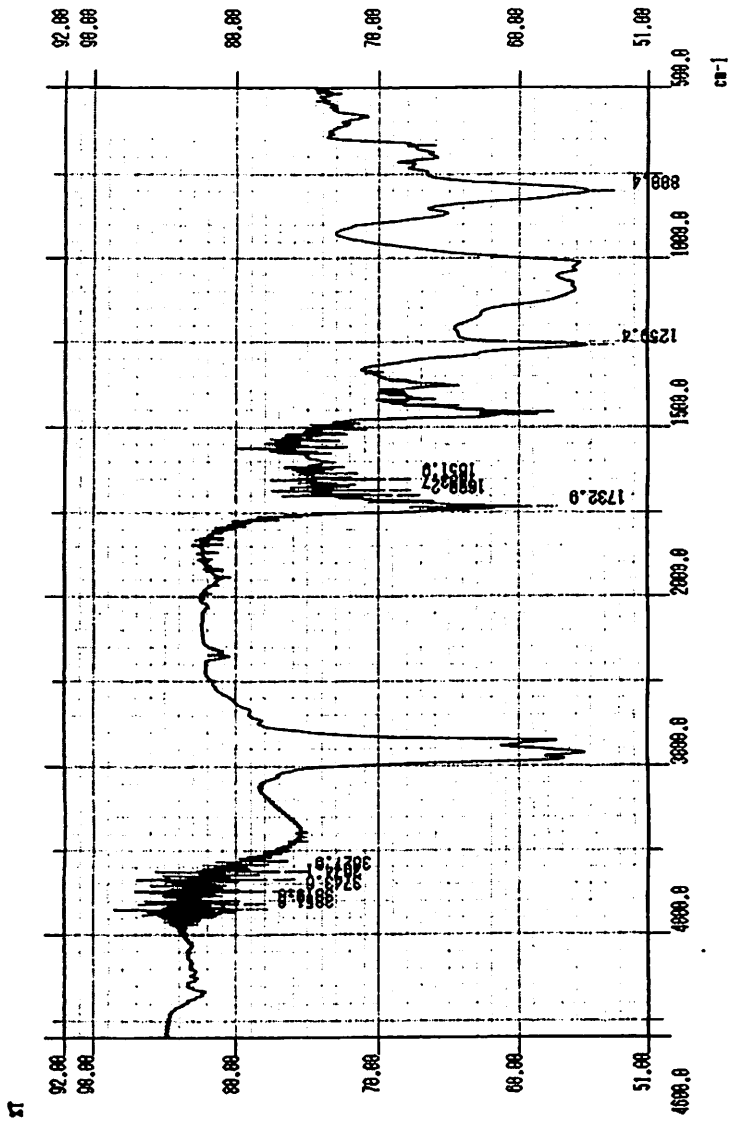


FIGURA 11 - Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de *Mikania glomerata* cultivadas sob 8 horas de fotoperíodo . UFLA, Lavras-MG, 2002.

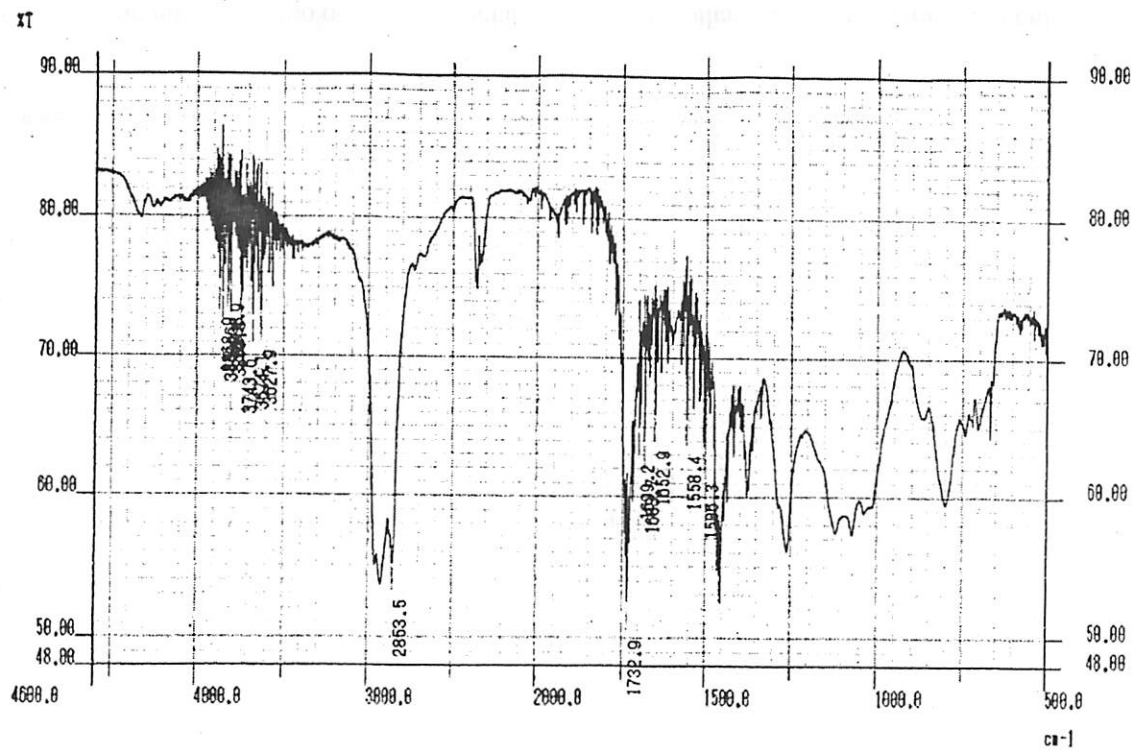


FIGURA 12 - Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de *Mikania glomerata* cultivadas sob 16 horas de fotoperíodo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

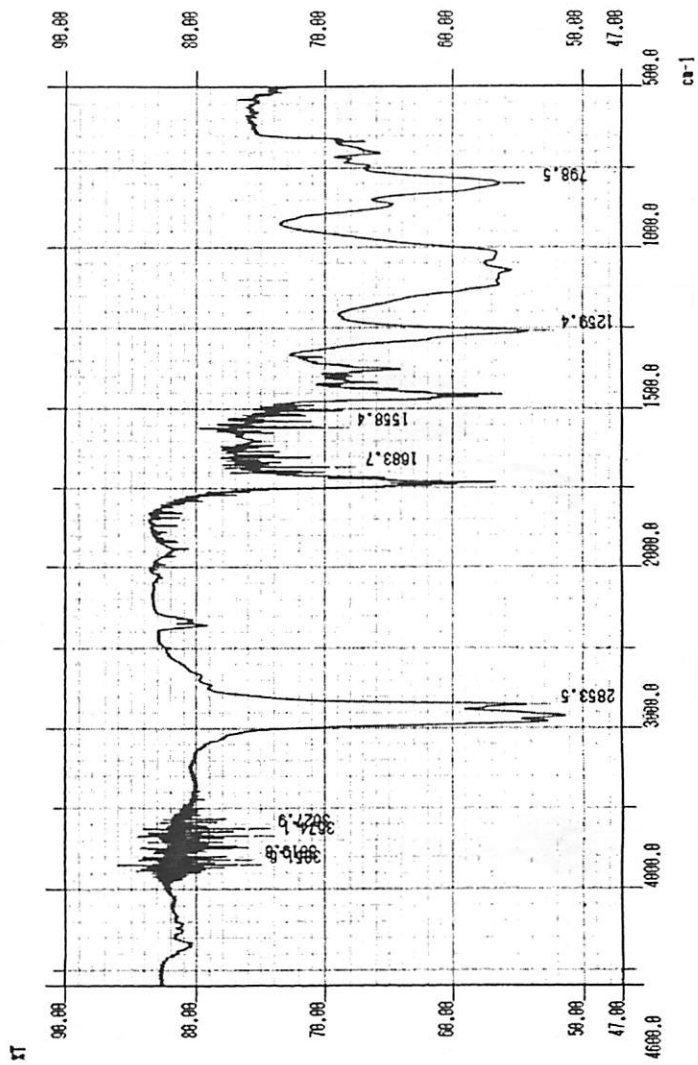


FIGURA 13 - Espectro no infravermelho do óleo essencial extraído das folhas de *Mikania glomerata* cultivadas sob 20 horas de fotoperíodo. UFLA, Lavras-MG, 2002.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo, as diferentes condições de luminosidade às quais as planta foram submetidas e o estágio promoveram efeitos diversos sobre os teores de cumarinas, apresentando melhor resultado no tratamento de 30% de sombreamento e nas regiões superiores dos ramos. Quanto aos teores de óleos essenciais, as plantas cultivadas em pleno sol, 30% e 50% de sombreamento apresentaram os maiores rendimentos.

Em relação as diferentes condições de fotoperíodo, o teor de cumarina foi significativamente alto em fotoperíodo de 16 horas.

Os diferentes níveis de sombreamento e fotoperíodo não modificaram a estrutura química dos componentes voláteis presentes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. M. C. Homeopatia no crescimento e na produção de cumarina em chambá *Justicia pectoralis* Jacq.. 2000. p.214. Tese (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BERNATH, J.; TETÉNYI, P. Ecological factors adaptability relationship of steroid alkaloid production based, on *Solanum laciniatum* based, on investigation of examine two species, *Solanum laciniatum* Ait and *Solanum dulcamara* L. *Acta Botanique Academic Scientium Hungariae*, Budapest, v.24, n.1-2, p. 41-45, 1978.

BARROS, R. F. M. Efeito da radiação solar sobre o crescimento e a produção de cumarinas em folhas de *Justicia pectoralis* var. *Stenophylla* Leonard. 1992. 160p. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BROWN JUNIOR, K. S. Engenharia ecológica novas perspectivas de seleção e manejo de plantas meicinais. *Acta Amazônica* Manaus, v.18, n.1, p. 291-303, 1988.

CASTRO, A. H. F. Aspectos fisiológicos fotoquímicos de plantas de confrei (*Symphytum officinale* L.). 1999. 125p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CASTRO, D. M.; Caracterização Izoenzimática da anatomia foliar, do óleo essencial e germinação de *Leonurus sibiricus* L. 1988, 96p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CASTELLANI, C. D. Crescimento, anatomia e produção de ácido erúxico em *Trapaecolum majus* L. 1997. 108p. Dissertação (Mestrado em fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CANTORIA, M.; CUEVAS-GACUTAN, V. T. Studies on the physiology of philippine mint II. Effect of two different light intensities on the vegetative growth and oil yield. *The Philippine Journal of Science*, Manila, v.103, p.13-20, 1974.

CELEGHINI, R. M. S.; VILEGAS, J. H. Y., LANÇAS, F. M. HPLC Quantitative analysis of coumarin in hydroalcoholic extracts from *Mikania glomerata*. CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CROMATOGRAFIA, 11, 1996., Caracas. **Resumos...** Caracas-Venezuela, 1996. p.24-37.

CHATTERJEE, S. K.; RAYCHADHURI, S. P. Cultivation and quality improvement of medicinal plants in west Bengal. Recent advances in medicinal, aromatic and spice crops. (Volume 2). In: INTERNATIONAL CONFERENCE HELD, 1989, New Delhi, India. CD-ROM. CAB Abstracts/ 1995.

COSTA, A. F. **Farmacognosia** 4 ed. Lisboa: Fundação Calloustre Gulbrkian, v.3, 1986.

DUDAI, N.; PUTIEVSKY, E.; RAVID, V.; PALEVITCH, D.; HALEVY, A. H. monoterpene content in origanum, *Syriacum* as affect by environmental conditions and flowering. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 84, n.4, p. 453-459, 1992.

FAHLÉN, A.; WELANDER, M.; WENNERSTEN, R. Effects of light-temperature regimes on plant growth and essential oil yield of selected aromatic plants. **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 73. n.1, p. 111-119, Jan. 1997.

FAHN, A. Secretary tissues in vascular plants. **New Physiologist**, Cambridge, v. 108, n.3, p. 229-257, 1988

GOTTLIEB, O. R.; SALATINO. A. Função e evolução de óleos essenciais e de suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.8, p.707-716, 1987.

KANADA, T. **Plasticidade Fenotípica da morfologia e do óleo essencial em acessos de manjeriço (*Ocimum spp.*)** 1998. 59p.Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

KUMMALA, T.; VUORELA, P.; SUMELIUS, S.; FAGERSTEAT, K.; VUORELA, H.; HILTUNEM, R. Variation in Coumarin content in naturally growing plant of *Plucedanum palustre*. **Planta Medica**, Stuttgart, v.59, p.695, 1993.

MACRAE, W. D., TOWERS, G. H. N. *Justicia pectoralis*: a study of the bases for its use as a hallucinogenic snuff ingredient. **Journal of Etlmopharmacology**, Clare, v.12, n.1, p.93-111, 1984.

MATERN, U. Coumarins and other phenylpropanoid compounds in the defense responses of plant cells. *Planta Medica*, Stuttgart, v. 57, p. 15-20, Oct. 1991.

MOREIRA, M. F.; VIERA, C. C. J.; ZAIDAN, L. B. P. Efeito do fotoperíodo no crescimento e no padrão de acúmulo de frutano em plantas aclimatizadas de *Geophrena macrophela* St. Hil. (Amaranthaceae). *Revista Brasileira de Botânica*: São Paulo, v-22, n.3, p.1-13, 1999.

NEVES, L. DE J. & SÁ, M. de F. A. Contribuição do estudo das plantas medicinais *Mikania glomerata* Sprengel *Revista Brasileira de Farmácia*, Rio de Janeiro, v.72, p. 42-47, 1991.

PEREIRA, A. M. S. Propagação e co-cultivo de células como fatores predisponentes à produção de cumarina em *Mikania glomerata* Sprengel (guaco). 1997 82p. Tese (Doutorado em Agricultura)-Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

RODIONOVA, M. A.; LAPA, I. K.; KASHINA, T. K.; SHUVALOVA, N. P. Effects of photoperiod on the content and metabolism of phenolic compounds in *Perilla ocymoides*. *Russian Journal of Plant Physiology*, Moscou, v. 42, n.6, p. 746-751, 1995.

REHDER, V.L., G., SARTORATO, A., MAGALHAES, P. M., FIGYEIRA, G. M.; MONTARI JUNIOR, I.; LOURENÇO, C. Variação fenológica do teor de cumarina em *Mikania laevigata* Schultz Bip., ex Baker. In: WORKSHOP DE PLANTAS MEDICINAIS. 3, 1998., Botucatu.. *Resumos ... Botucatu, SP:UNESP*, 1988. p. 26.

SILVA, F. G. Estudos de Calogênese *in vitro* e dos efeitos do manejo Fitotécnico no crescimento e na produção de óleo essencial em plantas de Carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) D, C.]2001. 128 p.Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SING, N.; LUTHRA, R.; SANSWAN, R. S. Effects of leaf position and age on the essential oil quality and quality in lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*). *Planta Medica*, v.55, n.3, p.254-256, 1989.

SUCHORSKA, K.; JEDRASKKO, B.; OLSZEWSKA-KAEZYNSKO, I. Influence of daylength on the content and composition of the essential oil from tarragon (*Artemisia dracunculus* f. *dracunculus*). *Annals of Warsaw Agricultural University*, Warsaw, n.16, p. 79-82, 1992.

YAMAURA, T.; TAKANAKA, S. TABANATA, M. Light-dependent formation of glandular trichomes and monoterpenos in thyme seedlings, **Phytochemistry**, Oxford, v. 28, n.3,p.741-744, 1989.

ZEEVAART, J. A D.; GAGE, D. A. Ent-kaurene biosynthesis is enhanced by long photoperiods in the long-day plants *Spinach oleracea* L. and *Agrostemma githago* L. **Plant Physiology**, Maryland, v. 101, n.1, p.25-29, Jan. 1993.

ANEXOS

TABELA 3.A.1 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura da epiderme abaxial (ápice) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	2864.192867	483.547	0.000
b2	1	54.875405	9.264	0.003
Desvio	1	281.207727	47.475	0.000
Resíduo	156	5.923297		

TABELA 3.A.2 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura da epiderme adaxial (ápice) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	23452.841780	1748.049	0.000
b2	1	13.437446	1.002	0.318
Desvio	1	6646.134161	495.367	0.000
Resíduo	156	13.416585		

TABELA 3.A.3 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura da epiderme abaxial (meio) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	532.249145	112.222	0.000
b2	1	40.663731	8.574	0.004
Desvio	1	0.819136	0.173	0.678
Resíduo	156	4.742833		

TABELA 3.A.4 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura da epiderme adaxial (meio) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	13699.113840	1332.070	0.000
b2	1	6752.410132	656.589	0.000
Desvio	1	1106.578377	107.601	0.000
Resíduo	156	10.284082		

TABELA 3.A.5 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura da epiderme abaxial (base) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	1542.623512	292.083	0.000
b2	1	51.533540	9.757	0.002
Desvio	1	33.710260	6.383	0.013
Resíduo	156	5.281454		

TABELA 3.A.6 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura da epiderme adaxial (base) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	19075.966878	1830.441	0.000
b2	1	4384.019378	420.670	0.000
Desvio	1	2759.160327	264.756	0.000
Resíduo	156	10.421513		

TABELA 3.B.1 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura do parênquima paliçádico (ápice) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	395.782079	9.402	0.003
b2	1	5246.974344	124.639	0.000
Desvio	1	877.815475	20.852	0.000
Resíduo	156	42.097262		

TABELA 3.B.2 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura do parênquima esponjoso (ápice) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	31716.817951	108.654	0.000
b2	1	100954.416474	345.845	0.000
Desvio	1	122.071094	0.418	0.519
Resíduo	156	291.906413		

TABELA 3.B.3 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter Espessura do parênquima paliçádico (meio) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	8888.731112	151.213	0.000
b2	1	4511.344140	76.746	0.000
Desvio	1	17.219353	0.293	0.589
Resíduo	156	58.783033		

TABELA 3.B.4 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura do parênquima esponjoso (meio) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	37652.194015	78.618	0.000
b2	1	301.854095	0.630	0.428
Desvio	1	4275.382815	8.927	0.003
Resíduo	156	478.927101		

TABELA 3.B.5 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura do parênquima paliádico (base) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	16024.787337	363.116	0.000
b2	1	1335.359359	30.259	0.000
Desvio	1	44.126906	1.000	0.319
Resíduo	156	44.131288		

TABELA 3.B.6 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura do parênquima esponjoso (base) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	62338.798669	156.729	0.000
b2	1	1716.460269	4.315	0.039
Desvio	1	54.673902	0.137	0.711
Resíduo	156	397.748810		

TABELA 3.C.1 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura total do limbo (ápice) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	163739.838185	403.408	0.000
b2	1	143713.582564	354.069	0.000
Desvio	1	6354.274458	15.655	0.000
Resíduo	156	405.891007		

TABELA 3.C.2 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura total do limbo (meio) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	183557.011165	273.310	0.000
b2	1	29960.269592	44.610	0.000
Desvio	1	1382.041654	2.058	0.153
Resíduo	156	671.606468		

TABELA 3.C.3 - Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter espessura total do limbo (base) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	306537.687938	544.408	0.000
b2	1	2931.748695	5.207	0.024
Desvio	1	1962.204277	3.485	0.064
Resíduo	156	563.065882		

TABELA 3.D.1 – Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter diâmetro do pecíolo (ápice) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	4156017.4818	101.841	0.000
b2	1	966215.0560	23.677	0.000
Desvio	1	9566.2112	0.234	0.629
Resíduo	108	40808.8689		

TABELA 3.D.2 – Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter diâmetro do pecíolo (meio) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	1091975.9762	26.758	0.000
b2	1	1145077.9210	28.060	0.000
Desvio	1	277929.8568	6.811	0.010
Resíduo	108	40808.8689		

TABELA 3.D.3 – Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter diâmetro do pecíolo (base) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	2684800.6088	65.790	0.000
b2	1	894937.1402	21.930	0.000
Desvio	1	143337.2882	3.512	0.064
Resíduo	108	40808.8689		

TABELA 3.D.4 – Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter comprimento do pecíolo (ápice) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	5.439063	14.074	0.001
b2	1	2.820312	7.298	0.012
Desvio	1	0.451563	1.168	0.289
Resíduo	28	0.386473		

TABELA 3.D.5 – Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter comprimento do pecíolo (meio) em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	10.100250	48.158	0.000
Desvio	2	0.058000	0.277	0.760
Resíduo	28	0.209732		

TABELA 3.D.6 – Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter comprimento do pecíolo base em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	1.296000	7.261	0.012
Desvio	2	0.122625	0.687	0.511
Resíduo	28	0.178482		

TABELA 4.A - Dados de temperatura, precipitação, insolação e umidade relativa observados durante o período de fevereiro de 2001 a agosto de 2001.

Mês/ano	Temperatura (°C)			PREC.	UR.	INSOL.
	T.MAX.	T.MIN.	T.MED.			
Fev/01	30,72	18,38	23,73	1,67	68,54	8,36
Mar/01	29,10	17,87	22,59	4,72	74,94	6,60
Abr/01	28,50	15,93	21,39	0,59	66,27	8,69
Mai/01	25,37	13,16	18,44	1,56	72,29	6,68
Jun/01	25,54	11,88	17,72	0,00	69,20	8,23
Jul/01	30,86	17,13	22,85	5,55	67,97	13,47
Ago/01	26,21	12,38	18,45	2,04	59,94	8,14

FONTE: Setor de Bioclimatologia da UFLA.

TABELA 4.B- Análises químicas do substrato.

PARÂMETROS	SUBSTRATO
pH em Água	5,6
P (mg/dm ³)	48,4
K (mg/dm ³)	463
Ca (cmolc/dm ³)	2,8
Mg (cmolc/dm ³)	3,1
Al (cmolc/dm ³)	0,0
H + Al (cmolc/dm ³)	1,9
SB (cmolc/dm ³)	7,1
t (cmolc/dm ³)	7,1
T (cmolc/dm ³)	9,0
V (%)	78,8
MO (dag/Kg)	3,3
P-rem (mg/L)	9,2

*Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, 2001

TABELA 4.C.1- Resumo da análise de variância para os valores de biomassa seca total em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	637.075399	28.262	0.0000
Erro	60	22.541858		
Total corr.	63			
CV (%) =	18.94			
Média geral:	25.0643906			

TABELA 4.C.2- Resumo da análise de variância para os valores matéria seca foliar em plantas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	118.105874	19.647	0.0000
Erro	60	6.011451		
Total corr.	63			
CV (%) =	20.95			
Média geral:	11.7042813			

TABELA 4.C.3- Resumo da análise de variância para os valores de biomassa seca do ramo em plantas de *Mikania glomerata* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	115.828508	30.565	0.0000
Erro	60	3.789594		
Total corr.	63			
CV (%) =	24.50			
Média geral:	7.9467188			

TABELA 4.C.4- Resumo da análise de variância para os valores de biomassa seca da raiz em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	43.463734	6.707	0.0005
Erro	60	6.480684		
Total corr.	63			

CV (%) = 47.03
Média geral: 5.4133906

TABELA 4.C.5- Resumo da análise de variância para os valores de biomassa seca da parte aérea em plantas de *Mikania glomerata*. Submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
tratamento	3	450.698822	29.808	0.0000
erro	60	15.120163		
Total corr.	63			

CV (%) = 19.79
Média geral: 19.6510000

TABELA 4.C.6- Resumo da análise de variância para os valores de área foliar total em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	1102.884431	13.102	0.0000
Erro	60	84.174645		
Total corr.	63			

CV (%) = 39.77
Média geral: 23.0685937

TABELA 4.C00.7- Resumo da análise de variância para os valores de área foliar específica em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	7.312326	10.383	0.0000
Erro	60	0.704280		
Total corr.	63			

CV (%) = 41.93
Média geral: 2.0013906

TABELA 4.C.8- Resumo da análise de variância para os valores de razão de área foliar em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	2.232748	19.002	0.0000
Erro	60	0.117499		
Total corr.	63			

CV (%) = 36.19
Média geral: 0.9471406

TABELA 4.C.9- Resumo da análise de variância para os valores de razão de peso foliar em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	0.028025	8.754	0.0001
Erro	60	0.003201		
Total corr.	63			

CV (%) = 11.98
Média geral: 0.4723594

TABELA 4.C.10- Resumo da análise de variância para os valores de altura do ramo em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	73586.854167	64.563	0.0000
Erro	60	1139.772917		
Total corr,	63			

CV (%) = 19.43
Média geral: 173.7187500

TABELA 4.C.11- Resumo da análise de variância para os valores de comprimento do entrenó em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	99.751589	18.728	0.0000
Erro	60	5.326330		
Total corr.	63			

CV (%) = 24.38
Média geral: 9.4662344

TABELA 4.C.12- Resumo da análise de variância para o número de folhas em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	567.229167	29.377	0.0000
Erro	59	19.308498		
Total corr.	62			

CV (%) = 13.64
Média geral: 32.2222222

TABELA 4.C.13- Resumo da análise de variância para o diâmetro do ramo em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Tratamento	3	2.896875	16.125	0.0000
Erro	60	0.179646		
Total corr.	63			
CV (%) =	7.61			
Média geral:	5.5718750			

TABELA 4.D.1- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter clorofila a, em função dos diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	0.608166	49.225	0.000
b2	1	0.248691	20.129	0.000
Desvio	1	0.040109	3.246	0.084
Resíduo	24	0.012355		

TABELA 4.D.2- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter clorofila b, em função dos diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	0.118157	4.465	0.045
b2	1	0.629706	23.795	0.000
Desvio	1	0.085447	3.229	0.085
Resíduo	24	0.026463		

TABELA 4.D.3- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter clorofila total, em função dos diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	1.261476	17.700	0.000
b2	1	1.668565	23.411	0.000
Desvio	1	0.242347	3.400	0.078
Resíduo	24	0.071272		

TABELA 4.E- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter relação clorofila a/b, em função dos diferentes níveis de sombreamento.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	0.111722	3.436	0.076
b2	1	0.605237	18.612	0.000
Desvio	1	0.068426	2.104	0.160
Resíduo	24	0.032518		

TABELA 5.A- idem tabela 4.B

TABELA 5.B.1- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter biomassa seca total, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	1694.963139	180.363	0.000
b2	1	71.183329	7.575	0.010
Desvio	1	53.244409	5.666	0.024
Resíduo	28	9.397495		

TABELA 5.B.2- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter biomassa seca das raízes, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	81.724516	37.120	0.000
b2	1	25.251171	11.469	0.002
Desvio	1	12.870902	5.846	0.022
Resíduo	28	2.201630		

TABELA 5.B.3- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter biomassa seca do caule, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	153.117647	231.204	0.000
Desvio	2	1.642496	2.480	0.102
Resíduo	28	0.662263		

TABELA 5.B.4- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter biomassa seca da folha, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	385.554065	145.266	0.000
Desvio	2	5.765925	2.172	0.133
Resíduo	28	2.654129		

TABELA 5.C- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter relação raiz/parte aérea, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	0.022515	2.016	0.167
b2	1	0.136765	12.247	0.002
Desvio	1	0.001918	0.172	0.682
Resíduo	28	0.011167		

TABELA 5.D.1- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter área foliar, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	1768.011007	91.626	0.000
Desvio	2	39.898634	2.068	0.145
Resíduo	28	19.295936		

TABELA 5.D.2- Resumo da análise de variância para o número de folhas em plantas de *Mikania glomerata*. submetidas a diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
tratamento	3	6783.416667	11.208	0.0001
repetição	7	361.285714	0.597	0.7514
erro	21	605.250000		
Total corr.	31			
CV (%) =	35.33			
Média geral:	69.6250000			

TABELA 5.E.1- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter razão de área foliar, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	5.595040	87.042	0.000
b2	1	1.729800	26.911	0.000
Desvio	1	0.005523	0.086	0.772
Resíduo	28	0.064279		

TABELA 5.E.2- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter razão de peso foliar, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	0.094576	29.419	0.000
b2	1	0.035778	11.129	0.002
Desvio	1	0.003706	1.153	0.292
Resíduo	28	0.003215		

TABELA 5.E.3- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter área foliar específica, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	5.505640	65.308	0.000
b2	1	1.162812	13.793	0.001
Desvio	1	0.088360	1.048	0.315
Resíduo	28	0.084303		

TABELA 5.F- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter altura do ramo, em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	90773.256250	42.938	0.000
Desvio	2	1164.293750	0.551	0.583
Resíduo	28	2114.040179		

TABELA 5.G- Estimativas das somas de quadrados e quadrados médios para os coeficientes de regressão linear (b1) e quadrática (b2), desvio de regressão para o caráter diâmetro do ramo em função dos diferentes fotoperíodos.

FV	G.L.	Q.M.	Fc	Prob.<F
b1	1	2.601000	8.451	0.007
Desvio	2	0.135125	0.439	0.649
Resíduo	28	0.307768		