

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

**INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE LUMINOSA E DO SUBSTRATO  
NO CRESCIMENTO, NO CONTEÚDO DE CLOROFILA E NA  
FOTOSSÍNTESE DE *Cabralea canjerana* (VELL.) MART.  
SUBSP. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* CAMB. E  
*Centrolobium robustum* (VELL.) MART. EX BENTH., NA FASE  
JUVENIL.**

Paulo Emani Ramalho Carvalho

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau e título de Doutor em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Mario Takao Inoue

**Curitiba, PR**  
**1996**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**P A R E C E R**

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **PAULO ERNANI RAMALHO CARVALHO**, sob o título "**INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE LUMINOSA E DO SUBSTRATO NO CRESCIMENTO, NO CONTEÚDO DE CLOROFILA E NA FOTOSÍNTESE DE *Cabralea canjerana* (VELLOZO) MARTIUS SUBSP. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* CAMBESSEDES E *Centrolobium robustum* (VELLOZO) BENTHAM EX-MARTIUS, NA FASE JUVENIL**", para obtenção do grau de **Doutor** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **SILVICULTURA**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese, com média final: (9,50), correspondente ao conceito: ( **A** ).

Curitiba, 11 de outubro de 1996

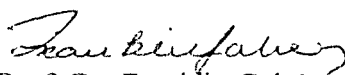


Pesq. Dra. Maria Elisa Cortezzi Graça  
Primeira Examinadora

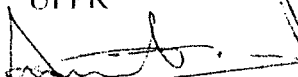
EMBRAPA



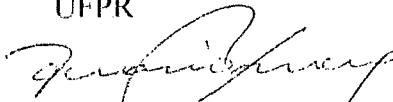
Pesq. Dr. Carlos Alberto Ferreira  
Segundo Examinador  
EMBRAPA



Prof. Dr. Franklin Galvão  
Terceiro Examinador  
UFPR



Prof. Dr. Antônio Carlos Nogueira  
Quarto Examinador  
UFPR



Prof. Dr. Mario Takao Inoue  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR



Aos meus pais,  
Honório e Maria Antonieta  
à minha esposa, Mirian  
e às minhas filhas,  
Thaís Helena e Ana Paula

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, especialmente:

Ao Prof. Dr. Mario Takao Inoue, por ter assumido, com boa vontade, a orientação desta pesquisa, prestando valiosa colaboração durante a elaboração e revisão deste trabalho;

Ao Dr. Carlos Alberto Ferreira, co-orientador e conselheiro acadêmico, pelo apoio concedido, não permitindo, jamais, que o espírito de luta esmorecesse e dando forças para suplantar as dificuldades à medida que iam surgindo, no decorrer das pesquisas;

Ao Dr. Franklin Galvão, co-orientador, pelo apoio e incentivo;

Aos colegas pesquisadores da Embrapa/Florestas, B. Sc. Erich G. Schaitza, M.Sc. José Elidney Pinto Junior, M.Sc. Gustavo Curcio, M.Sc. Sergio Gaiad, Dr. Antonio Francisco Jurado Bellotte, Dr. Edilson Batista de Oliveira, Dr<sup>a</sup> Maria Elisa Cortezzi Graça e Dr. Rivail Salvador Lourenço, pela revisão do texto e pelas valiosas sugestões apresentadas, os meus eternos agradecimentos;

À bibliotecária da Embrapa/Florestas Carmen Lúcia Cassilha Stival, pela normalização das bibliografias e pelo apoio;

À todos os amigos e funcionários da Embrapa/Florestas, devo parte do sucesso deste trabalho. Somente a compreensão e a amizade de todos permitiram a criação e sustentação de ambiente propício para o desenvolvimento do trabalho;

À Embrapa/Florestas, pela oportunidade, pelo incentivo e apoio na realização do curso;

Peço a Deus me possibilite oportunidade de, à Pátria e à Humanidade, poder restituir, ampliados, os benefícios que, em última análise, aquela me proporcionou.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

PAULO ERNANI RAMALHO CARVALHO nasceu em Fortaleza-CE, no dia 03 de dezembro de 1946.

Ingressou em 1968, no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, graduando-se em 1971.

Realizou seu mestrado em Engenharia Florestal, na área de concentração em Silvicultura, pela Universidade Federal do Paraná de 1974 a 1978.

Trabalhou de março de 1972 a dezembro de 1973 como assessor de pesquisa e professor no Colégio Estadual Florestal de Irati-PR, e de janeiro de 1974 a março de 1978 como responsável técnico do IBDF (atual IBAMA)/PRODEPEF, na Floresta Nacional de Irati.

Desde Abril de 1978, trabalha no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da EMBRAPA, em Colombo-PR, atuando na área de Silvicultura de Espécies Nativas, sendo autor do livro: ESPÉCIES FLORESTAIS BRASILEIRAS, editado pela EMBRAPA.

Em 1990, iniciou o Curso de Doutorado em Silvicultura, no Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

## SUMÁRIO

	Pág
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Estudos ecofisiológicos de espécies nativas no Brasil.....	4
2.2 Influência da intensidade da luz no crescimento das plantas.....	12
2.3 Produção de matéria seca.....	14
2.4 Clorofila.....	15
2.4.1 Métodos de extração da clorofila.....	19
2.5 Fotossíntese e transpiração.....	19
2.6 Área foliar.....	23
2.7 Análise foliar.....	24
2.8 Associações simbióticas.....	26
2.8.1 Micorrizas arbusculares (MA).....	26
2.8.2 Rizóbio.....	28
2.9 Informações ecológicas e silviculturais das espécies estudadas	29

2.9.1 <i>Cabralea canjerana</i> subsp. <i>canjerana</i> - canjarana.....	29
2.9.2 <i>Calophyllum brasiliense</i> - guanandi.....	30
2.9.3 <i>Centrolobium robustum</i> - araribá-rosa.....	31
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
3.1 Caracterização do local do experimento.....	32
3.2 Espécies estudadas.....	32
3.3 Níveis de intensidades luminosas.....	33
3.4 Análise dos substratos.....	33
3.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	35
3.6 Produção das mudas.....	36
3.6.1. Sementes.....	36
3.6.2. Cultivo das mudas.....	37
3.7 Análise do crescimento e sobrevivência.....	37
3.8 Teor de nutrientes (macro e micro) nas folhas.....	38
3.9 Associações simbióticas.....	38
3.9.1. Rizóbio.....	39
3.9.2. Micorrizas arbusculares (MA).....	39
3.10 Concentração de clorofila ( <u>a</u> , <u>b</u> e total).....	39
3.11 Fotossíntese e Transpiração.....	41
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
4.1 Araribá-rosa.....	42
4.1.1 Sobrevivência.....	42
4.1.2 Crescimento.....	42

4.1.3 Produção da matéria seca (M.S.).....	46
4.1.4 Área foliar (AF) e área específica foliar (AEF).....	49
4.1.5 Análise foliar.....	51
4.1.6 Associações simbióticas.....	63
4.1.7 Teor de Clorofila.....	67
4.1.8 Fotossíntese e transpiração.....	73
4.2 Canjarana.....	77
4.2.1 Sobrevivência.....	77
4.2.2 Crescimento (altura e diâmetro do colo).....	77
4.2.3 Matéria seca.....	80
4.2.4 Área foliar (AF) e área específica foliar (AEF).....	83
4.2.5 Análise foliar.....	85
4.2.6 Associação simbiótica.....	93
4.2.7 Teor de Clorofila.....	94
4.2.8 Fotossíntese líquida e transpiração.....	97
4.3 Guanandi.....	100
4.3.1 Sobrevivência.....	100
4.3.2 Crescimento (altura e diâmetro do colo).....	100
4.3.3 Matéria seca.....	104
4.3.4 Área foliar (AF) e área específica foliar (AEF).....	106
4.3.5 Análise foliar.....	108
4.3.6 Associação simbiótica.....	118
4.3.7 Teor de Clorofila.....	120
4.3.8 Fotossíntese e transpiração.....	122
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS: implicações ecológicas e silviculturais.....	125



<b>5.</b>	<b>129</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	
<b>6.</b>	<b>131</b>
<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>152</b>
<b>.....</b>	

## LISTA DAS TABELAS

		Pág.
TABELA 1	Análise granulométrica dos substratos.	34
TABELA 2.	Características químicas dos substratos.	34
TABELA 3	Procedência das sementes utilizadas.	36
TABELA 4	Crescimento (altura e diâmetro do colo); matéria seca (total, aérea e radicial); área foliar e área específica foliar, de mudas de araribá-rosa, aos 9 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.....	43
TABELA 5	Teores de macro (% M.S.) e micronutrientes (ppm M.S.) em folhas de mudas de araribá-rosa, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.	52
TABELA 6	Nodulação (número de nódulos e peso de matéria seca) e número total de esporos MA, em raízes de mudas de araribá-rosa, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.	64
TABELA 7	Teor de clorofila <u>a</u> , clorofila <u>b</u> , clorofila total (a + b) e relação clorofila <u>a/b</u> , em mudas de araribá-rosa, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em $\mu\text{g.mg}^{-1}$ ).....	68
TABELA 8	Fotossíntese líquida e transpiração, em mudas de araribá-rosa, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.(concentração em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	73
TABELA 9	Crescimento (altura e diâmetro do colo); matéria seca (total, aérea e radicial); área foliar e área específica foliar, de mudas de canjarana, aos 9 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.....	78
TABELA 10	Teores de macro (% M.S.) e micronutrientes (ppm M.S.) em folhas de mudas de canjarana, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.....	85
TABELA 11	Número total de esporos MA, em raízes de mudas de canjarana, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.....	93
TABELA 12.	Teores de clorofila <u>a</u> , clorofila <u>b</u> , clorofila total e relação clorofila <u>a/b</u> , das	

	mudas de canjarana, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em $\mu\text{g.mg}^{-1}$ ).	95
TABELA 13.	Fotossíntese líquida e transpiração, em mudas de canjarana, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.(concentração em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	98
TABELA 14	Crescimento (altura e diâmetro do colo); matéria seca (total, aérea e radicial); área foliar e área específica foliar, de mudas de guanandi, aos 9 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.....	101
TABELA 15.	Teores de macro (% M.S.) e micronutrientes (ppm M.S.) em folhas de mudas de guanandi, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.....	109
TABELA 16.	Número total de esporos MA, em raízes de mudas de guanandi, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.....	119
TABELA 17	Concentração de clorofila <u>a</u> , clorofila <u>b</u> , clorofila total (a + b) e relação clorofila <u>a/b</u> , em mudas de guanandi, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.(concentração em $\mu\text{g.mg}^{-1}$ )	120
TABELA 18.	Fotossíntese líquida e transpiração, em mudas de guanandi, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.(concentração em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	123

## LISTA DAS FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Altura (a) e diâmetro do colo (b) de mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	45
FIGURA 2	Matéria seca total - MST (a); aérea - MSA (b) e radicial - MSR (c) de mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	48
FIGURA 3	Área foliar - AF (a) e área específica foliar - AEF (b) das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	50
FIGURA 4	Teores de N (a); P (b) e K (c); nas folhas das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	54
FIGURA 5	Teores de Ca (a) e Mg (b) nas folhas das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	57
FIGURA 6	Teores de Cu (a); Fe (b); Mn (c) e Zn (d) nas folhas das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	60
FIGURA 7	Nodulação: número dos nódulos (a) e peso de matéria seca (b) e número total de esporos MA (c), nas raízes de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	66
FIGURA 8	Teor de clorofila <u>a</u> (a); clorofila <u>b</u> (b); clorofila total ( <u>a</u> + <u>b</u> ) (c) e relação clorofila <u>a/b</u> (d) das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.(concentração em $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ )	72
FIGURA 9	Fotossíntese (a) e transpiração (b) das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas (concentração em $\mu\text{mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ).	74
FIGURA 10	Altura (a) e diâmetro do colo (b) de mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas..	79

FIGURA 11	Matéria seca total (a), aérea (b) e radicial (c) de mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	82
FIGURA 12	Área foliar (a) e área específica foliar (b) das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	84
FIGURA 13	Teores de N (a); P (b) e K (c); na M.S. das folhas das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	87
FIGURA 14	Teores de Ca (a) e de Mg (b) na M.S. das folhas das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	89
FIGURA 15	Teores de Cu (a); Fe (b); Mn (c) e Zn (d) na M.S. nas mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	91
FIGURA 16	Número total de esporos MA, nas raízes das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	94
FIGURA 17	Teores de clorofila <u>a</u> (a); clorofila <u>b</u> (b); clorofila total (c) e relação clorofila <u>a/b</u> (d) das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas (concentração em $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ )	96
FIGURA 18	Taxa de fotossíntese (a) e de transpiração (b) das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.(concentração em $\mu\text{mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	99
FIGURA 19	Diâmetro do colo (a) e altura (b) de mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	103
FIGURA 20	Matéria seca total - MST (a); aérea - MSA (b) e radicial - MSR (c) de mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	105
FIGURA 21	Área foliar - AF (a) e área específica foliar - AEF (b) das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	108

FIGURA 22	Teores de N (a), P (b) e K (c), nas folhas nas mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	111
FIGURA 23	Teores de Ca (a) e Mg (b) nas folhas nas mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	114
FIGURA 24	Teores de Cu (a), Fe (b), Mn (c) e Zn (d) na M.S das folhas das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	116
FIGURA 25	Número total de esporos MA nas raízes das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	119
FIGURA 26	Teor de clorofila <u>a</u> (a), clorofila <u>b</u> (b), clorofila total ( <u>a</u> + <u>b</u> ) (c) e relação clorofila <u>a/b</u> (d) das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.(concentração em $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ )	122
FIGURA 27	Fotossíntese líquida (a) e transpiração (b) das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St <sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.....	124

## RESUMO

Visando estudar a auto-ecologia de três espécies florestais brasileiras; *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. subsp. *canjerana* (canjarana); *Callophyllum brasiliense* Camb. (guanandi) e *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (araribá-rosa), estudou-se o comportamento na fase juvenil de mudas envasadas em dois substratos (Colombo e Santa Helena) e sob intensidades luminosas de 10%, 30%, 50% e 100%. Para todas as espécies, foram estudados vários parâmetros ecofisiológicos: altura, diâmetro do colo, matéria seca (aérea, radicial e total), área foliar e área específica foliar, análise de nutrientes foliares, associação simbiótica, concentração de diferentes clorofilas, fotossíntese e transpiração. Os parâmetros ecofisiológicos analisados foram, na sua quase totalidade, superiores no substrato Colombo, sendo influenciados pelas propriedades físicas, pela flora microbiológica dos substratos e pelas intensidades luminosas. Com base nos resultados, verificou-se ainda, que o crescimento em altura e diâmetro do colo, está relacionado à intensidade luminosa e que a produção de matéria seca também está, mas, de maneira menos expressiva. Geralmente, a concentração de clorofila a, clorofila b e clorofila total (a + b) diminuiu, de acordo com a redução da intensidade luminosa. Diferentes tipos de substratos promoveram diferenças significativas na concentração de clorofila nas folhas. Pela fotossíntese, verificou-se que as espécies estudadas são tolerantes e plásticas em relação à luz. Uma escala crescente de tolerância à sombra pode ser estabelecida na seguinte ordem: *Centrolobium robustum*, *Callophyllum brasiliense*, *Cabralea canjerana*, ou traduzindo-se em grupos ecológicos: araribá-rosa é uma espécie pioneira tardia, o guanandi e a canjarana são secundárias tardias.

## ABSTRACT

To study the autoecology of *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* - (common name: canjarana); *Callophyllum brasiliense* - (guanandi) and *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. - (araribá-rosa), the behavior at a juvenile phase of seedlings planted in plastic bags with two different media (Colombo and Santa Helena) was studied under day light intensities of 10%, 30%, 50% and 100%. The following parameters were studied for each species: height, collar diameter, dry weight (aerial, root and total), leaf area, mineral concentration of the leaves, symbiotic association, concentration of different chlorophylls, photosynthesis and transpiration rates. All these ecophysiological parameters were superior with the Colombo medium due to physical properties and to the microbiological flora of the medium. Height and collar diameter growth was highly correlated to light intensity. Dry weight was not correlated to light intensity. In general, a, b, and total (a + b) chlorophyll content decreased with light intensity. The content of chlorophyll in leaves was significantly different in the two types of media. Based on photosynthetic rates, the studied species can be ranked the following order considering shade tolerance: *Centrolobium robustum*, *Callophyllum brasiliense*, *Cabralea canjerana*. In terms of ecological groups, it means that: *Centrolobium robustum* performed as a late pioneer tree, and *Callophyllum brasiliense* and *Cabralea canjerana* as late secondary species.



## 1 INTRODUÇÃO

A indicação de espécies nativas promissoras e potenciais, que sirvam como alternativa ao reflorestamento, em muitos casos está limitada pela insuficiência de informações sobre o seu comportamento silvicultural. A literatura pertinente apresenta apenas informações parciais sobre elas, restritas à descrição da espécie, sua importância, área de ocorrência natural, fenologia, características da semente, tentativas de produção de mudas e alguns dados sobre os plantios florestais. Estes últimos, sempre em áreas pequenas e com pouco sucesso, mesmo entre aquelas mais promissoras.

A silvicultura das espécies nativas carece de informações básicas, as quais são de capital importância para a compreensão do comportamento das plantas, em relação às diversas variações ambientais. Segundo INOUE (1983), as espécies nativas quase sempre não encontram, sob condições de plantios homogêneos a céu aberto, desde que não sejam pioneiras, as condições ecológicas existentes na floresta natural. Esta afirmativa é corroborada por KAGEYAMA & CASTRO (1989), os quais dizem que elas teriam maior probabilidade de êxito quanto mais semelhante às suas condições naturais for o do plantio.

Há necessidade premente de estudos silviculturais, ecológicos, fisiológicos dessas espécies, a fim de poder eleger espécies prioritárias com potenciais silviculturais que as tornem comercializáveis em um manejo adequado.

O conhecimento da aptidão natural de cada espécie é fator fundamental para o desenvolvimento de uma silvicultura mais adequada e que leve em consideração a biologia de cada espécie.

Os conhecimentos atuais sobre as espécies florestais nativas são ainda insuficientes para assegurar a reconstituição das florestas exploradas, principalmente porque não se conhecem as exigências ecofisiológicas para a sua regeneração (GALVÃO, 1986; ENGEL, 1989). Esses estudos devem envolver, para cada espécie, a identificação das exigências das plantas nos diferentes estádios de desenvolvimento, em relação aos

fatores ambientais, destacando-se as exigências de luz, temperatura, água e nutrientes (FERREIRA, 1977; ALENCAR & ARAÚJO, 1980; DOLEY, 1982; GALVÃO, 1986; ENGEL, 1989; KOZLOWSKI *et al.*, 1991).

Entre os fatores ecofisiológicos que interagem no sucesso ou insucesso do plantio com espécies nativas, a luz é dos mais importantes. Para a planta, a luz é fonte de energia e estímulo regulador do desenvolvimento, podendo limitar ou promover o seu crescimento. Há plantas cujo desempenho fotossintético cai sob iluminação excessiva, enquanto que, as heliófitas fazem melhor uso da luz, com elevado rendimento fotossintético (DANIEL *et al.*, 1979). A análise do desempenho assimilatório em relação à luz fornece informações de caráter ecofisiológico que poderão subsidiar muitas decisões silviculturais (INOUE & GALVÃO, 1986).

As espécies diferenciam-se não somente pela quantidade de luz que necessitam para o crescimento, mas também pelas suas respostas às diferentes intensidades de luz (FAIRBAIRN & NEUSTEIN, 1970). Porém, a luz não deve ser o principal fator que influi no crescimento satisfatório de espécies umbrófilas com desempenho satisfatório em solo de alta fertilidade. Neste caso, deve haver uma alta interação entre solo e luz, favorecendo este comportamento.

Entre as espécies nativas arbóreas consideradas promissoras e potenciais para o reflorestamento de várias regiões brasileiras, de acordo com CARVALHO (1994) encontram-se a canjarana (*Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* - Meliaceae), o araribá-rosa (*Centrolobium robustum* - Fabaceae) e o guanandi (*Calophyllum brasiliense* - Clusiaceae). As espécies madeireiras promissoras apresentam as seguintes características: a) valor econômico comprovado, com produção de madeira valiosa; b) desempenho silvicultural aceitável e c) aptidão para programas de regeneração induzida. As espécies madeireiras potenciais, possuem os mesmos atributos das espécies promissoras, porém com poucas informações sobre plantios experimentais ou de

comprovação.

Objetivou-se, com este trabalho:

- a. determinar as necessidades lumínicas na fase juvenil do araribá-rosa, canjarana e guanandi;
- b. determinar o efeito de diferentes substratos no crescimento das três espécies sob diferentes intensidades luminosas;
- c. investigar a viabilidade do uso do dimetilsulfóxido (DMSO) para extrair pigmentos fotossintéticos;
- d. determinar o teor de fotossíntese nas espécies sob diferentes intensidades luminosas; e
- e. inferir, mediante método aplicado, considerações silviculturais dessas espécies em plantios experimentais já estabelecidos.

A escolha das espécies para o estudo baseou-se na sua importância ecológica, silvicultural e econômica (CARVALHO, 1994), ausência de estudos semelhantes, e na hipótese de que estas espécies apresentariam características diversas, quanto ao seu grau de tolerância à sombra.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Estudos ecofisiológicos de espécies nativas no Brasil

No Brasil, a ecofisiologia de espécies florestais nativas tem sido pouco contemplada em trabalhos, especialmente quando se considera a biodiversidade da flora existente. Entretanto, já há alguns dados na área principalmente relacionados com a intensidade luminosa para algumas espécies.

DEICHMANN & BALDANZI (1966), estudando a influência da luz sobre a sobrevivência e desenvolvimento de plântulas de *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), não constataram diferenças de crescimento nas alturas em mudas de *A. angustifolia* vegetando à plena luz do dia e a 75% de luminosidade.

CARNEIRO & CASTELLANO (1972) testaram a eficiência de ripados de madeira (0, 20, 40, 60, 80 e 100% de sombreamento), durante o período de produção de mudas de *Euterpe edulis* (palmitheiro). A sobrevivência foi afetada, seis meses após a semeadura. Os autores constataram abrupta mortalidade no sombreamento inferior a 40% e recomendaram sombreamento de 40 a 80%.

Analisando o comportamento de *Carapa guianensis* (andiroba), sob três níveis de luminosidade no campo (plena abertura, sombreamento total e sombreamento parcial), OLIVEIRA (1974) não observou diferenças significativas de crescimento em altura, entre os tratamentos aplicados, concluindo tratar-se de espécie de fácil adaptação às diferentes intensidades de luz.

SEITZ (1976), trabalhando com mudas de *Piptocarpha angustifolia* (vassourão-branco), observou que seu ponto de saturação luminosa foi obtido com baixa intensidade de luz. Segundo o autor, as mudas jovens têm características umbrófilas, desenvolvendo-se melhor na meia sombra do sub-bosque.

FERREIRA (1977) estudou o efeito de diferentes níveis de luminosidade sobre o

desenvolvimento de mudas, na fase de viveiro e de campo de quatro espécies nativas: *Schizolobium parahyba* (guapuruvu); *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá); *Peltophorum dubium* (faveira) e *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril). Observou diferenças significativas entre os níveis de sombreamento sobre os parâmetros analisados (peso da matéria seca total, relação raiz/parte aérea, área foliar e diâmetro de coleto) na fase de viveiro; porém no campo não teve efeito significativo no desenvolvimento inicial das espécies, a não ser *E. contortisiliquum*, cujas mudas produzidas no viveiro, sob 30% de luminosidade, tiveram maior desenvolvimento em altura em relação às mudas produzidas a pleno sol. Verificou também que as maiores intensidades de luz favoreceram o crescimento em diâmetro do colo do guapuruvu e jatobá, mas foram indiferentes para a faveira e tamboril. Uma maior produção de matéria seca foi obtida para *H. stigonocarpa* e *P. dubium* na ausência de sombreamento e um maior diâmetro de colo foi verificado em mudas de *S. parahyba*.

INOUE (1978) verificou que mudas de *Cedrela* sp. (cedro) cultivadas na sombra apresentaram um coeficiente econômico aparente (fotossíntese líquida/respiração) bem mais elevado do que as plantas crescidas em luz mais forte, quando submetidas à intensidade luminosa mais fraca. Contrariamente, as plantas crescidas sob luz mais forte foram mais produtivas quando submetidas às maiores intensidades de luz.

GALVÃO (1979), contribuindo para a auto-ecologia de *Enterolobium contortisiliquum*, apresentou informações ecofisiológicas para plantas jovens, em relação à intensidade luminosa, temperatura ambiental e disponibilidade hídrica, concluindo que essa espécie caracteriza-se como heliófila, no estágio juvenil.

INOUE (1980) observou a umbrofilia em mudas de *Cedrela fissilis* (cedro), cuja saturação lumínica da capacidade fotossintética é alcançada em torno de 20 Klux, que corresponde aproximadamente a 20% da intensidade da luz plena do dia. Conclui, dizendo que o plantio a céu aberto não é compatível com a fisiologia da espécie, e que a

regeneração artificial deve ser conduzida sob cobertura temporária.

ALENCAR & ARAÚJO (1980) compararam o crescimento em diâmetro, altura e a sobrevivência de 21 espécies florestais amazônicas plantadas em duas condições de luminosidade, uma sob sombra de floresta primária não explorada e a outra, em plena abertura de luz. Observaram para a quase totalidade das espécies, que a luz foi um fator de importância fundamental, tanto como limitante do crescimento como também regulador da sobrevivência das espécies florestais.

STURION (1980) constatou que as mudas de *Prunus brasiliensis* (pessegueiro-bravo) apresentaram maior peso de matéria seca total, quando crescidas a céu aberto. E também, para diferentes níveis de sombreamento em *P. brasiliensis*, foi observado que mudas sem sombreamento obtiveram diâmetro de colo superior às produzidas sob 60% de sombreamento.

TORRES (1980) estudou alguns parâmetros de crescimento em mudas de *Araucaria angustifolia* crescendo sob intensidades luminosas de 100%, 71%, 45%, 25%, 9%, 6% e 2% em relação à plena luz do dia. Concluiu que as maiores alturas foram observadas em plantas crescendo entre 25% e 9%, enquanto que a maior produção total de matéria seca foi alcançada em plantas sob céu aberto e sob 71% e 45% de intensidade luminosa.

SOUZA (1981), desenvolvendo um ensaio com mudas de *Cedrela fissilis* observou, após 33 semanas, que os níveis de 25%, 71% e 100% da luz do dia foram os que propiciaram os maiores pesos de matérias secas totais.

STURION & IEDE (1982), estudando três níveis de luminosidade na produção de mudas de *Ocotea porosa* (imbuia) verificaram que mudas com maior diâmetro de colo, peso de matéria seca e maiores relações entre o peso de matéria seca do sistema radicial e da parte aérea, e entre diâmetro do colo e altura da parte aérea, foram obtidas quando produzidas a céu aberto; porém constatou-se menor porcentagem de sobrevivência neste

tratamento.

Estudos ecofisiológicos sobre *Ilex paraguariensis* (erva-mate) comprovam a característica de umbrofilia, onde o melhor comportamento apresentado por mudas com 6 meses de idade, foi conseguido sob condições de sombreamento entre 15 e 50% de luz plena do dia, quando comparado com 75 e 100% de luz. Tal comportamento foi verificado para todos os parâmetros analisados, ou seja, a altura total, peso total, peso aéreo e peso radicial (INOUE, 1983).

BARBOSA (1985), testando quatro níveis de radiação solar e três espaçamentos com mudas de *Didymopanax morototoni* (morototó), observou um aumento da matéria seca da raiz e da planta total, quando produzidas com maior sombreamento. Além disso, considera que o sombreamento antecipou e aumentou as taxas de crescimento de *D. morototoni*, indicando uma facilidade de adaptação e potencial habilidade para competir em condições ambientais de menor incidência de radiação.

GALVÃO (1986) pesquisando a variação sazonal da fotossíntese líquida e respiração em plantas com 18 meses de três espécies florestais, observou que *Ilex paraguariensis* e *Cabralea canjerana* apresentaram tolerâncias semelhantes, caracterizando-se fisiologicamente como umbrófilas, devido à saturação lumínica e ponto de compensação.

INOUE & GALVÃO (1986), estudando o desempenho assimilatório de *Mimosa scabrella* (bracatinga), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Schinus terebinthifolius* (aroeira) e *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado), em dependência da intensidade luminosa, confirmam, baseado no desempenho fotossintético, que as três primeiras espécies apresentam características de heliófilas, enquanto que a última, como de umbrófila. O ponto de compensação mais elevado (970 lux) foi observado em *M. scabrella*.

ALBRECHT & ROSADO (1986) concluíram que mudas de *Astronium fraxinifolium* (aroeira), produzidas a pleno sol, apresentaram uma maior produção de matéria seca do

que as com luminosidade mais baixa.

MARTINS & VARELA (1986), com *Carapa guianensis* (andiroba), obtiveram mudas com maior altura, quando sob 30% de luminosidade. Entretanto, maior peso de matéria seca da parte aérea foi observado às mudas produzidas sob 50% de intensidade luminosa.

Para outra espécie nativa, *Tabebuia aurea* (ipê) ALBRECHT & NOGUEIRA (1986) recomendaram não sombrear os canteiros. Os tratamentos utilizados foram: 0, 25, 50 e 70% de sombreamento. Concluíram, que o diâmetro do colo não apresentou variações estatísticas significativas, quanto aos diferentes níveis de sombreamento.

FAÇANHA & VARELA (1987), estudando os efeitos do tamanho de semente e da intensidade luminosa na produção de mudas de *Eperua bijuga* (muirapiranga), concluíram que os tamanhos de semente e os níveis de luminosidade não exerceram influência na germinação de sementes e nem na produção de mudas.

JESUS *et al.* (1988) aconselham a utilização de canteiros sombreados para *Cordia trichotoma* (louro-pardo), com sombrite 50% (ou equivalente). Todavia, recomendam que, 15 dias antes do plantio definitivo no campo, é imprescindível deixar as mudas a pleno sol.

ENGEL (1989) estudou as intensidades de luz mais adequadas na fase juvenil de quatro espécies florestais que ocorrem no Estado de São Paulo, submetidas aos sombreamentos de 0% (pleno sol), 42%, 68% e 82% durante a fase de viveiro: *Amburana cearensis* (cerejeira); *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo); *Tabebuia avellanedae* (ipê-roxo) e *Erythrina speciosa* (suinã). Estabelecendo, uma escala crescente de tolerância à sombra pode ser estabelecida, na seguinte ordem: *E. speciosa*, *Z. tuberculosa*, *T. avellanedae* e *A. cearensis*.

OLIVEIRA *et al.* (1989) analisaram o desenvolvimento de plântulas de *Cabralea glaberrima* sob 0, 25, 50, 70, e 80% de sombreamento e observaram uma altura estatisticamente superior para as mudas sob 70% e 80% de sombreamento. Resultados similares foram obtidos para a produção de matéria seca total nos referidos níveis,



influenciada por uma maior produção de matéria seca da parte aérea.

ALBRECHT & MOREIRA (1990) sugerem a não utilização de sombreamento na produção de mudas de *Vochysia divergens* (cambará), por ser uma espécie intolerante à sombra, a fim de se obter mudas com maior potencial de sobrevivência.

NAVES *et al.* (1990), estudando o efeito da luminosidade sobre o desenvolvimento e composição química de duas espécies florestais, concluíram que *Hovenia dulcis* (uva-do-japão) apresenta características heliófitas. As plantas de *Copaifera langsdorffii* (óleo-copaíba) poderiam ser classificadas como planta umbrófila.

Para *Amburana cearensis* e *Leucaena leucocephala* (leucena), a área foliar e a altura das plantas tenderam a aumentar com o acréscimo do nível de sombreamento, com altura máxima obtida sob 50% de sombreamento (DRUMOND & LIMA, 1991). Também, os parâmetros como a relação raiz/parte aérea, com base na matéria seca e o peso seco total, apresentaram um decréscimo com o aumento do sombreamento, salvo a sobrevivência que foi maior com 25% de sombreamento.

SCALON (1991) avaliou três níveis de sombreamento: pleno sol, 30 e 50% de sombra. O sombreamento não interferiu significativamente no comportamento das mudas de *Platygyamus regnelli* (pau-pereira), mostrando capacidade relativa de tolerância ao sombreamento, pelo menos na fase inicial do desenvolvimento. Mudas submetidas a 50% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) apresentaram maior altura do que a pleno sol.

REIS *et al.* (1991) verificaram substancial aumento do diâmetro do coleto com a elevação do nível de sombreamento de 0% para 30% em *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia). O diâmetro máximo foi obtido entre 30% e 50% de sombreamento.

Estudando o crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (leucena), *Peltophorum dubium* e *Schizolobium parahyba* em função da idade e da luminosidade MORAES NETO (1992), concluiu que a regeneração dessas espécies poderá ser conduzida à plena luz.

POGGIANI *et al.* (1992), estudando plântulas de *Piptadenia rigida* (angico-branco), *Schizolobium parahyba* e *Albizia lebbbeck* (coração-de-negro), concluíram que as espécies apresentaram um maior crescimento em altura, nas condições de 80% de sombreamento do que à plena luz. Todavia, evidenciaram incrementos significativos do peso de matéria seca das folhas e da área foliar, quando expostas a 20% de luminosidade.

Para mudas de *Dinizia excelsa* (angelim-pedra) VARELA & SANTOS (1992) concluíram que: a) apresentaram maiores valores de peso de matéria seca da parte aérea e do sistema radicial, quando produzidas com pouco sombreamento (30% e 50%); b) as que atingiram maior altura foram produzidas sob 30% e 50% de sombreamento; c) houve um decréscimo no diâmetro do colo e na altura com o sombreamento de 70%.

AMARAL & KAGEYAMA (1993) tecem considerações sobre a ecofisiologia da germinação e do estabelecimento de plântulas de *Citharexylum myrianthum* (tarumã-branco), concluindo que a espécie responde à luz, porém não existindo diferenças quanto às temperaturas testadas.

DEUS *et al.* (1993) compararam o crescimento em diâmetro, altura e a sobrevivência de 28 espécies florestais amazônicas plantadas em duas condições de luminosidade, uma, sob sombra de floresta primária não explorada e a outra, a pleno sol. Observaram, que a luz foi um fator de importância fundamental, tanto como limitante do crescimento, como também regulador da sobrevivência da quase totalidade das espécies.

Analisando o comportamento de mudas de *Licaria canella* (louro-pirarucu), sob os níveis de 0, 30, 50 e 70% de sombreamento, PINTO & VARELA (1993) constataram que aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura: a) sob 50% de sombreamento apresentaram maiores valores de peso de matéria seca das partes radicial e aérea, quando comparadas com as produzidas a céu aberto; b) altura, área foliar, razão da área foliar não foram influenciadas pelos níveis de sombreamento.

NAVES (1993) estudou mudas de *Sesbania sesban* (sesbânia), *Cydistax*

*antisiphylitica* (ipê-mirim) e *Copaifera langsdorffii* cultivadas em quatro níveis de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Através dos parâmetros investigados, confirmou que as espécies podem ser classificadas como plantas pioneira, secundária inicial e tolerante, respectivamente, dentro do processo de sucessão.

Para verificar o efeito do sombreamento em uma espécie amazônica, *Goupia glabra* (cupiúba), DANIEL *et al.* (1994) testaram os níveis de sombra: 0, 30, 50 e 80%. Concluem que as mudas desta espécie não podem ser produzidas a pleno sol, pela alta mortalidade de mudas existente neste tratamento. Constataram também que as mudas de todos os níveis de sombreamento apresentaram maiores valores das variáveis medidas (altura, diâmetro e matéria seca) com o aumento do sombreamento, sem ter características de estiolamento. Estes autores sugerem 30% de sombreamento para a produção de mudas.

REIS *et al.* (1994), estudando o crescimento e ponto de compensação lumínico de quatro espécies florestais nativas: *Colubrina rufa* (sobrasil), *Dalbergia nigra*, *Piptadenia peregrina* (angico-vermelho) e *Tabebuia serratifolia* (ipê-amarelo), com base nas características avaliadas, preconizaram o nível de sombreamento de até 30% como o mais recomendável para a produção de mudas de ipê-amarelo, jacarandá-da-bahia e sobrasil. Não é recomendado o uso de sombreamento para o angico-vermelho.

Plântulas de *Balfourodendron riedelianum* (guatambu) expostas à luz total apresentaram um desenvolvimento pequeno, ocorrendo alta taxa de mortalidade, segundo FARIAS (1994) demonstra ser uma espécie com baixa plasticidade fisiológica.

PEDROSO & VARELA (1995), estudando o efeito do sombreamento no crescimento de mudas de *Ceiba pentandra* (sumaúma), concluíram que os níveis de sombreamento aplicados não influenciaram o desenvolvimento em altura das mudas, peso da matéria seca da parte aérea e radicial. Porém, a área foliar foi estatisticamente superior para mudas sob 70% de sombreamento em relação às de 30%.

Estudando o comportamento de *Cryptocarya aschersoniana* (canela-fogo),

submetida à diferentes níveis de sombreamento em viveiro (0, 50, 70 e 90%), os resultados obtidos por SALGADO *et al.* (1996) permitem observar que é uma espécie nitidamente adaptada à condição de clareira, possuindo caráter semi-heliófilo, pelo seu melhor desempenho a 50% de sombreamento (tratamento que melhor simula um ambiente de clareira).

## 2.2 Influência da intensidade da luz no crescimento das plantas

A luz é um fator ecológico fundamental. Intervém em numerosos processos fisiológicos, dos quais o mais importante é a fotossíntese, com grande importância na produtividade dos ecossistemas.

A intensidade de luz afeta o crescimento vegetativo por exercer efeitos diretos sobre a fotossíntese, a abertura estomática e a síntese de clorofila (KOZLOWSKI *et al.*, 1991). Dentre os fatores ambientais, também é a que exerce maior influência sobre todos os estágios de desenvolvimento da planta, existindo um ponto ótimo para cada fase. A luz age pela intensidade, comprimento de onda ou qualidade, grau de polarização, direção, duração ou periodicidade. Seu papel ecológico essencial reside na manutenção de ritmos biológicos de períodos variáveis, lunares ou estacionais.

Plantas umbrófilas de uma mesma espécie, quando crescem em condições de sombreamento apresentam maiores alturas e têm maior área foliar, em relação ao peso de matéria seca, do que as que crescem sob luz solar plena. Assim, é que muitas plantas tropicais são espécies típicas de sombra e obtêm seu máximo de desenvolvimento em níveis de luminosidade inferiores à radiação solar normal (CORREIA, 1977).

Para muitas espécies, intensidades de luz muito elevadas podem reduzir substancialmente a fotossíntese (LEVITT, 1974), promovendo um aumento da transpiração e uma redução no conteúdo hídrico das folhas, causando a desidratação e a morte de

células (GALVÃO, 1986; PANDURO, 1986; KOZLOWSKI *et al.* 1991). Sob intensidades de luz mais baixa, a taxa real de fotossíntese pode se tornar menor que a taxa de respiração e a taxa líquida de fotossíntese torna-se negativa (WHATLEY & WHATLEY, 1982).

Por outro lado, a maioria das plantas, em resposta à sombra, produz menos matéria seca, retém fotossintetizados na parte aérea às expensas do crescimento da raiz, desenvolve maiores internós e pecíolos mais longos, e as folhas são maiores e mais delgadas. Contudo, as espécies diferem consideravelmente, quanto à forma de resposta. A capacidade de maximizar a produção de matéria seca à sombra, através de modificações do fenótipo, é mais aparente em espécies características de ambientes não sombreados ou levemente sombreados, enquanto as plantas típicas de sombra tendem a crescer lentamente e mostrar uma menor reação morfogênica em resposta às condições de sombra (GRIME, 1982).

GOULET & BELLEFLEUR (1986) observaram que espécies representadas por pioneiras e intermediárias (secundárias), não têm a capacidade de formar folhas típicas de sol e de sombra. Apresentam um pequeno ajuste, quando levemente sombreadas, mas não são capazes de responder à uma baixa condição lumínica. Ao contrário, as espécies tolerantes à sombra têm a capacidade de se ajustar morfológicamente melhor ao ambiente de luz, formando folhas de sombra e de sol típicas.

Uma planta usa mais eficientemente a luz, quando as suas folhas são uniformemente iluminadas com intensidades baixas, em relação às que ficam supersaturadas por intensidades altas, ou permanecem em profunda sombra (BLEASDALE, 1977).

Segundo ORTEGA (1995), o comportamento das árvores à luz influi na sua arquitetura e na regeneração da floresta climácica, como na reconstituição da mesma depois de sua exploração.

Vários parâmetros têm sido usados para avaliar as respostas de crescimento de

plântulas florestais à intensidade luminosa. Dentre esses, a altura e o diâmetro do colo são os mais utilizados. Esses parâmetros dependem da atividade cambial que, por sua vez, é estimulada a partir de carboidratos produzidos pela fotossíntese corrente e hormônios translocados das regiões apicais.

### 2.3 Produção de matéria seca

Para SOUZA (1981) e CARNEIRO (1995), o peso de matéria seca é o parâmetro quantitativo que melhor retrata o potencial de crescimento de uma planta em relação aos fatores ambientais. Isto porque além de quantificar a produção de biomassa, permite verificar por exemplo como esta massa se distribui pela planta em decorrência do grau de luminosidade.

EVANS (1970) diz que, na fase inicial de crescimento das plantas, a luz produz efeitos marcantes na produção de matéria seca e quanto maior for a quantidade de matéria seca, maior será o desenvolvimento da planta.

A produção de matéria seca está relacionada com a radiação. Sob crescente radiação a produção é maior, estando, na dependência de um bom balanço hídrico e adequado suprimento de nutrientes (LARCHER, 1986). A produção de matéria seca é tida como melhor índice de crescimento e pode ser útil para avaliar as condições relativas de luz que são requeridas pela espécie. Mudanças de *Astronium fraxinifolium* produzidas sob radiação total, apresentaram maior produção de matéria seca (ALBRECHT & ROSADO, 1986).

SOUZA (1981) afirma que o peso de matéria seca é o parâmetro quantitativo que melhor retrata o potencial de crescimento de uma planta em relação aos fatores ambientais. Isto porque, além de quantificar a produção de biomassa, permite verificar como esta massa se distribui pela planta, em decorrência do grau de luminosidade, por

exemplo. Em geral, há um decréscimo da produção de matéria seca com o aumento do sombreamento. Esse decréscimo pode ser explicado pelo favorecimento do desenvolvimento do parênquima clorofiliano paliádico e de cutícula mais espessa nas folhas pela ação da luz. Se a espécie tiver capacidade de adaptação para compensar a deficiência de luz. Sob sombreamento ocorre um aumento da área foliar, tornando possível a absorção do máximo de luz incidente para a fotossíntese. As reduções na área foliar e na produção de matéria seca total, sob condições de sombra, podem ser explicadas pela menor produção de clorofila e da taxa de fotossíntese aparente por unidade de área foliar. A redução na área foliar por planta não é causada somente pela modificação na área foliar individual, mas também pela redução do número de folhas.

FAIRBAIRN & NEUSTEIN (1970) encontraram uma maior produção de matéria seca em plantas sem sombreamento. Resultados idênticos foram obtidos por FERREIRA (1977), com *Hymenaea stigonocarpa*.

#### 2.4 Clorofila

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e adaptabilidade aos diversos ambientes é a clorofila, presente em todos os vegetais verdes.

A concentração de clorofila nas folhas é sempre dependente da luz. De acordo com HEATH (1972), sob baixas intensidades de luz e baixa concentração de clorofila (menos do que  $5 \text{ mg.dm}^{-2}$ ), a taxa fotossintética é dependente do nível de pigmentos das folhas. Normalmente, folhas de sombra mostram maior quantidade de clorofila do que folhas de sol (SCHENK, 1952; FRIENDSHIP-KELLER et al., 1987; IGBOANUGO, 1989). Também plantas provenientes de culturas de tecidos seguem esta tendência (LEE et al., 1985). Dependendo das características das espécies e considerando o teor de pigmento expresso

por unidade, a relação entre pigmentos e intensidade luminosa podem diferir da tendência acima. Estudando diferentes espécies de plantas, LICHTENTHALER (1983) detectou baixa quantidade de clorofila sob alta intensidade luminosa, quando o pigmento era expressado sobre a área foliar básica, mas o oposto foi encontrado quando o nível de clorofila foi expressado sobre o peso de matéria seca básica da folha.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI (1979) a clorofila é constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) na presença da luz, mas sob intensidades luminosas muito altas, a velocidade de decomposição é maior, sendo o equilíbrio estabelecido a uma concentração mais baixa. Por isto, BOARDMAN (1977) salienta que as folhas de sombra apresentam maior concentração de clorofila do que folhas de sol. STUTZ & FREY (1980) encontraram que a clorofila nas folhas de *Ilex opaca*, expressa em área ou peso, foi significativamente menor a 100% de intensidade luminosa do que sob 50% ou 18%. Entretanto, as respostas do teor de clorofila por unidade de área de diferentes espécies não são uniformes, conforme demonstram os trabalhos de GRAÇA (1983); NYGREN & KELLOMAKI (1983/1984); TINOCO & VAZQUES-YANES (1985) e LEE *et al.* (1985).

Não só a concentração total de clorofila, mas também a proporção entre os diversos tipos desta, mudam em função da intensidade luminosa. De uma maneira geral demonstra-se que a proporção entre clorofila a e b tende a diminuir com a redução luminosa (BOARDMAN, 1977; WHATLEY & WATLEY, 1982; GRAÇA, 1983; TINOCO & VASQUEZ-YANES, 1985; LEE, 1988 e KOZLOWSKI *et al.*, 1991). Porém, contudo alguns autores não encontraram diferenças entre estas proporções (INOUE, 1983; GRAÇA, 1983; NYGREN & KELLOMAKI, 1983/1984).

Uma maior proporção relativa de clorofila b em plantas sombreadas é uma característica importante, pois possibilita a captação de energia de outros comprimentos de onda e transferência para uma molécula específica de clorofila a, que efetivamente toma parte das reações fotoquímicas da fotossíntese (WHATLEY & WHATLEY, 1982). Este



aumento relativo pode estar ligado a um acréscimo da proporção do complexo coletor clorofila a/b proteína, associado ao fotossistema I nos *grana*, em relação ao complexo P 700 (que contém somente clorofila a - proteína) do fotossistema II, nos tilacóides e que é facilmente foto-oxidado (THORNER, 1975). Um outro fator pode ser a maior proporção de *grana* em cloroplastos de folha de sombra.

Espécies crescendo em ambientes de baixa radiação (espécies tolerantes à sombra) geralmente têm valores mais altos de clorofila total e menor relação de clorofila a e b e conteúdo de carotenos do que espécies típicas de ambientes de alta radiação (BOARDMAN, 1977; MARTIN & WARNER, 1984).

A partir da década de 70, começaram a aparecer os primeiros trabalhos com clorofila envolvendo espécies arbóreas brasileiras.

INOUE (1977) estudou a concentração de clorofila de *Cedrela fissilis* e de *Cedrela odorata* (cedro), encontrando o conteúdo de clorofila significativamente maior (quase 3 vezes) em plantas de sombra do que naquelas de luz.

ENGEL & POGGIANI (1991) estudaram a concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz, em função do sombreamento de *Amburana cearensis*, *Erythrina speciosa*, *Tabebuia aveilanedae* e *Zeyheria tuberculosa*. Concluíram que a concentração de clorofila nas folhas correlacionou positivamente com o nível de sombra, em todas as espécies, e esta correlação foi mais elevada para a clorofila b.

NAVES (1993), estudando a influência de níveis de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sobre a concentração de clorofilas foliares de mudas de *Sesbania sesban*, *Cybistax antisiphylitica* e *Copaifera langsdorffii*, observou que a redução da RFA aumentou a concentração das clorofilas a e b e diminuiu a relação clorofila a/b, indicando que a clorofila b foi, proporcionalmente mais aumentada que a clorofila a. Daí, sugerindo que as clorofilas, especialmente a clorofila b, quando em condições de sombreamento, podem desempenhar um importante papel na absorção da radiação difusa.

MALAVASI *et al.* (1995), estudando plântulas de *Schyzoiobium parahybum* e de *Hymenaea stibocarpa* (jatobá), no centro de uma clareira com 100% de radiação solar e sob a folhagem de uma floresta secundária adjacente com fluxo de radiação solar de 44% ao da clareira durante 90 dias, concluíram pela inexistência de modificações nas concentrações de clorofila b nas folhas das espécies, assim como nas concentrações de clorofila a nas folhas de guapuruvu.

MODESTO & OLIVEIRA (1995) estudaram o teor de clorofila em plantas de *Guazuma ulmifolia* (mutamba) e verificaram teores elevados de clorofila total para plantas de cerrado sob radiação solar total. Porém, a relação clorofila a/b foi maior nas folhas de plantas cultivadas em solo de cerrado submetidas a sombreamento.

OLIVEIRA *et al.* (1995), estudando o comportamento de algumas espécies frutíferas tropicais e subtropicais, tais como *Byrsonima crassifolia* (murici), *Theobroma grandiflorum* (cupuaçu), *Rollinia mucosa* (biribá), *Genipa americana* (jenipapeiro), *Averrhoa caramboia* (caramboia) e *Annona montana* (araticum), concluíram que os teores de clorofila total praticamente não variaram entre os níveis de sombreamento (40%, 60% e 67%), para todas as espécies. Em caramboia e jenipapo, os teores de clorofila b foram maiores a pleno sol.

SANTOS *et al.* (1995) estudaram os efeitos de 50% e 100% de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em plantas juvenis de *Acacia mangium* e *Ceiba pentandra*; os teores de clorofilas variaram significativamente apenas na soma, cujo conteúdo de clorofila b e total foi mais elevado em 50% de RFA, embora este tratamento não tenha influenciado na relação clorofila a/b.

#### 2.4.1. Métodos de extração da clorofila

Tradicionalmente, acetona, metanol e outros solventes hidrossolúveis vêm sendo usados para extrair a clorofila de tecidos das plantas. Também, muitas equações já foram apresentadas para o cálculo da concentração de clorofilas, baseada em coeficientes de absorção. Tais métodos são trabalhosos porque requerem a maceração de tecidos para facilitar a extração dos pigmentos. SEELEY *et al.* (1972), seguido por SHOAF *et al.*, (1976) propuseram o uso do dimetilsulfoxido (DMSO) para a extração de pigmentos em algas e HISCOX *et al.* (1979) reportaram a extração sem maceração do tecido de plantas em folhas intactas de espécies arbóreas.

O uso da equação de Arnon (ARNON, 1949) parece ser inadequada para se determinar os pigmentos extraídos com DMSO (LICHTENTHALER & WELLBURN, 1983; LICHTENTHALER, 1987) e equações redeterminadas foram sugeridas para serem usadas com DMSO (PORRA *et al.*, 1989). Recentemente, BARNES *et al.* (1992) reavaliaram a extração dos pigmentos e propuseram uma fórmula para o cálculo da concentração individual de clorofila a, clorofila b e total (a + b), usando para a extração o DMSO. A maioria dos estudos, sobre a utilização do DMSO é sobre líquens, algas e plantas arbóreas de zonas temperadas. PAULILO *et al.* (1994) mostraram o desempenho de uma espécie brasileira (*Quaiea grandiflora*), em relação ao conteúdo de clorofila nos cotilédones e as primeiras folhas de plantas submetidas à alta intensidade luminosa transferidas para condição de baixa intensidade de luz, usando DMSO para extração de pigmentos.

#### 2.5 Fotossíntese e Transpiração

Fotossíntese é o processo usado pelas plantas e algumas bactérias para a conversão da energia solar em compostos químicos (ABROL *et al.*, 1993). A fotossíntese

envolve processos *fotoquímicos* que ocorrem na presença de luz, processos *enzimáticos* que não requerem luz (as chamadas reações de escuro) e processos de *difusão* que provocam troca de dióxido de carbono e oxigênio entre os cloroplastos e o ar exterior (LARCHER, 1986).

A luz é o fator ambiental mais importante para a assimilação dos carboidratos. Com o aumento da intensidade luminosa, as plantas atingem o ponto de compensação, no qual a captação de CO<sub>2</sub> pela fotossíntese se equilibra com o eliminado pela respiração, sem que ocorra permuta líquida de gás entre as folhas e a atmosfera (CONCEIÇÃO, 1977; WHATLEY & WHATLEY, 1982; GALVÃO, 1986).

A energia consumida pela fotossíntese usualmente depende menos que 5% da energia solar, e a produção de energia calorífica associada com a respiração das folhas é menor que 1% (KOZLOWSKI *et al.* 1991).

O ponto de compensação lumínico varia com a espécie, o genótipo, o tipo de folha (folhas umbrófilas têm um ponto de compensação inferior ao das folhas heliófilas), a idade da folha (folhas jovens têm um ponto de compensação mais alto que as maduras), a concentração de CO<sub>2</sub> e a temperatura (KOZLOWSKI *et al.*, 1991). Com luz adicional, acima do ponto de compensação, a fotossíntese aumenta e é proporcional à intensidade de luz, até que ocorra a saturação lumínica, após o que a taxa de fotossíntese torna-se mais ou menos constante (KRAMER & KOZLOWSKI, 1979).

LARCHER (1986) relata que, para plantas umbrófilas, o ponto de compensação lumínico se situa entre 300 e 600 lux, enquanto para as heliófilas o ponto de compensação está entre 1000 e 1500 lux. GALVÃO (1979), estudando *Enterolobium contortisiliquum*, concluiu que essa espécie se caracteriza como heliófila no estágio juvenil, considerando os pontos de saturação (acima de 40 klux) e de compensação lumínico (acima de 1,0 klux) da fotossíntese líquida. Também, encontrou que *Cabralea canjerana* e *Ilex paraguariensis* exibiram um caráter umbrófilo no estágio juvenil, demonstrando uma tendência a adaptar-

se sob níveis de luz mais intensos, enquanto *Podocarpus lambertii* apresentou-se como uma espécie heliófila. INOUE (1977), estudando a influência de três níveis de intensidade luminosa em mudas de *Cedrela fissilis*, concluiu que essa espécie pode adaptar-se às diferentes condições de luz disponível.

O ponto de compensação lumínico de plantas em diversos estratos de Floresta Tropical Úmida está em torno de 85 lux no estrato inferior e de 3.000 lux no estrato superior (CONCEIÇÃO, 1977). A determinação desse ponto, em plantas de diferentes estratos de uma floresta, pode informar a respeito da sobrevivência de plantas nesses estratos. Esta relação entre as condições de luz na floresta e a adaptabilidade de cada planta é muito importante na dinâmica do ecossistema florestal (INOUE, 1980).

Em geral, as espécies intolerantes (dos estágios iniciais de sucessão) têm seus pontos de compensação e de saturação (a partir do qual o aumento da intensidade de luz não aumenta a fotossíntese líquida) mais altos que os das espécies tolerantes.

A relação entre a fotossíntese aparente e a intensidade luminosa é importante porque proporciona informação essencial sobre a energia luminosa absorvida pela folha.

Plantas que crescem na sombra têm maior capacidade de fotossíntese que plantas crescendo sob luz total, quando ambas são colocadas sobre baixa intensidade luminosa. Por exemplo, muitas espécies arbóreas tolerantes à sombra, como *Acer rubrum* (red maple) e *Fagus grandifolia* (american beech), têm máxima fotossíntese em intensidades de luz tão baixas, como 5% a 10% da luz plena (LOACH, 1967).

Entre os principais fatores que influenciam a fotossíntese das árvores, podem ser citados: luz, temperatura, concentração de gás carbônico do ar, umidade, fertilidade do solo, fungicidas, inseticidas e as doenças.

KRAMER & KOZLOWSKY (1979) concluíram que plantas com elevadas intensidades de fotossíntese também apresentam intensidades de respiração relativamente elevadas. HOGAN *et al.* (1995), estudando a troca gasosa de seis espécies tropicais em

Floresta Estacional Semidecídua, concluíram que as taxas de fotossíntese não mostram relação com a forma das folhas (simples ou compostas), área foliar, ou estacionalidade (folhas perenes ou decíduas).

Até o presente, foram poucos os estudos de fotossíntese feitos com espécies tropicais e subtropicais brasileiras, tais como aqueles realizados por SONDAHL *et al.* (1976), em que propuseram um método utilizando  $^{14}\text{C}$  e outro descrito por CALBO & MARTINS (1979), em que a concentração de  $\text{CO}_2$  foi medida por uma técnica potenciométrica, porém, referem-se a espécies não arbóreas. Para espécies arbóreas, CONCEIÇÃO (1977) apresenta alguns dados sobre o ponto de compensação de espécies da Floresta Amazônica.

INOUE *et al.* (1979) demonstraram que plantas de *Araucaria angustifolia* cultivadas sob 2% da luz do dia alcançam os maiores valores de capacidade fotossintética por unidade de peso foliar, enquanto a capacidade fotossintética por planta é maior entre 25% e 100% da luz do dia.

Em experimentos com plântulas de *Cedreia fissilis*, SOUZA (1981) concluiu que maiores taxas de capacidade fotossintética foram observadas sob condições medianas de sombreamento e não em plena luz.

JOHNSON *et al.* (1983) estudando fotossíntese e resistência foliar em duas espécies nativas do cerrado, *Didymopanax macrocarpum* e *Ouraitea hexasperma*, encontraram taxas de fotossíntese líquida máxima de  $40 \text{ mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}$  e de  $11 \text{ mg m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ , respectivamente.

A partir de 1995, com o advento de equipamentos portáteis para a determinação da fotossíntese no campo, aumentou o número de trabalhos envolvendo espécies florestais, de várias regiões brasileiras: de plantas da caatinga (LIMA FILHO, 1995) e de plantas do sudeste (SOUZA & VÁLIO, 1995a).

LIMA FILHO (1995) observou para *Spondias tuberosa* (umbuzeiro), que a

fotossíntese e a transpiração foram drasticamente reduzidas, durante a época seca e comparativamente mais elevados na época chuvosa.

SOUZA & VÁLIO (1995b) investigaram a influência de sombreamento natural sobre a atividade fotossintética de plantas jovens de três espécies arbóreas tropicais pertencentes aos estádios tardios da sucessão - *Esenbeckia leiocarpa*, *Myroxylon peruiferum* e *Hymenaea courbaril*. Os autores concluem que em *E. leiocarpa*, valores de eficiência quântica foram maiores em plantas cultivadas sob radiação plena. Para *M. peruiferum* e *H. courbaril*, tais valores foram maiores para as plantas submetidas ao sombreamento, indicando uma maior eficiência fotossintética sob condições de sombra.

## 2.6 Área foliar

A área foliar é um parâmetro importante do crescimento e desenvolvimento de uma floresta. A determinação dela é útil para muitos estudos ecofisiológicos, tais como análise do crescimento, fotossíntese e medidas de transpiração (CALDAS *et al.* 1992). INOUE *et al.* (1990), estudando o efeito da poluição em alguns parâmetros nas folhas de *Ligustrum lucidum* (alfeneiro), em áreas poluídas e em áreas livres de poluição, concluíram que tais condições de poluição acarretaram uma redução à metade do potencial fotossintético daquelas árvores, assim como uma redução de 15% do tamanho das folhas.

Com baixos índices da área foliar (IAF), a grande parte da energia cai sobre o solo descoberto ou é desperdiçada, porque as folhas recebem mais luz do que podem utilizar. O IAF ótimo para um cultivo indica a taxa mais alta de assimilação, por unidade de solo.

Nos estudos sobre a capacidade de adaptação de plantas a certos níveis de luminosidade ambiental, a área específica foliar - AEF (área foliar/peso da matéria seca da planta) têm se mostrado muito útil. Plantas de sombra são aquelas capazes de sobreviver à sombra, aumentando a AEF, enquanto que plantas de sol são aquelas que aumentam a

AEF no solo e, portanto, sobrevivem nessas condições.

## 2.7 Análise foliar

Um dos grandes problemas na elaboração de programas de plantio florestal, principalmente com árvores nativas, é o escasso conhecimento acerca da auto-ecologia das espécies (KAGEYAMA, 1990). Neste âmbito, pode-se ressaltar a carência de informações sobre suas exigências nutricionais (BRAGA *et al.*, 1995) sob diferentes regimes lumínicos.

ENGEL & POGGIANI (1990), estudando quatro espécies nativas, verificaram que em nenhuma das espécies, o carbono fixo (%) se alterou com o sombreamento. Em *Amburana cearensis*, houve correlação positiva para o nitrogênio (N) e o potássio (K); em *Zeyheria tuberculosa*, para N, K e magnésio (Mg); em *Tabebuia avellanedae*, para N e, em *Erythrina speciosa*, correlação para cálcio (Ca) e Mg. O fósforo (P) correlacionou-se negativamente com o nível de sombra em *Z. tuberculosa* e *T. avellanedae*, sendo que nesta última o Mg mostrou correlação negativa. *Z. tuberculosa* mostrou baixos teores de nutrientes em relação às demais espécies, enquanto *E. speciosa* apresentou altos teores, principalmente de N.

Entre os principais fatores que influenciam a fotossíntese das árvores, pode ser citada a fertilidade do solo.

A deficiência de nutrientes essenciais tem efeitos diretos e indiretos sobre a fotossíntese. Esta é reduzida pelo decréscimo da síntese de clorofila que, muitas vezes, vem acompanhada de deficiências minerais, mas é também reduzida pelo decréscimo da área da folha.

Segundo MARSCHNER (1995), vários nutrientes minerais estão diretamente envolvidos no transporte da cadeia de elétrons, na fotossíntese, tais como: Mg, manganês



(Mn), ferro (Fe), enxofre (S), cobre (Cu) e zinco (Zn). O N e o Mg são componentes da molécula de clorofila e, uma deficiência de qualquer deles inibe a fotossíntese.

Em plantas superiores, o teor de K afeta a fotossíntese em vários níveis. O  $K^+$  é o ion dominante para a indução de luz no fluxo de  $H^+$ , através da membrana dos tilacóides e para o estabelecimento do gradiente de pH da transmembrana necessária para a síntese de ATP (fotofosforilização), em analogia à síntese do ATP na mitocôndria (MARSCHNER, 1995).

A deficiência de Fe também reduz a fotossíntese, uma vez que ele é necessário à formação da clorofila. Como regra, a deficiência de Fe tem muito menor efeito sobre o crescimento da folha, número de células por unidade de área, ou número de cloroplastos por célula do que sobre o tamanho dos cloroplastos e o conteúdo de proteína por cloroplasto. Os Fotosistemas precisam de Fe, principalmente o Fotosistema I.

SHEORAN & SINNGH (1990) relatam que os metais pesados são conhecidos por interferir com um grande número de funções na fotossíntese, entre as quais estão o efeito sobre: a) o isolamento dos cloroplastos, b) a fotossíntese na planta inteira; c) a condutância estomática; d) os pigmentos fotossintéticos; e) o aparato fotossintético e f) o metabolismo do carbono. Os mesmos autores citam que o cobre (Cu) e o Zn são elementos essenciais para o crescimento da planta, mas quantidades excessivas podem inibir seu crescimento.

KRAMER & KOZLOWSKI (1979) citam um estudo em que as deficiências de Cu e Zn resultaram em baixas taxas de fotossíntese nas folhas de *Aleurites fordii* (tungue). O Cu desempenha importante papel no transporte de elétrons, na fotossíntese. Sua deficiência afeta o fluxo de energia na respiração e na fotossíntese. Teores abaixo de 3 a 10 ppm podem ser tornar tóxicos às plantas (HALE & ORCUTT, 1987).

Segundo MARSCHNER (1995) a maioria dos micronutrientes é predominantemente fornecedor de moléculas de enzimas e, assim, são somente essenciais em pequenas quantidades. Em contraste, os macronutrientes constituem os compostos orgânicos, tais

como proteínas e ácido nucleico.

## 2.8 Associações simbióticas

### 2.8.1. Micorrizas arbusculares (MA)

Micorrizas arbusculares (MA) são produtos obtidos de associações mutualísticas formadas por fungos da família Endogonaceae e raízes da maioria das espécies vegetais, em quase todas as famílias das angiospermas e em algumas gimnospermas, pteridófitas e briófitas, cuja ocorrência, embora mais acentuada em solos de baixa fertilidade química, tem sido constatada nos mais diversos ecossistemas (LOPES *et al.* 1983). Em termos globais, as micorrizas ocorrem em 83% das dicotiledôneas, e em 79% das plantas monocotiledôneas e em todas as gimnospermas (WILCOX, 1991). Morfológica e anatomicamente são caracterizadas pela invasão das células corticais pelas hifas do fungo, com formação de arbúsculos, vesículas e esporos característicos. O micélio formado externamente funciona como uma extensão do sistema radicular da planta hospedeira, aumentando a interface raiz-solo e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes e água do solo. Usualmente, a planta hospedeira não é totalmente dependente do micotrofismo, mas, em certas condições, o estabelecimento de uma simbiose eficiente torna-se necessária para seu completo desenvolvimento. O fungo simbionte não se desenvolve na ausência de raízes vivas, pois requer um contínuo suprimento de nutrientes orgânicos da planta. As MA estimulam o crescimento das plantas pelo aumento na absorção de nutrientes, especialmente o fósforo.

Embora as MA sejam conhecidas desde o século passado, somente a partir de 1960 acumularam-se evidências de que esses fungos, em associação com as plantas, aumentam a absorção de nutrientes pelas mesmas, principalmente em solos de baixa

fertilidade química.

As micorrizas são importantes para as espécies florestais, pois confere-lhes: a) maior capacidade para extrair nutrientes do solo, pelo aumento da superfície das mesmas (as raízes são mais grossas); b) maior nível de produção de CO<sub>2</sub> e excretam ácidos orgânicos, o que permitirá uma maior solubilidade dos fosfatos e compostos de ferro; c) retirada do nitrogênio da matéria orgânica do solo; d) não só maior ramificação das raízes como também atrasa o seu processo de suberificação, havendo benefício para conservar as raízes mais jovens; e e) maior absorção dos ions, K, Ca, Mg e Fe;

Entre os fatores que afetam a formação de micorrizas em espécies florestais podem ser citados: tipo, umidade e aeração do solo, temperatura do ar, luz e duração do período de crescimento.

HAYMAN (1974) mostra que a colonização das raízes de fumo diminuiu de 85 para 31%, quando a iluminação foi reduzida à metade. MOAWAD (1979) verificou que a resposta à MA foi duas vezes maior com luminosidade normal do que com ¼ da luz. A quantidade de luz pode afetar o tamanho e abundância das vesículas, arbúsculos, micélio externo e a resposta da planta às MA. A luminosidade afeta as MA indiretamente, através de seus efeitos na fotossíntese, crescendo o metabolismo do hospedeiro. Segundo GRAHAM *et al.*, (1981), a luminosidade tem grande efeito em plantas com suprimento adequado de P, mas não na formação de MA em plantas deficientes. Embora a luz possa afetar a germinação dos esporos (SCHENCK *et al.*, 1975), sua influência *in vivo* está na redução do suprimento de metabólitos nas raízes.

O efeito da luz nas associações micorrízicas tem implicações ecológicas. A competitividade de plantas sombreadas pode ser alterada, devido à redução na formação das MA.

Em condições normais, a maioria das plantas se encontra colonizada pelos fungos micorrízicos e são dependentes deles para a absorção de nutrientes.

Plantas colonizadas pelos fungos MA podem apresentar diferenças na concentração de N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, B e Al. Entretanto, a maioria dos experimentos observase que a absorção de P constitui o principal fator do efeito benéfico causado pelas micorrizas. Obviamente, uma contribuição na absorção de outros nutrientes, tais como K, Zn e Cu, pode ser de grande importância, quando seus teores são limitantes (MOSSE, 1973).

O desenvolvimento de micorriza é maior com o aumento de irradiação solar. Plantas com maior quantidade de micorriza tem maior biomassa e absorvem mais P e maior taxa fotossintética do que plantas com menos micorrizas. Entretanto, o aumento do crescimento com mudas micorrizadas foi associado com o aumento da fotossíntese. Taxa fotossintética e conteúdo foliar de N e P foram consistentemente maiores em plantas bem micorrizadas e também assimilaram mais CO<sub>2</sub>. Máxima formação de micorriza também ocorreu com a máxima intensidade luminosa. Baixa intensidade luminosa na parte aérea das mudas reduzem a massa micelial e a formação esclerotial. Nenhuma micorriza ocorreu entre 6% e 8% de luz (MOSSE, 1973).

Os nutrientes, especialmente P e N, influenciam o grau de colonização das raízes (MOSSE, 1973). Alta dose de P e N pode reduzir a colonização, produção de esporos e micélio externo (MENGE *et al.*, 1978). Outros nutrientes podem também afetar o estabelecimento das MA (MARSCHNER, 1995).

### 2.8.2. Rizóbio

A importância da luz para a fixação nitrogenada é bem conhecida nas espécies leguminosas (STUTZ & FREY, 1980). Vários fatores como a diminuição da intensidade luminosa, a desfoliação parcial, a alta densidade de plantas e o aumento da demanda da competição têm mostrado um decréscimo da fixação de N, em leguminosas. De todos, a

luz é o fator mais importante, porque exerce influência direta sobre a produção fotossintética.

Segundo FARIÁ *et al.* (1984), *Centrolobium robustum* associa-se com *Rhizobium*, formando nódulos globosos e com atividade da nitrogenase (160  $\mu$ moles  $C_2H_4/h$  nódulos). Porém, GAIAD & CARPANEZZI (1984), em mudas com quatro meses de idade, não constataram nodulação.

## 2.9 Informações ecológicas e silviculturais das espécies estudadas

### 2.9.1. *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* - canjarana

*Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius subsp. *canjerana* pertence à família Meliaceae. No Brasil, ocorre desde a latitude de 1°N, na Serra dos Surucucus, no Pará até 31° 30'S em Pelotas, no Rio Grande do Sul. O limite norte dessa espécie, porém, situa-se a 12° de latitude norte, na Costa Rica (PENNINGTON, 1981). É uma árvore semicaducifolia, podendo alcançar até 30 m de altura e 150 cm de DAP, na idade adulta. É uma espécie, presente nas fases intermediária e avançada de uma sub-serie secundária. Ocorre em várias regiões fitoecológicas, principalmente na Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e menos freqüente na Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica e Floresta Amazônica) (CARVALHO, 1994). Baseando-se no seu ponto de compensação e saturação lumínico, canjarana caracteriza-se como umbrófila na fase juvenil e, devido a isso, pode ser recomendada para um sistema silvicultural compatível com esta característica fisiológica, plantios em regime de enriquecimento ou a adoção de sistemas especiais como consórcio com outras espécies arbóreas, que poderão proporcionar o sombreamento inicial necessário é recomendado (GALVÃO, 1986). O crescimento da espécie é bastante

variável, atingindo até 13,50 m<sup>3</sup>/ha.ano, aos dez anos (CARVALHO, 1994). Canjarana fornece madeira média (massa específica aparente "mea" = 0,65 g/cm<sup>3</sup>), com qualidades próximas às do cedro (*Cedrela fissilis*), porém mais durável e pouco afetada pela broca das meliáceas (*Hypsipygia grandella*), comparativamente ao cedro (CARVALHO, 1994).

Apreciações gerais da espécie são fornecidas por RIZZINI (1971); REITZ *et al.* (1978); REITZ *et al.* (1983); INOUE *et al.* (1984); LOPEZ *et al.* (1987); LORENZI (1992); CARVALHO (1994) e LONGHI (1995);

### 2.9.2. *Calophyllum brasiliense* - guanandi

*Calophyllum brasiliense* Cambessedes pertence à família Clusiaceae e ocorre no Brasil entre as latitudes de 2°N - (Pará) até 28°10'S - (Santa Catarina). Porém, seu limite norte dá-se a 18°N em Porto Rico. É uma espécie perenifólia, podendo atingir 25 m de altura e 70 cm de DAP no sul do Brasil, chegando até 40 m de altura e 150 cm de DAP na Amazônia, na idade adulta. É espécie de ampla dispersão, ocorrendo em locais permanentemente ou periodicamente inundados, ou em terra firme. Em certos locais, em Santa Catarina, a frequência é tão elevada, que são chamados "oiandizais" (KLEIN, 1980). Segundo REITZ *et al.* (1978) trata-se de espécie heliófila, com grande agressividade sobre a vegetação brejosa mais esparsa. Entretanto, LOPEZ *et al.* (1987), consideram-na espécie esciófila, que se regenera abundantemente à sombra. Por isso, necessita de sombreamento moderado na fase juvenil (CARVALHO, 1994). O crescimento do guanandi varia de lento a moderado atingindo até 8,40 m<sup>3</sup>/ha.ano, aos 8 anos (SCHMIDT, 1972). Em vários países, substitui, em uso, o mogno (*Swietenia* spp.) e o cedro (*Cedrela* spp.), apresentando madeira moderadamente pesada ("mea" = 0,58 g/cm<sup>3</sup>). Segundo LORENZI (1992), em 1810, o governo imperial brasileiro reservou para o Estado, o monopólio de exploração dessa madeira, para uso exclusivo na confecção de mastros e vergas de

navios, sendo portanto a primeira madeira de lei do país (lei de 7 de janeiro de 1.835).

A despeito do valor de sua madeira, muito pouco se conhece acerca de seus caracteres ecofisiológicos, predominando como forma de aproveitamento comercial, a exploração predatória das florestas, onde ocorre.

Apreciações gerais da espécie são fornecidas por LOUREIRO (1969); RIZZINI (1971); REITZ et al. (1978); INOUE et al. (1984); LOPEZ et al. (1987); LORENZI (1992); CARVALHO (1994) e POTT & POTT (1994).

### 2.9.3. *Centriobium robustum* araribá-rosa

*Centriobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth., pertence à família Fabaceae, ocorrendo no Brasil entre as latitudes de 16°S no Espírito Santo e 22°S, São Paulo. A distribuição desta espécie está restrita às florestas de encosta da Serra do Mar. Isto parece caracterizar uma população endêmica recentemente isolada e que permanece relativamente estável (LIMA, 1983 e 1985). Araribá-rosa é uma árvore semicaducifólia a caducifólia, podendo alcançar até 30 m de altura e 90 cm de DAP, na idade adulta. É espécie exigente em luz e de crescimento moderado, atingindo até 11,8 m<sup>3</sup>/ha.ano, aos 108 meses de idade, em Linhares-ES (JESUS et al. 1992). Introduzido no Estado do Paraná, apresentou ramificação monopodial e uma produção volumétrica de até 11 m<sup>3</sup>/ha.ano aos 82 meses em Toledo-PR (CARVALHO, 1994). Apresenta madeira moderadamente pesada ("mea" = 0,80 g/cm<sup>3</sup>) usada principalmente para processamento mecânico, alcançando até US\$ 800 por m<sup>3</sup> no norte do Espírito Santo (JESUS et al. 1992).

É uma espécie que tem se destacado pelo seu grande potencial silvicultural, passando a ser objeto de interesse para a pesquisa e de proprietários rurais, para uso em sistemas agroflorestais.

Dados da espécie são fornecidos por LIMA (1983/ 1985) e CARVALHO (1994).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do local do experimento

A área experimental localiza-se na Região Metropolitana de Curitiba. Os experimentos foram instalados no viveiro do Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (CNPQ) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Colombo-PR, que tem as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°42'30" S; longitude 47°38'00" W de Greenwich e 920 metros de altitude.

Os dados meteorológicos foram obtidos em estação meteorológica localizada no CNPF, próxima ao viveiro: temperatura média anual 16,5 °C; temperatura média do mês mais frio 12,6 °C; temperatura média do mês mais quente 20,1 °C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.600 mm, sendo o mês mais chuvoso janeiro, (média de 200 mm de chuva) e o menos chuvoso é o mês de julho, (média de 26 mm de chuva). Segundo o sistema climático de Köppen, o clima da região é classificado por Cfb, temperado úmido.

#### 3.2 Espécies estudadas

O estudo envolveu as espécies: *Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius subsp. *canjerana* (canjarana), família Meliaceae; *Callophyllum brasiliense* Cambessedes (guanandi), família Clusiaceae e *Centrolobium robustum* (Vellozo) Bentham ex-Martius (araribá-rosa), família Fabaceae.



### 3.3 Níveis de intensidades luminosas

Foram testadas quatro intensidades luminosas, três obtidas pela confecção de campânulas de sombreamento, que consistiram de armações de madeira de 1,50 m<sup>2</sup> de área (1,50 m de comprimento x 1,00 m de largura) e 1,00 m de altura, recobertas com telas de poliolefinas (sombrite), de cor preta e o quarto nível consistiu na exposição à luz plena (100%). Após a fixação das armações no solo, cada campânula de sombrite forneceu diferentes intensidades luminosas (50%, 30% e 10% em relação a luz plena do dia). Estas intensidades usadas se aproximam dos níveis de luz: a) 15 a 20% - ponto de saturação das espécies umbrófilas e b) 40 a 50% - ponto de saturação das espécies heliófilas.

O nível de luminosidade de 10% foi obtido, média da combinação de duas malhas de sombrite de 50% de gradação.

A intensidade luminosa simulada foi verificada pela leitura de um luxímetro, em cada parcela/repetição, sendo tomada a média das cinco leituras por tratamento.

### 3.4 Análise dos substratos

A análise granulométrica (Tabela 1) e a determinação da disponibilidade dos nutrientes nos substratos (Tabela 2) foram realizadas no laboratório de solos e nutrição florestal do CNPF/EMBRAPA, em Colombo-PR.

Foram utilizados como substratos para as três espécies, horizontes superficiais (horizontes A<sub>p</sub>) dos seguintes solos: a) Cambissoio Húmico, coletado em Colombo-PR (substrato Colombo) e b) Latossoio Roxo, coletado em Santa Helena-PR (substrato Santa Helena), respectivamente com horizonte A distrófico e eutrófico. Os solos foram coletados nos primeiros 20 cm de profundidade e depois passados em peneiras com malha de 5 mesh.

TABELA 1. Análise granulométrica dos substratos

SUBSTRATOS	TEORES (%)		
	AREIA	SILTE	ARGILA
Colombo	47	23	30
Santa Helena	16	32	52

De acordo com a classificação adotada pelo "Soil Survey Staff dos Estados Unidos" (VIEIRA, 1975) a textura do substrato de Colombo é franca-argilo-arenosa e a de Santa Helena é argila.

TABELA 2. Características químicas dos substratos

PARÂMETROS	UNIDADE	ORIGEM DOS SUBSTRATOS	
		COLOMBO	SANTA HELENA
pH CaCl <sub>2</sub>	0,01 M	4,64	6,97
P	mg/kg	5	36
K <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0,06	0,25
Na	mg/kg	8	11
Ca <sup>++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	3,50	11,50
Al <sup>+++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	1,15	0,00
Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	6,10	14,05
H <sup>+</sup> + Al <sup>+++</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	9,30	0,90
M.O	g/kg	30,7	29,5
V	%	40	94

As características químicas dos substratos foram estabelecidas usando-se o Método

de Carolina do Norte (EMBRAPA, 1979 e PAVAN *et al.*, 1991). O valor de pH foi determinado, usando-se uma solução de  $\text{CaCl}_2$  em 0,01 M. Al e Ca + Mg foram determinados, usando uma solução 1N de KCl. A determinação do P, K e Na foi através da solução extratora de Mehlich ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0,025N + HCl 0,05 N. A matéria orgânica (M.O.) foi determinada pela oxido-redução do carbono, pela solução de dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) a 1 N e da solução sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) a 1 N, de acordo com o método Walkley-Black.

### 3.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O experimento envolveu a combinação de três espécies, dois tipos de substratos e quatro níveis de intensidade luminosa. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e 5 repetições.

O fator intensidade luminosa foi estudado em nível de parcelas e as combinações das espécies com substratos nas subparcelas. Cada subparcela foi constituída de 48 plantas (24 úteis).

A análise estatística foi realizada em nível de espécie, sendo utilizado o teste F para a comparação dos substratos e a análise de regressão polinomial para estudo da influência dos níveis de luminosidade, nas variáveis testadas, conforme recomendação de CHEW (1977). No ajuste dos modelos testados fez-se uso dos dados individuais por planta.

O estudo do paralelismo e coincidência entre as curvas de regressão foi realizado através dos quadros de análise de variância, da seguinte forma: valores não significativos de F das interações entre Substratos e intensidades luminosas indicam que as regressões são paralelas quando o valor de F para Substratos for significativo, e coincidentes quando este for não significativo.

Foi também utilizada a análise de correlação simples, entre as diversas variáveis

estudadas e a análise de regressão múltipla, para o estudo da influência conjunta entre as variáveis sobre a clorofila a e b.

A disposição das parcelas obedeceu o sentido leste-oeste, visando evitar os efeitos de sombreamento nos tratamentos sob luz direta.

### 3.6 Produção das mudas

#### 3.6.1 Sementes

As sementes das três espécies estudadas foram coletadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Tabela 3)

TABELA 3. Procedência das sementes utilizadas

ESPÉCIES	PROCEDÊNCIA	LATITUDE (S)	ALTITUDE (m)	MÊS/ANO (COLETA)
araribá-rosa	Paranaguá-PR	25°30'	20	outubro 1994
canjarana	Fênix-PR	24°55'	760	setembro 1994
guanandi	Paranaguá-PR	25°30'	20	junho 1994

O critério de amostragem foi baseado em SHIMIZU *et al.* (1982). Foram utilizadas, no mínimo, dez árvores, com o objetivo de reduzir a possibilidade da inclusão de árvores aparentadas e aumentar a variabilidade genética do material estudado. O material original do araribá-rosa veio da Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce, em Linhares-ES de 20 matrizes e coletado em Paranaguá-PR (procedência), onde haviam sido plantadas 245 árvores (5 x 49). O material de canjarana foi coletado no Parque Estadual de Vila Rica do Espírito Santo, em Fênix-PR, de 10 árvores. O material de guanandi foi coletado no chão, de um número não determinado de árvores, em várias partes da

Fazenda da Agloflora em Paranaguá-PR. Estas sementes foram provenientes de frutos disseminados pelos morcegos (Quiroptecoria), que se alimentam do epi e mesocarpo e jogam as sementes com restos do endocarpo.

### 3.6.2 Cultivo das mudas

As sementes de canjarana e guanandi foram semeadas em sementeiras em casa de vegetação e as de araribá-rosa, devido ao seu tamanho e quantidade, foram semeadas em estufins ao ar livre, localizados no viveiro. Não houve necessidade de tratamento de superação de dormência. No caso do guanandi, a remoção do pericarpo pelos morcegos acelera a protusão da radícula. Após a emergência, as plântulas foram repicadas para sacos plásticos de cor preta (20 cm de altura x 7 cm de diâmetro) e colocadas sob as campânulas com as telas de sombreamento. Para evitar que as raízes penetrassem no solo, durante a experimentação, as mudas foram movimentadas duas vezes.

### 3.7 Análise do crescimento e sobrevivência

Parâmetros analisados: altura, diâmetro do colo, peso da matéria seca total, aérea e radicial, área foliar e área específica foliar.

O crescimento em altura foi obtido medindo-se, desde o colo até o ponto de inserção da gema mais alta, enquanto o diâmetro do colo foi medido com um paquímetro, aos 9 meses após a semeadura. Foram medidas todas as 24 plantas de cada subparcela.

Após 9 meses, foram separadas a parte aérea do sistema radicial e acondicionadas em sacos plásticos, pesadas e as folhas separadas. Após a separação, caules, folhas e ramos foram colocados para secar em estufas de ventilação forçada, reguladas para temperaturas em torno de  $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por 7 dias, determinando-se, no final desse período

a matéria seca (M.S.)

A área foliar (AF) e o peso de matéria seca foliar total foram determinadas tomando-se três plantas em cada repetição. Para a leitura da área foliar, foi usado um medidor portátil de Área Foliar marca LI-COR, Model LI-3000. Cada folha foi medida três vezes, tomando-se como valor definitivo, a média aritmética das três leituras. Após as leituras, as folhas foram secas em estufa a  $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas e novamente pesadas para o cálculo do peso de matéria seca total das folhas. A área específica foliar (AEF) foi determinada pela relação entre a área foliar ( $\text{cm}^2$ ) e o peso seco foliar (g).

### 3.8 Teor de nutrientes (macro e micro) nas folhas

O conteúdo de nutrientes das folhas das três espécies, com 12 meses de idade, foi determinado pela análise de uma amostra composta de 10 plantas para cada tratamento, dos quais foram coletadas todas as folhas. As folhas foram lavadas rapidamente em água corrente, secadas a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  e moídas até a consistência de pó. A determinação dos elementos foi obtida mediante os procedimentos tradicionais de rotina (JOHNSON & ULRICH, 1959 e JACKSON, 1964). O N foi determinado pelo método de digestão sulfúrica, destilação em micro-Kjeldhall, seguida de titulação com ácido sulfúrico (JOHNSON & ULRICH, 1959). Para a determinação do P, foi usado o método com vanadato de amônia ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ). O teor de K foi obtido por digestão nitroperclórica, seguida por análise em fotometria de chama. Os elementos Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados pela digestão nitroperclórica, seguida de espectrometria por absorção atômica.

### 3.9 Associações simbióticas

Foi utilizado o método de peneiramento úmido. De cada tratamento, foram retiradas

três plantas para a análise da presença de associação simbiótica.

### 3.9.1 Rizóbio

Por ser a única leguminosa estudada neste trabalho, apenas nas mudas de araribá-rosa, foram observadas a ocorrência de rizóbio, sendo efetuada contagens do número de nódulos, bem como determinado o seu peso seco.

### 3.9.2 Micorrizas arbusculares (MA)

A constatação das MA nas raízes apresenta certa dificuldade, uma vez que o fungo não lhes causa alterações visuais. Além disso, sendo um simbiote obrigatório, o fungo não cresce em meios de cultura normalmente utilizados para o isolamento de fungos do solo ou de raízes. Para se verificar a colonização, as raízes têm que ser devidamente coradas e observadas microscopicamente (PHILLIPS & HAYMANN, 1970). No solo, a presença do fungo pode ser constatada pelo peneiramento via úmida e observação microscópica dos esporos no material retido nas peneiras (GERDMANN & NICOLSON, 1963), seguido de centrifugação, em solução de sacarose.

Para as espécies estudadas, verificou-se a presença de micorrizas, pela contagem do número total de esporos. Os resultados, com 12 meses de idade, referem-se à média de cinco contagens por amostra e ao número total de esporos MA do substrato encontrados em 100g de solo de cada tratamento,

### 3.10 Concentração de clorofila a, b e total

Das plantas remanescentes no viveiro, com 14 meses de idade, foram coletadas

amostras de folhas maduras e saudáveis, ao acaso, de 3 plantas de cada parcela e por espécie. Foram armazenadas, imediatamente, em sacos plásticos acondicionados com gelo, em caixa de isopor. Três a quatro amostras, de 8 mm de diâmetro cada, foram usadas como amostra de extração, com pesos variando entre 20 mg a 30 mg. Tais amostras compostas foram colocadas em tubo de vidro e receberam 5 ml de DMSO (dimetilsulfoxido, 99% de pureza). Os tubos foram fechados com tampa de borracha e instalados em banho maria com água pré-aquecida a  $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por uma hora para araribá-rosa e 2 horas para canjarana e guanandi. Os tubos foram agitados, manualmente, a cada 15 minutos. O processo de extração foi considerado completo, quando as amostras das folhas tornaram-se transparentes num exame visual. A absorvância dos extratos foi medida em espectrofotômetro digital (marca Micronal - modelo B342II) em faixas de comprimento de onda de 648 nm e 665 nm. Para o cálculo da concentração de clorofila, usou-se a fórmula de BARNES *et al.* (1992).

$$C_a = 14,85(A_{665}) - 5,14(A_{648})$$

$$C_b = 25,48(A_{648}) - 7,36(A_{665})$$

onde  $C_a$ : quantidade de clorofila a, em  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  extrato;

$C_b$ : quantidade de clorofila b, em  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  extrato; e

$A_{648}$  e  $A_{665}$ : absorvância como indicada no comprimento de onda

A concentração de clorofila foi determinada em relação às duas magnitudes: peso fresco da folha ( $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$  p.s.) e área da folha ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).



### 3.11 Fotossíntese e transpiração

Para a análise da fotossíntese e da transpiração, foi utilizado um aparelho portátil da marca LICOR, modelo LI-6200. Para cada parcela e espécie, das plantas remanescentes no viveiro, com 14 meses de idade, foram utilizadas duas folhas escolhidas ao acaso, programando-se o aparelho para cinco leituras da amostra de cada tratamento. A coleta deu-se na parte da manhã, entre as 9 horas e 11 horas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As discussões sobre todos os parâmetros estudados serão feitas por espécie, pois, o intuito não é comparar as espécies, mas sim, estudar o efeito das intensidades luminosas e dos substratos em relação a cada parâmetro investigado.

### 4.1 Araribá-rosa

#### 4.1.1 Sobrevivência

As mudas do araribá-rosa apresentaram uma excelente sobrevivência em todos os níveis de luminosidade, mostrando, ao final do período de estudo, 100% de plantas vivas.

#### 4.1.2 Crescimento

O araribá-rosa foi favorecido pelo sombreamento (Tabela 4), corroborando a afirmativa de que o sombreamento de algumas espécies resulta numa resposta positiva ao crescimento em altura (FERREIRA *et al.* 1977; JESUS *et al.* 1988 e OLIVEIRA *et al.* 1989). Porém, a maioria das plântulas apresentou porte reduzido, quando cultivadas sob 50% de intensidade luminosa. O maior crescimento em altura para o araribá-rosa, nos dois substratos, foi obtido das mudas que cresceram sob uma intensidade luminosa de 10% (Tabela 4). Esse tipo de comportamento é uma resposta característica de espécies secundárias e clímax. Pela classificação proposta por BUDOWSKI (1965), o araribá-rosa seria uma espécie secundária tardia. Porém, em função das menores alturas terem ocorrido sob 50% de intensidade luminosa, pode-se afirmar que ele seja secundária longa. As mudas produzidas sob 10% de intensidade de luminosa, tiveram as maiores

alturas, porém menor MST (Tabela 4), originando mudas mais frágeis, com tecidos mais suculentos.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 4), para o crescimento em altura e em diâmetro do colo em mudas de araribá-rosa. Mudas crescendo no Sc, mostraram, em média, um crescimento em altura e em diâmetro do colo, respectivamente, 53,8% e 11% superior às mudas desenvolvidas no Ssh. Estas superioridades mostram que esses parâmetros foram influenciados pelas propriedades dos substratos.

A interação entre substratos e intensidades luminosas não foi significativa para a altura e o diâmetro do colo (Tabela 4). Uma possível explicação para este comportamento seria a extrema limitação imposta pelo Ssh impedindo a resposta à luz.

TABELA 4. Crescimento (altura e diâmetro do colo); matéria seca (total; aérea e radicial), área foliar e área específica foliar, de mudas de araribá-rosa, aos 9 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Altura média (cm)	Diâmetro do colo (mm)	Matéria seca total (g/planta)	Matéria seca aérea (g/planta)	Matéria seca radicial (g/planta)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Área específica foliar (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )
Colombo	10	21,22	5,52	3,7952	2,0479	1,2545	661,66	305,40
	30	18,30	5,50	5,1272	3,1451	1,9112	533,68	249,40
	50	16,42	5,79	5,7587	3,3337	2,4241	329,77	215,20
	100	18,18	6,54	7,9931	4,1681	3,8311	357,76	155,40
Santa Helena	10	13,86	4,81	2,1520	1,4034	0,7487	212,20	269,40
	30	11,93	5,32	3,0208	1,7632	1,2088	175,58	219,40
	50	11,05	5,44	3,0467	1,8410	1,2057	144,76	227,80
	100	11,39	5,46	2,6397	1,4444	1,1953	135,70	158,60
Teste F Substratos		57,18**	15,75**	50,04**	57,36**	27,55**	62,48**	4,81*
Teste F Intensidades Luminosas		3,53*	5,87**	5,36**	5,16**	6,76**	6,11**	87,86**
Teste F Substratos * Intensidades luminosas		0,24ns	1,90ns	3,94*	4,37*	3,97*	2,53ns	4,42*
CV (%)		17,70	8,302	31,499	27,226	34,265	33,094	8,034

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

O aumento em altura das plantas sombreadas, pode ter ocorrido em razão do estiolamento induzido pela intensidade luminosa estar abaixo dos níveis requeridos pela planta (WHATLEY e WHATLEY, 1982). Ou, o crescimento foi beneficiado em decorrência de temperaturas mais amenas das folhas, o que favoreceria a abertura dos estômatos e a fixação de carbono pelas plantas. Sob as estruturas sombreadas, é provável que tenha havido um eficiente controle foliar e, conseqüentemente, do estado hídrico da planta, de modo a permitir uma otimização da atividade fotossintética e da turgescência necessárias ao crescimento da planta.

A capacidade de crescer rapidamente quando sombreadas é um mecanismo importante de adaptação da espécie, constituindo uma estratégia de fuga à baixa intensidade luminosa. Esta adaptação às baixas intensidades luminosas é uma característica genética (RAMANUJAM & JOS, 1984), o qual faz com que as folhas apresentem estrutura anatômica e propriedades fisiológicas, que as capacitem a um uso efetivo da radiação solar disponível.

Em ambos substratos, o maior crescimento em altura foi obtido em mudas sob 10% de intensidade luminosa, enquanto que, em diâmetro do colo, sob 100% de intensidade luminosa (Tabela 4).

Foram encontradas correlações significativas para a altura com a área foliar (AF) e o teor de ferro (Fe), no Sc (ANEXO 1). No Ssh, não foi constatada correlação, com o critério adotado (ANEXO 2).

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 4, que a altura e o diâmetro do colo, possuem interação entre substratos e intensidades luminosas não significativos e Substratos significativo, indicando que as regressões resultantes para cada substrato em função das intensidades luminosas são paralelas e não coincidentes (Figuras 1a e 1b), o que significa um comportamento com diferenças significativas constantes entre os substratos e dentro de cada nível de luminosidade.

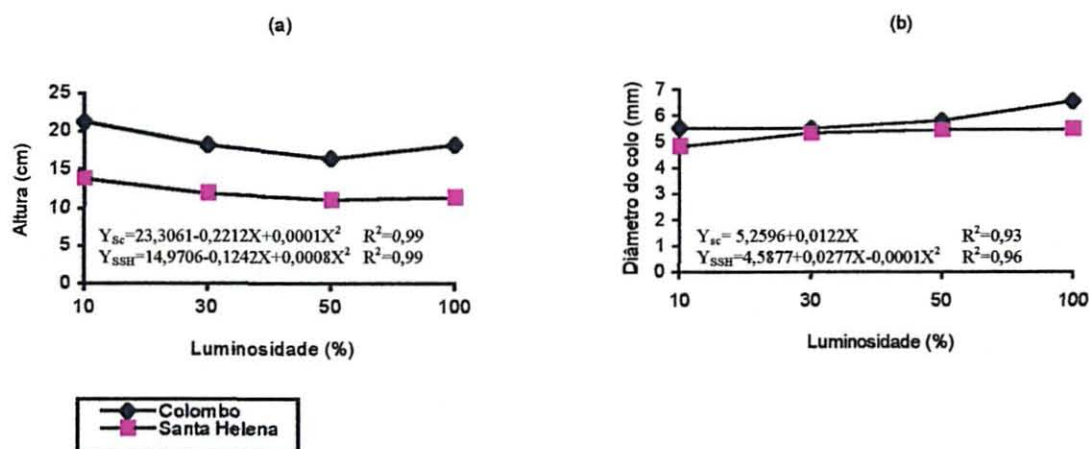


FIGURA 1. Altura (a) e diâmetro do colo (b) de mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.

Outro parâmetro bastante utilizado para avaliar respostas de crescimento de plantas é o diâmetro de colo, pois depende da atividade cambial que, por sua vez, é estimulada a partir de carboidratos produzidos pela fotossíntese corrente e hormônios translocados das regiões apicais.

O crescimento em diâmetro do colo, de araribá-rosa aumentou com o acréscimo da luminosidade, em ambos os substratos, sendo maior, quando cultivado sob luminosidade maior (100%), indicando intolerância para esse fator. Segundo KOZLOWSKI *et al.* (1991), o crescimento em diâmetro guarda uma relação mais direta com a fotossíntese líquida, do que o crescimento em altura, o qual depende mais dos carboidratos acumulados e de um balanço favorável entre fotossíntese líquida e respiração. Maiores diâmetros do colo, sob maiores níveis de radiação, foram observados em algumas espécies, tais como *Hymenaea stigonocarpa* e *Schizolobium parahyba* (FERREIRA, 1977), em *Zeyheria tuberculosa*, *Tabebuia avellanædae* e *Erythrina speciosa* (ENGEL, 1989), em *Platycamus regnelli*

(SCALON, 1991), em *Copaifera langdorffii*, *Cybistax antisyphilitica* e *Sesbania sesban* (NAVES, 1993).

Foram encontradas correlações significativas para o diâmetro do colo, com a MST, MSA e MSR, teor de Ca, nodulação: número e peso de matéria seca de rizóbio e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com a MST, MSA, MSR, clorofila a, b e total, teor de Mg e número de rizóbio (ANEXO 2) .

#### 4.1.3 Produção da matéria seca (M.S.)

As plantas do araribá-rosa apresentaram um incremento no acúmulo da matéria seca total, conforme o aumento da porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa (RAF), ou seja, a radiação onde a fotossíntese se processa (Tabela 4). Este padrão de comportamento foi similar, de maneira geral, para folhas e raízes, principalmente no Sc. Resultados semelhantes foram encontrados para outras espécies florestais, tais como *Hymenaea stigonocarpa* (FERREIRA, 1977); *Erythrina speciosa* (ENGEL, 1989) e *Sesbania sesban* (NAVES, 1993).

Os maiores acúmulos de MST ocorreram no Sc, sob 100% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh, sob 30% de luminosidade.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 4), com o Sc apresentando maiores MST, MSA e MSR produzidas, em média, 108%, 196% e 116%, respectivamente superiores aos do Ssh para os quatro níveis de luminosidade. Estas superioridades, mostram que a MSA, MSR e MST do araribá-rosa, foram influenciadas pelas propriedades dos substratos.

A interação entre substrato e luminosidade foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) para a MST, MSA e MSR (Tabela 4).

Foram encontradas correlações significativas para a MST, MSA e MSR com o diâmetro do colo, AEF, teor de Ca, Mg e Mn, nodulação: número e peso de matéria seca de rizóbio,

número total de esporos MA, clorofila a, b e total e intensidade luminosa, no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com o diâmetro do colo e teor de Mg (ANEXO 2).

#### Matéria seca total (MST)

Para produção de MST, houve uma nítida superioridade das mudas que cresceram sob 100% de intensidade luminosa, para o araribá-rosa no Sc, enquanto que no Ssh, deu-se entre 30% e 50% de intensidade luminosa (Tabela 4).

A MST do araribá-rosa foi maior no Sc, aumentando com o acréscimo da luminosidade. No Ssh, a MST também cresceu até 50% de intensidade luminosa e apresentou um ligeiro decréscimo sob 100% de luminosidade. No Sc, a maior MST foi obtida em mudas sob 100% de luminosidade, talvez porque sob este percentual as mudas necessitam mais água, devido ao fato de ocorrer mais fotossíntese ou mais transpiração, enquanto que, no Ssh, a maior MST foi obtida em mudas sob 50% de luminosidade.

As espécies vegetais em geral alcançam a máxima produção de biomassa, quando crescem à luz do dia. No presente caso, ficou evidente que para o araribá-rosa, mesmo tendo alcançado maior crescimento em altura sob 10% de intensidade luminosa, foi sob 100% de intensidade luminosa e próximo a ela onde foi alcançada a maior produção de MS (Tabela 4).

Araribá-rosa revelou um comportamento típico de espécie heliófila nessa fase juvenil apresentando um desenvolvimento mais favorável sob 100% da RAF. Observou-se, também, que ele apresentou um maior acúmulo de MS em relação às demais espécies, em todos os níveis de RFA.

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 4, que para a MST, MSA e MSR, as regressões são não paralelas e não coincidentes (Figuras 2a, 2b e

2c), o que significa um comportamento com diferenças significativas não constantes entre os substratos e dentro de cada nível de luminosidade.

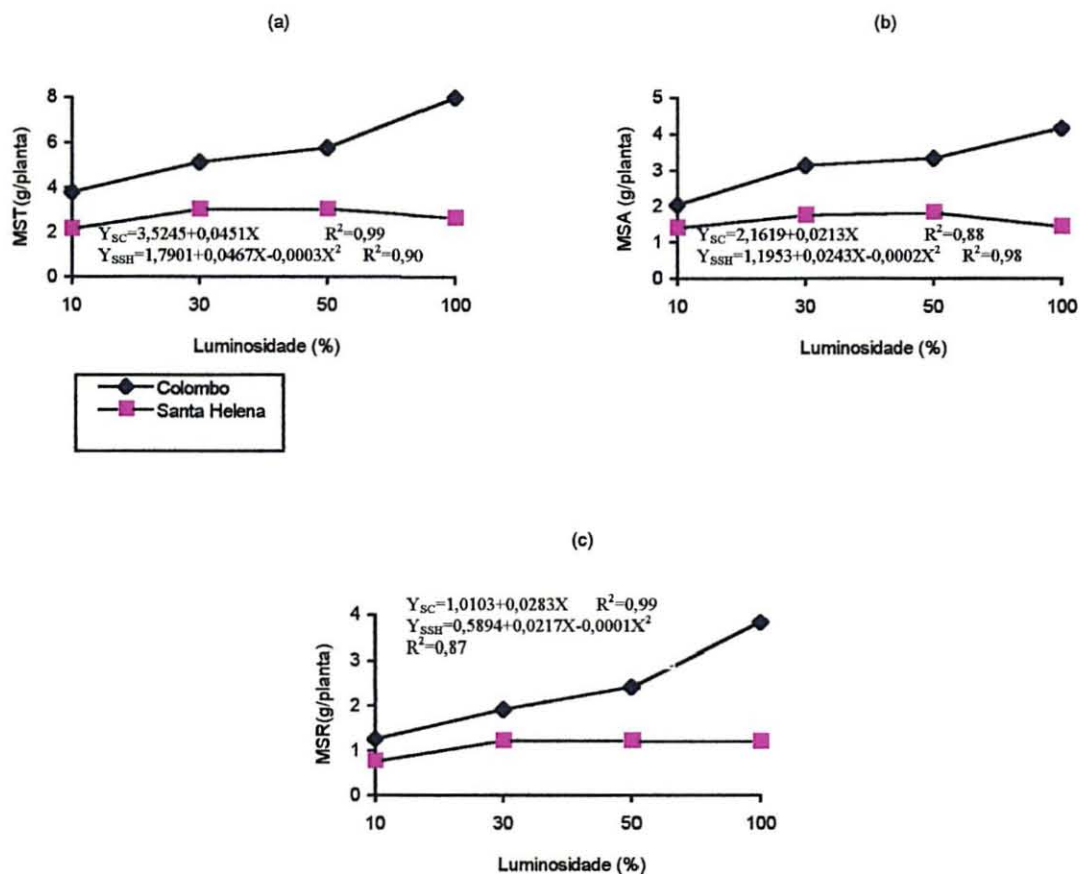


FIGURA 2. Matéria seca total - MST (a), aérea - MSA (b) e radicial - MSR (c) de mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.

#### Matéria seca aérea (MSA)

A MSA do araribá-rosa aumentou com o acréscimo da luminosidade no Sc. No Ssh, a MSA também aumentou até 50% de intensidade luminosa e apresentou um ligeiro decréscimo sob 100% de luminosidade. No Sc, a maior MSA foi obtida em mudas sob



100% de luminosidade, enquanto que no Ssh foi obtida em mudas sob 50% de luminosidade.

#### Matéria seca radicial (MSR)

O crescimento radicial mantém uma relação de interdependência com o crescimento da parte aérea, segundo EVANS ( 1973).

A MSR do araribá-rosa aumentou com o acréscimo da luminosidade, em ambos os substratos, sendo a maior MSR obtida em mudas sob 100% de luminosidade e a menor, em mudas sob 10% de luz. Sabe-se efetivamente que, quanto mais baixa a radiação, menor será o crescimento do sistema radicial (SPURR & BARNES, 1980).

#### 4.1.4 Área foliar (AF) e área específica foliar (AEF)

A AF é uma característica muito utilizada na avaliação de tolerância ao sombreamento. Em geral, o incremento da AF com o sombreamento é uma das maneiras da planta aumentar a superfície fotossintética, assegurando um aproveitamento mais eficiente nas baixas intensidades luminosas e, conseqüentemente, compensar as baixas taxas de fotossíntese por unidade de AF, característica típica das folhas de sombra (BOARDMAN, 1977; JONES & McLEOD, 1990) e que segundo LUGO (1973) é próprio de espécies tolerantes à sombra.

A AF aumentou com a diminuição da luminosidade, nas mudas de araribá-rosa (Tabela 4). Esta afirmativa foi corroborada por outros autores, tais como ENGEL (1989) e DRUMOND & LIMA (1991).

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) e significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 4), para AF e AEF, respectivamente, com o Sc, apresentando em média, mudas com AF e AEF, 181,7% e 5,7% superiores as do Ssh para

os quatro níveis de luminosidade. Estas superioridades, mostram que a AF e a AEF do araribá-rosa, foram influenciadas pelas propriedades dos substratos. Nota-se, desta maneira, a maior plasticidade de araribá-rosa que, quando cultivado sob intensidades luminosas mais baixas, é capaz de aumentar em até duas vezes a sua AF com relação às plantas desenvolvendo sob pleno sol.

Para os substratos, a maior AF foi obtida em plantas sob 10% de luminosidade. A interação entre substrato e luminosidade não foi significativa (Tabela 4).

Foram encontradas correlações significativas para a AF com a altura, AEF, teor de Mg, clorofila a, b e total no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com o números de esporos MA (ANEXO 2) .

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentados na Tabela 4, que para a AF e a AEF, as regressões são paralelas e não coincidentes para a AF e não paralelas e não coincidentes para a AEF, respectivamente (Figuras 3a e 3b), o que significa um comportamento com diferenças significativas constantes e não constantes entre os substratos e dentro de cada nível de luminosidade.

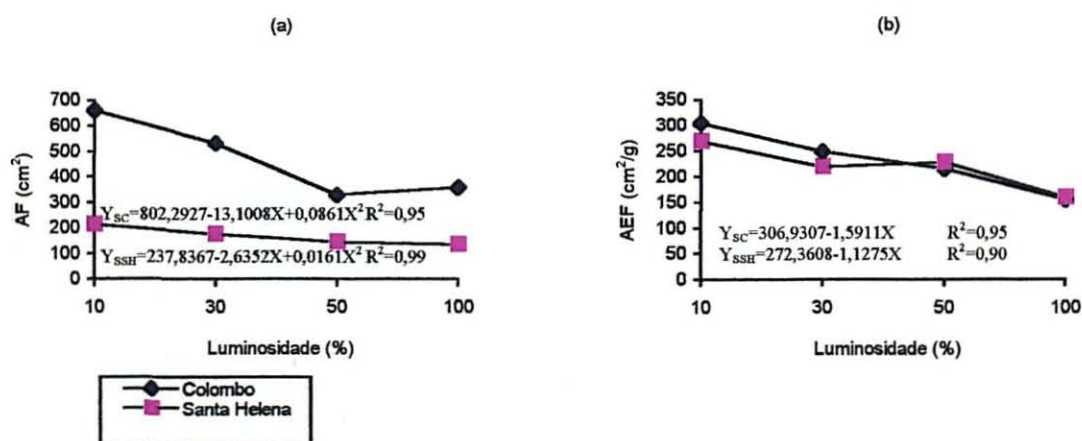


FIGURA 3. Área foliar - AF (a) e área específica foliar - AEF (b) das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.

A AEF para o araribá-rosa diminuiu com o acréscimo da luminosidade, em ambos substratos. Para os substratos, a maior AEF foi obtida de mudas sob 10% de luminosidade. A interação entre substrato e luminosidade foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 4).

Foram encontradas correlações significativas para a AEF com a MST, MSA, MSR, AF, teor de Ca, nodulação: número e peso seco de rizóbio, MA, clorofila a, b e total, relação clorofila a/b e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com os teores de clorofila a, b, total e teor de Mg (ANEXO 2).

#### 4.1.5 Análise foliar

De uma maneira geral, os teores de nutrientes observados nas folhas encontram-se dentro dos valores considerados médios para outras espécies nativas, quando se adota a amplitude máxima de observações feitas por diversos autores (CARPANEZZI *et al.*, 1976; REISSMANN *et al.* (1987); REISSMANN *et al.* (1990); MONTAGNINI *et al.* (1994) e ou de espécies arbóreas exóticas BELLOTE (1990) e MARSCHNER (1995).

No entanto, da mesma forma que os dados de altura, diâmetro do colo, MST, MSA, MSR, AF e AEF (Tabela 4), o araribá-rosa distingue-se bastante no que diz respeito aos níveis de nutrientes.

Os teores dos nutrientes no araribá-rosa, com exceção do Cu e do Zn (Tabela 4) foram influenciados pelas propriedades dos substratos.

A interação substratos \* intensidades luminosas (Tabela 5), foi não significativa para o N, Ca e o Fe; significativa ( $p \leq 0,05$ ) para o K, Cu e o Zn e altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) para o P, Mg e o Mn.

TABELA 5. Teores de macro (% M.S.) e micronutrientes (ppm M.S.) em folhas de mudas de araribá-rosa, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosas (%)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Colombo	10	2,25	0,17	0,76	1,65	0,56	11,40	593,20	172,20	21,00
	30	2,03	0,11	0,55	1,55	0,47	7,60	574,60	130,00	18,20
	50	2,22	0,12	0,63	1,54	0,45	10,20	503,40	97,00	19,40
	100	2,42	0,14	0,69	1,30	0,41	11,40	662,00	75,00	18,20
Santa Helena	10	1,70	0,10	1,23	2,74	0,33	8,00	1016,6	37,00	14,60
	30	1,62	0,09	1,27	2,36	0,31	7,20	858,60	30,40	12,00
	50	1,46	0,11	1,28	2,46	0,27	9,80	996,00	27,40	24,40
	100	1,99	0,15	1,32	2,42	0,31	12,60	1099,00	50,00	17,00
Teste F Substratos		85,62**	10,91**	420,07**	223,09**	379,79**	1,85ns	119,99**	382,51**	2,34ns
Teste F Intensidades Luminosas		9,03**	8,09**	2,03ns	4,55**	23,61**	11,68**	3,67*	22,57**	3,83*
Teste F Substratos * Intensidades luminosas		1,86ns	7,45**	3,07*	1,17ns	10,74**	3,03*	1,40ns	30,75**	3,48*
CV (%)		9,359	17,057	9,824	10,41	6,822	17,830	14,994	17,208	25,114

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

### Nitrogênio (N)

Os teores de N encontrados na M.S. de folhas de araribá-rosa variaram de 2,03 à 2,42% no Sc e de 1,46 a 1,99% no Ssh (Tabela 5). Esses teores ficaram intermediários aos obtidos pela canjarana e guanandi. MARSCHNER (1995) considera que, dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento e órgão amostrado, o teor ótimo de N requerido para o crescimento normal da espécie varia de 2 a 5% da M.S. da planta.

O teor de N nas folhas de mudas de araribá-rosa aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 5), com o Sc apresentando mudas com teor de N, em média para os quatro níveis de luminosidade, 32% superior ao do Ssh. Em ambos os substratos, o maior teor de N foi obtido para plantas sob 100% de luminosidade.

MONTAGNINI *et al.* (1994a) encontraram, para folhas desta espécie coletadas em árvores com 15 anos de idade, um teor de 2,16% de N e VILLEGAS *et al.* (1976) encontraram, para folhas desta espécie coletadas em árvores com 50 anos de idade, teores entre 3,04 a 3,34%.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de N com o teor de K e Cu no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com os teores de P e Mn e com a AEF (ANEXO 2).

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 4, que para o N, P e K, as regressões são paralelas e não coincidentes para a N e não paralelas e não coincidentes para o P e o K, respectivamente (Figuras 4a, 4b e 4c), o que significa um comportamento com diferenças significativas constantes e não constantes entre os substratos e dentro de cada nível de luminosidade.

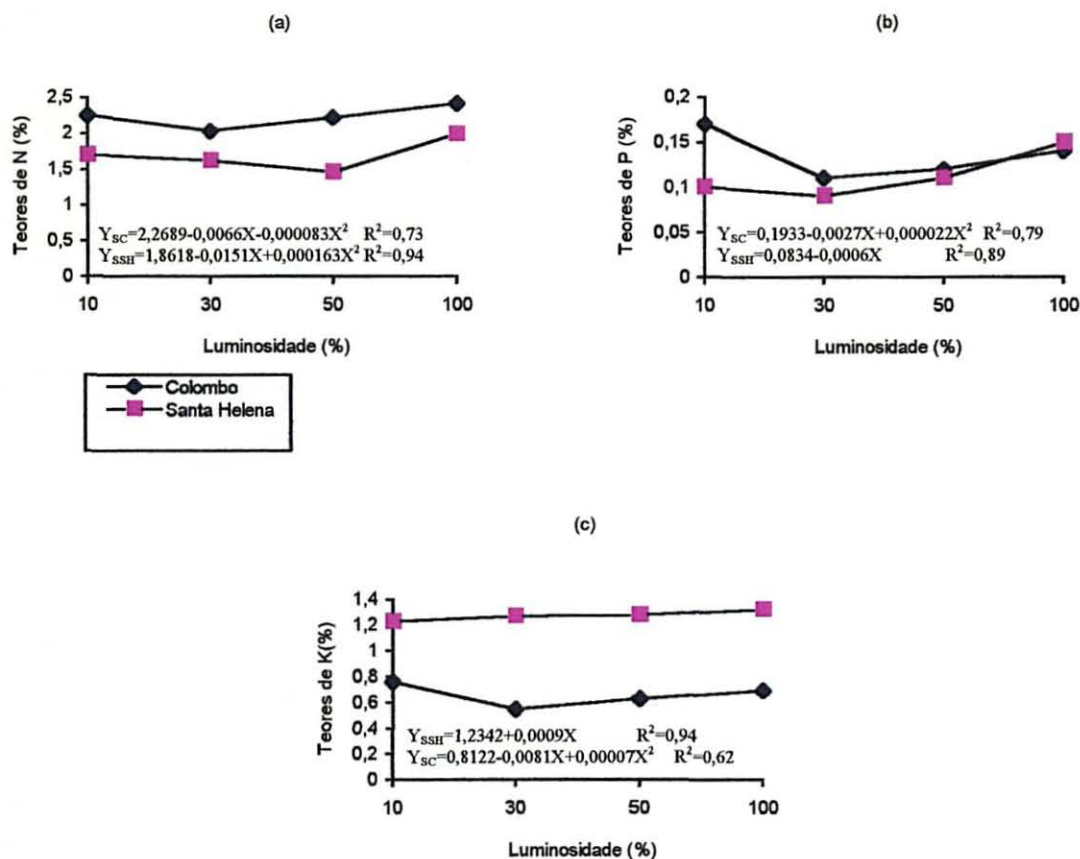


FIGURA 4. Teores de N (a), P (b) e K (c) nas folhas das mudas de arribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.

#### Fósforo (P)

Os teores de P encontrados na M.S. das folhas de arribá-rosa variaram de 0,11 a 0,17% no Sc, e de 0,09 a 0,15% no Ssh (Tabela 5). Esses teores ficaram intermediários aos obtidos pela canjarana e guanandi. MARSCHNER (1995) considera como teor ótimo de P requerido para o crescimento normal das plantas valores entre 0,3 a 0,5%. Ainda, segundo este autor, a toxidez pelo P é dada em teores acima de 1% da M.S.

MONTAGNINI *et al.* (1994a) encontraram em folhas coletadas desta espécie com 15 anos de idade, um teor de 0,14% e VILLEGAS *et al.* (1976) em folhas coletadas de árvores com 50 anos de idade, teores entre 0,18 e 0,19%. Esses teores do araribá-rosa são comparáveis aos de outras espécies subtropicais, entre as quais, *Centrolobium minus* (MONTAGNINI *et al.*, 1994a).

Nas folhas de mudas de araribá-rosa, com 10% de luz, o teor de P foi maior que sob 100%, no Sc, comportamento também observado por PAULILO *et al.* (1994), para *Qualea grandiflora*, espécie brasileira do Cerrado, enquanto que, no Ssh, houve um aumento de P com a intensidade luminosa, alcançando o maior valor em plena luz. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 5), com o Sc apresentando mudas com teor de P, em média para os quatro níveis de luminosidade, 18% superior ao do Ssh.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de P com o teor de K, no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com os teores de N, Cu, Mn, clorofila a, b e total, peso de matéria seca de rizóbio, AEF e intensidade luminosa (ANEXO 2).

#### Potássio (K)

Os teores de K encontrados na M.S. das folhas de araribá-rosa variaram de 0,55 a 0,76% no Sc, e de 1,23 a 1,32% no Ssh (Tabela 5). Esses teores ficaram intermediários aos obtidos pela canjarana e guanandi. MARSCHNER (1995) considera que o K, a exemplo do N, é um nutriente mineral requerido também em grandes quantidades pela planta.

MONTAGNINI *et al.* (1994a) encontraram para folhas coletadas de plantas de araribá-rosa, com 15 anos de idade, um teor de 1,5% de K e VILLEGAS *et al.* (1976) encontraram para folhas coletadas de plantas de araribá-rosa com 50 anos de idade, teores entre 0,96 a 1,11%.

O teor de K nas folhas de mudas de araribá-rosa diminuiu com o aumento da luminosidade, no Sc, comportamento também observado por PAULILO *et al.* (1994), para *Qualea grandiflora*. No Ssh, o oposto ocorreu. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 5), com o Ssh, apresentando mudas com teor de K, em média para os quatro níveis de luminosidade, 92% superior ao do Sc. Este maior teor de K nas folhas de plantas crescendo no Ssh, deve-se ao fato de o substrato apresentar um teor de K, 216% superior ao do Sc (Tabela 3). No Sc, o maior teor de K foi obtido para plantas sob 10% de luminosidade, enquanto que, no Ssh, foi obtido para plantas sob 100% de luminosidade.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de K, com a MSA, o teor de N e P no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, não foi constatada correlação, com o critério adotado (ANEXO 2).

#### Cálcio (Ca)

Os teores de Ca encontrados na M.S. das folhas de araribá-rosa variaram de 1,3 a 1,65% no Sc e de 2,4 a 2,7% no Ssh (Tabela 5). Esses teores ficaram intermediários aos obtidos pela canjarana e guanandi, no Sc, enquanto que no Ssh, foram os teores mais altos encontrados. MARSCHNER (1995) considera que o teor de Ca nas plantas deve variar 0,1 e 5,0% do peso seco, dependendo das condições de crescimento, espécie e órgão amostrado da planta.

MONTAGNINI *et al.* (1994a) encontraram um teor de 0,5% de Ca para folhas coletadas de árvores com 15 anos de idade e VILLEGAS *et al.* (1976), estudando folhas de araribá-rosa coletadas de árvores com 50 anos de idade, encontraram teores entre 1,20 a 1,38%.

O teor de Ca do araribá-rosa diminuiu com o aumento da luminosidade para os substratos. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 5). As mudas no Ssh apresentando teor de Ca, em média para os quatro



níveis de luminosidade, 64,9% superior ao do Sc. Este maior teor de Ca encontrado nas folhas de plantas crescendo no Ssh deve-se ao fato desse substrato apresentar um teor de Ca, 228% superior ao do Sc (Tabela 2). Em ambos substratos, o maior teor de Ca foi obtido em plantas sob 10% de luminosidade.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Ca com o diâmetro do colo, MST, MSA, MSR, AEF, o teor de Fe, Mn, nodulação: número e o peso seco de rizóbio, MA, clorofila a, b e total e a intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com o teor de Fe e com a fotossíntese líquida (ANEXO 2).

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 5, que para o Ca e o Mg, as regressões são não coincidentes e paralelas e não paralelas, respectivamente (Figuras 5a e 5b).

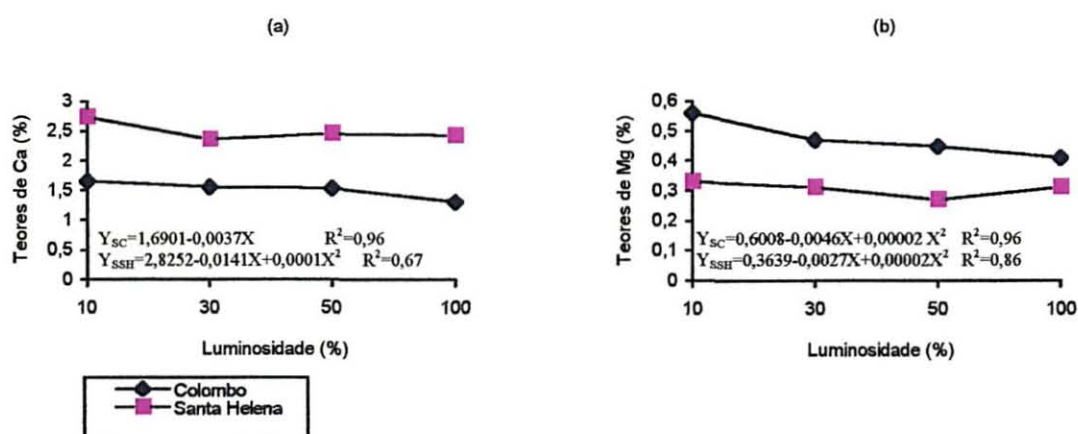


FIGURA 5. Teores de Ca (a) e Mg (b) nas folhas das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.

## Magnésio (Mg)

Os teores de Mg encontrados na M.S. das folhas de araribá-rosa variaram de 0,41 a 0,56% no Sc, e de 0,27 a 0,33% no Ssh (Tabela 5). Esses teores ficaram intermediários aos obtidos pela canjarana e guanandi.

MONTAGNINI *et al.* (1994a) encontraram para folhas coletadas de árvores com 15 anos de idade, teores de 0,24% de Mg e VILLEGAS *et al.* (1976) encontraram valores variando de 0,20 a 0,30%, para folhas coletadas em árvores com 50 anos.

O teor de Mg nas folhas de araribá-rosa diminuiu com o aumento da luminosidade, no Sc, enquanto que no Ssh, ele diminui até 50% de intensidade, apresentando um leve acréscimo até 100% de luz. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 5). Porém, o Sc apresentou mudas com teor de Mg, em média para os quatro níveis de luminosidade, 53% superior ao do Ssh. Em ambos os substratos, o maior teor de Mg foi obtido em plantas sob 10% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Mg com a MST, MSR, AF, AEF, teor de Mn, nodulação: número e peso seco de rizóbio, clorofila a, b, total e a intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com o diâmetro do colo e a MST (ANEXO 2) .

## Cobre (Cu)

Os teores de Cu encontrados na M.S. das folhas de araribá-rosa variaram de 7,6 a 11,4 ppm no Sc, e de 7,2 a 12,6 ppm no Ssh (Tabela 5). Esses teores ficaram intermediários entre os obtidos pela canjarana e o guanandi. VILLEGAS *et al.* (1976) encontraram, para folhas coletadas de árvores de araribá-rosa com 50 anos de idade, teores entre 9,7 e 11 ppm. REISSMANN *et al.* (1987) consideraram como limites satisfatórios de Cu para *Pinus* spp. e *Araucaria angustifolia*, valores entre 4 ppm e 10 ppm. Conforme relata AMBERGER

( 1979), o conteúdo normal de cobre nas folhas das plantas varia de 4 a 20 ppm, estando portanto os valores encontrados neste estudo dentro da faixa considerada normal. Para MARSCHNER (1995), níveis críticos de toxidez de Cu nas folhas situam-se acima de 20 a 30 ppm de M.S.

O teor de Cu do araribá-rosa aumentou com o acréscimo da luminosidade no Ssh, enquanto que no Sc, ele apresentou um comportamento irregular. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 5). No Sc, os maiores teores de Cu foram obtidos em plantas sob 10 e 100% de luminosidade, enquanto que no Ssh, foi obtido sob 100 de luminosidade.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Cu com o teor de N no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, ele correlacionou-se com a clorofila a, b, total, o teor de P, AEF e a intensidade luminosa (ANEXO 2) .

Para o Cu (Figura 6a) e para o Zn (Figura 6d), não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados, para o Sc e o Ssh, respectivamente.

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 5, que as regressões são paralelas para o Fe e não paralelas para o Cu, Mn e Zn. São coincidentes para o Cu e o Fe e não coincidentes para o Mn e o Zn (Figuras 6a, 6b, 6c e 6d).

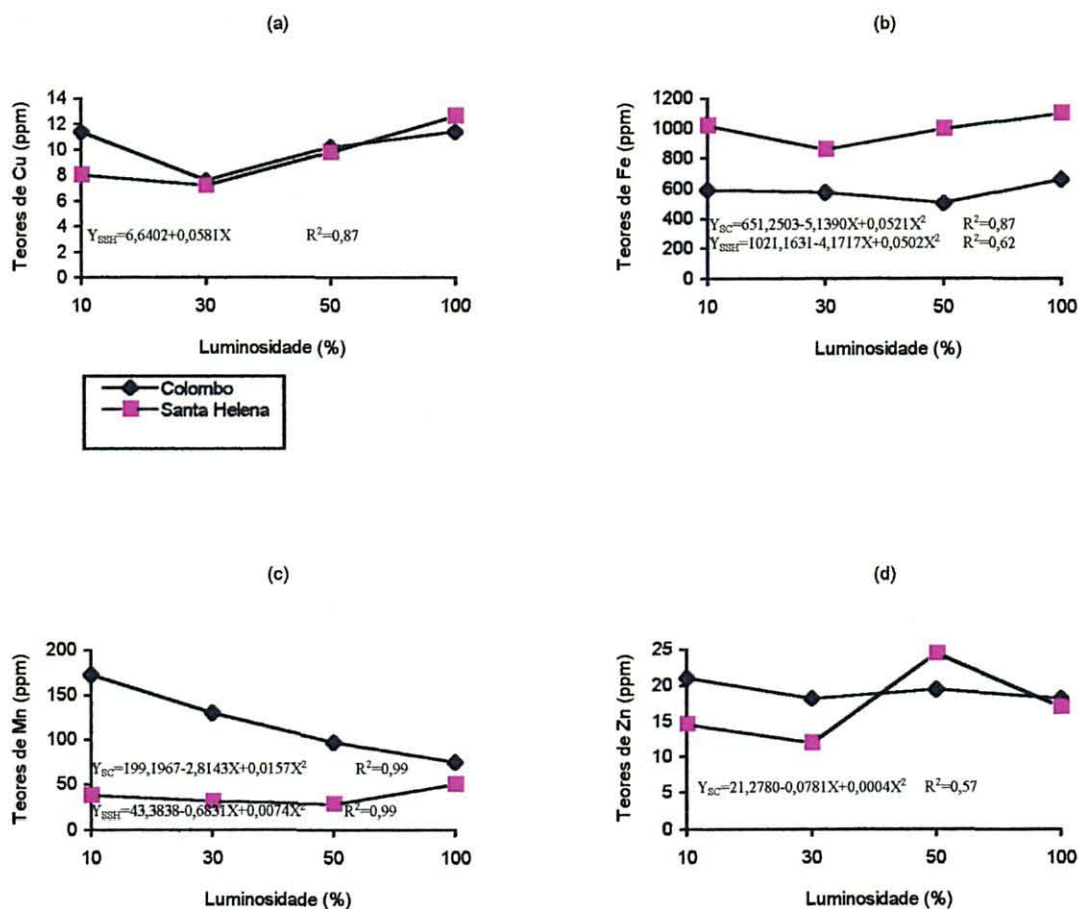


FIGURA 6. Teores de Cu (a), Fe (b), Mn (c) e Zn (d) nas folhas das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas.

### Fe (Ferro)

Os teores de Fe encontrados na M.S. das folhas de araribá-rosa variaram de 503,4 a 662 ppm no Sc e de 858,6 a 1099 ppm no Ssh (Tabela 5). Os teores de Fe encontrados no araribá-rosa foram os maiores entre as espécies estudadas. O teor de Fe encontrado no Ssh foi quase o dobro do teor de Fe do Sc. Isto, possivelmente, deve-se ao fato de o Ssh

apresentar, como Latossolo Roxo, normalmente grandes quantidades de Fe, devido ser originário de rochas eruptivas básicas.

VILLEGAS *et al.* (1976) encontraram, para folhas coletadas de árvores com 50 anos, teores entre 285 e 560 ppm. MONTAGNINI *et al.* (1994b), estudando cinco espécies subtropicais no nordeste da Argentina, plantadas em solo similar ao do substrato de Santa Helena, encontraram para *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúba), teores de 764 ppm, sendo esta a espécie que apresentou os maiores teores de Fe dentre as estudadas.

REISSMANN *et al.* (1987) consideram como teores satisfatórios de Fe, para *Pinus spp.* e *Araucaria angustifolia*, teores entre 4 ppm e 200 ppm. O conteúdo normal de ferro encontrado nas folhas dos vegetais varia de 50 a 2.000 ppm, segundo AMBERGER (1979), estando os valores encontrados neste estudo dentro da faixa normal.

O teor de Fe do araribá-rosa diminuiu com o acréscimo da luminosidade até 50% de luz no Sc, depois apresentou um acréscimo até 100%, enquanto que no Ssh, ele diminuiu até 30% de luz, apresentando depois um acréscimo até 100%. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 5), com o Ssh apresentando mudas com teor de Fe, em média para os quatro níveis de luminosidade, 70% superior ao do Sc. Nos dois substratos, o maior teor de Fe foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Fe com a altura e com o teor de Ca, no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, ele correlacionou-se com o teor de Ca (ANEXO 2).

## Manganês (Mn)

Os teores de Mn encontrados na M.S. das folhas de araribá-rosa variaram de 75 a 172,2 ppm no Sc e de 27,4 a 50 ppm no Ssh (Tabela 5). Os teores de Mn encontrados no araribá-rosa, no Sc, foram os maiores entre as espécies estudadas.

VILLEGAS *et al.* (1976) encontraram para folhas coletadas de árvores com 50 anos, teores com concentração média de 197 ppm.

O teor de Mn do araribá-rosa diminuiu com o aumento da luminosidade no Sc, enquanto que no Ssh, o comportamento foi inverso. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 5), com o Sc, apresentando mudas com teor de Mn em média para os quatro níveis de luminosidade, 327% superior ao do Ssh. No Sc, o maior teor de Mn foi obtido em plantas sob 10% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi em plantas sob 100% de luminosidade.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Mn com a MST, MSA, MSR, AEF, teor de Ca, Mg, peso da matéria seca de rizóbio, MA, clorofila a, b e total e a intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, ele correlacionou-se com o teor de N e P, peso seco de rizóbio e a intensidade luminosa (ANEXO 2).

## Zinco (Zn)

Os teores médios de Zn encontrados na M.S. das folhas de araribá-rosa variaram de 18,2 a 21 ppm no Sc e de 12 a 24,4 ppm no Ssh (Tabela 5), sendo a espécie com os menores teores de Zn entre as estudadas. Segundo MARSCHNER (1995), a situação crítica de deficiência de Zn estaria abaixo de 15 a 20 ppm de M.S. VILLEGAS *et al.* (1976) encontraram em folhas de araribá-rosa, coletadas de árvores com 50 anos de idade, teores

variando de 56,7 a 71,0 ppm, bem mais elevados que os teores encontrados nas folhas das mudas.

O teor de Zn do araribá-rosa diminuiu com o acréscimo da luminosidade no Sc e aumentou no Ssh. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 5). No Sc, o maior teor de Zn foi obtido em plantas sob 10% de luminosidade, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 50% de luminosidade.

Não foram encontradas correlações significativas para o teor de Zn com nenhum parâmetro nos dois substratos (ANEXOS 1 e 2).

#### 4.1.6 Associações simbióticas

Observou-se a presença de nódulos de bactérias fixadoras de  $N_2$  nas raízes de araribá-rosa. Somente pela inspeção visual, que foi corroborada pela Tabela 6, já foi possível verificar que as alterações na disponibilidade dos nutrientes no solo afetaram a intensidade de nodulação, conforme relatado por SIQUEIRA & FRANCO (1988). Como o araribá-rosa era a única espécie leguminosa, procedeu-se à contagem e a determinação do peso de matéria seca nos nódulos extraídos, para cada tratamento.

A interação entre substrato e luminosidade foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) para a nodulação: número e peso de matéria seca (Tabela 6).

TABELA 6. Nodulação (número de nódulos e peso de matéria seca) e número total de esporos MA em raízes de mudas de araribá-rosa, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Nodulação: Número de nódulos	Nodulação: peso de matéria seca (g)	Número total de esporos MA
Colombo	10	38,0	0,0795	196,20
	30	65,5	0,1665	225,20
	50	83,0	0,2139	342,00
	100	153,5	0,4326	471,40
Santa Helena	10	4	0,0101	77,40
	30	13	0,0648	119,80
	50	15	0,0450	164,40
	100	19	0,1173	241,00
Teste F Substratos		64,09**	41,24**	45,13**
Teste F Intensidades luminosas		9,20**	14,32**	17,13**
Teste F Substratos * Intensidades luminosas		5,78**	4,57**	1,49ns
CV (%)		38,231	37,119	32,392

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

O número de nódulos encontrados nas raízes de araribá-rosa variou no Sc de 38 a 153,5 nódulos e no Ssh de 4 a 19 nódulos (Tabela 6).

A nodulação: número e o peso de matéria seca dos nódulos em raízes de mudas de araribá-rosa aumentou com o acréscimo da intensidade luminosa até 100%, em ambos os substratos. STUTZ & FREY (1980) afirmam que a diminuição da intensidade luminosa tem resultado no decréscimo de fixação de  $N_2$  em espécies de leguminosas. GRAÇA (1988) encontrou a mesma tendência na contagem do actinomiceto do gênero *Franckia* para *Alnus glutinosa*.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 6), para a nodulação: número e peso de matéria seca de nódulos em raízes de mudas de araribá-rosa. Mudas crescendo no Sc, mostraram, em média para os quatro níveis de luminosidade, uma nodulação, 251,3% e 276,3, respectivamente, superiores às mudas desenvolvidas no Ssh.



Essa diferença possivelmente é devida ao Sc, apresentar maior quantidade de rizóbio de bracatinga (*Mimosa scabrella*), que se associaram com as mudas de araribá-rosa, em relação ao Ssh. Outra explicação seria o maior teor de N no Sc (Tabela 5). Porém, MARSCHNER (1995) ressalta que vários fatores podem ser responsáveis pela baixa nodulação em solos minerais ácidos, tais como a alta concentração de prótons de alumínio monomérico e, em particular, a baixa concentração de Ca. Os resultados obtidos no presente estudo são conflitantes com o do citado autor, pois observa-se (Tabela 2) que o Sc é mais ácido que o Ssh e que, também a concentração de Ca é menor. Também na Tabela 5 pode-se observar que as concentrações de Ca no Ssh são maiores que no Sc. É possível que, em um solo mais ácido e com menor concentração de Ca, haja abundante nodulação natural, contribuindo deste modo para que no Sc houvesse uma maior nodulação nas mudas. Também, segundo MARSCHNER (1995), um alto suprimento de P é necessário para a nodulação. Verifica-se na Tabela 2, que o teor de P no Ssh é muito maior do que no Sc.

/ Em ambos substratos, a maior nodulação: número e peso de matéria seca de nódulos foi obtida em mudas sob 100% de intensidade luminosa, fato também observado por GRAÇA (1988). Nas plantas cultivadas sob 10% de intensidade luminosa ocorreu redução na massa de nódulos, no total de M.S.

Foram encontradas correlações ao nível de significância de 1% para a nodulação: número e peso de matéria seca dos nódulos de rizóbios com o diâmetro do colo, MST, MSA, MSR, AEF, o teor de Ca, Mg, Mn, clorofila a, b, total e relação clorofila a/b, fotossíntese e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com a clorofila a, b, total, teor de P, Mn, AEF e a intensidade luminosa (ANEXO 2).

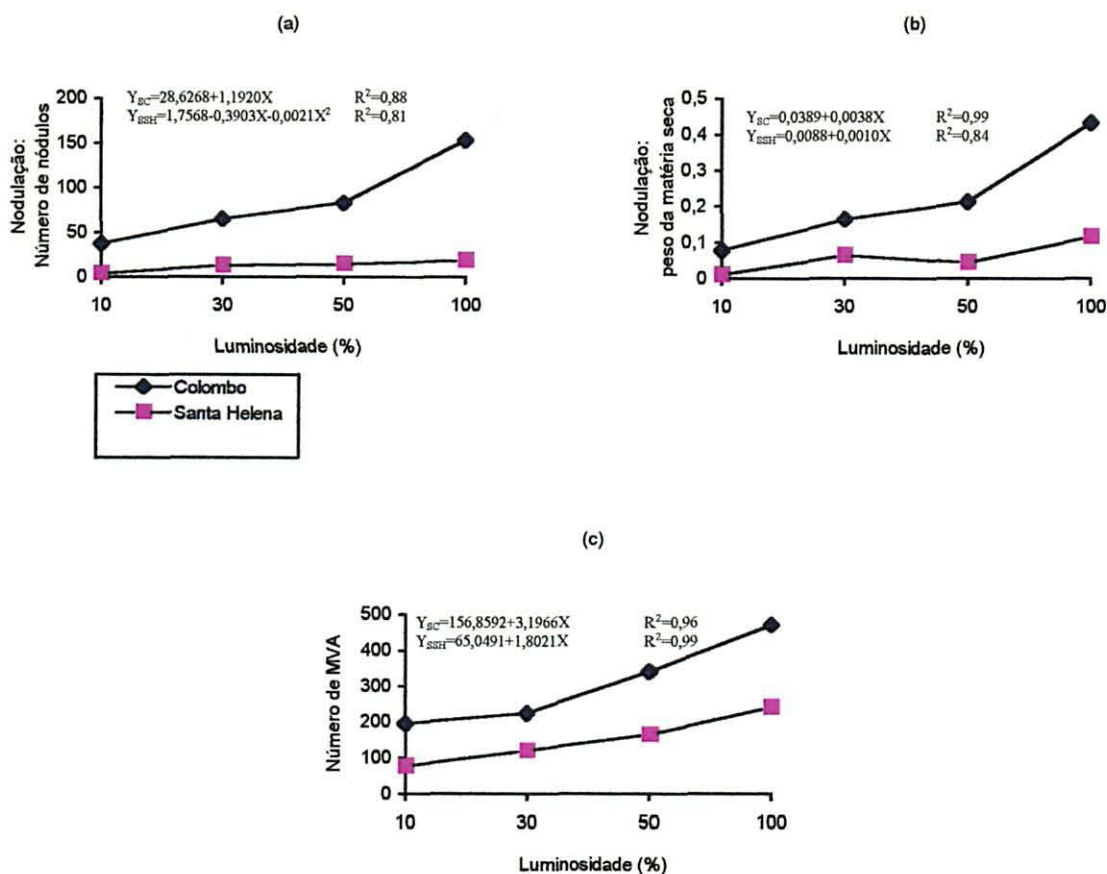


FIGURA 7. Nodulação: número dos nódulos (a), peso de matéria seca (b) e número total de esporos MA (c) nas raízes de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. Sta Helena) e intensidades luminosas.

#### Micorrizas arbusculares (MA)

O número total de esporos MA em raízes de mudas de araribá-rosa variou de 196,20 a 471 no Sc e de 77,4 a 241 no Ssh (Tabela 6).

Na Tabela 2, verificou-se que o teor de P encontrado no Sc é quase 50% superior ao do Ssh, contribuindo deste modo para um maior número de esporos MA. Com relação ao teor de P na M.S. das folhas, verifica-se que em termos médios, seu teor foi superior no Sc

diferindo estatisticamente do Ssh. Em ambos os tipos de substratos, o maior número de esporos MA foi obtido em mudas sob 100% de luz. A interação entre número de esporos MA e luminosidade foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 6). Observa-se, pela figura 7c, que a tendência do número de esporos MA, em função dos níveis de luminosidade, foi linear para cada tipo de substrato.

SANTOS & VINHA (1982) encontraram em um talhão puro de araribá-rosa, aos 8 anos de idade, no sul da Bahia, 47 esporos por 100 g de solo, número bem abaixo ao obtido por este estudo.

MOSSE (1973) não encontrou ocorrência de esporos micorrizicos abaixo de 10% de luminosidade. Embora em ambos substratos, o menor número de esporos de fungos MA tenha sido verificado sob 10% de intensidade luminosa, os níveis encontrados são satisfatórios. Esta dificuldade de colonização, deve-se à baixa fotossíntese que ocorre sob esta intensidade luminosa. Porém, algum outro fator deve estar suprindo o necessário, para que a simbiose seja mantida, principalmente no Sc. Neste caso, esses outros fatores possivelmente seriam as propriedades dos substratos.

Foram encontradas correlações significativas para a MA com a MST, MSA, MSR, AEF, teor de Ca e Mn, clorofila a, b e total e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, houve correlação com a AF e a intensidade luminosa (ANEXO 2).

#### 4.1.7 Teor de Clorofila

Em todos os tratamentos, os teores de clorofila a foram maiores do que os teores de clorofila b. Na Tabela 7 observa-se que, quanto menor a intensidade de luz (10%) maior é o teor de clorofila nas folhas de araribá-rosa, para ambos os tipos de clorofila. O teor total de clorofila variou de 1,7 a 4,4  $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ , considerando todos os tratamentos. Esses teores foram os maiores entre as espécies estudadas.

Com relação ao teor de clorofila total ( $a + b$ ), relacionada ao Sc, todas as espécies tiveram comportamento semelhante, ou seja, o teor de clorofila total diminuiu com o acréscimo da intensidade luminosa. Também, nota-se que, em todos os níveis de luminosidade, o teor de clorofila total sempre foi superior em mudas vegetando no Sc do que no Ssh. Teores diversos de clorofila, influenciados por diferentes tipos de solos, também, foram observados por INOUE (1977) e McKEVLIN *et al.* (1995).

TABELA 7. Teor de clorofila  $a$ , clorofila  $b$ , clorofila total ( $a+b$ ) e relação clorofila  $a/b$  em mudas de araribá-rosa, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ ).

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Clorofila $a$	Clorofila $b$	Clorofila total ( $a + b$ )	Relação Clorofila $a/b$
Colombo	10	2,674	1,782	4,457	1,500
	30	1,839	1,225	3,064	1,503
	50	1,736	1,146	2,883	1,514
	100	1,359	0,865	2,225	1,570
Santa Helena	10	2,204	1,414	3,618	1,561
	30	1,540	0,995	2,535	1,542
	50	1,383	0,889	2,273	1,555
	100	1,046	0,682	1,728	1,533
Teste F Substratos		38,63**	48,95**	43,26**	4,03ns
Teste F Intensidade luminosa		81,06**	87,01**	84,75**	0,91ns
Teste F Substrato * Intensidade luminosa		0,45ns	1,11ns	0,67ns	2,83ns
CV (%)		9,481	9,326	9,340	2,368

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

As respostas do araribá-rosa à luminosidade quanto ao teor de clorofila  $a$ ,  $b$  e total ( $a + b$ ), apresentadas na Tabela 7, mostraram padrão similar ao observado em outros trabalhos. (BJORKMAN & HOLMGREN, 1963; INOUE, 1978; ABRAMS, 1987; LEE, 1988; ENGEL & POGGIANI, 1991; NAVES, 1993). Para o araribá-rosa houve alta correlação negativa entre as concentrações de clorofila ( $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ ) e os níveis de luminosidade (ANEXO 1).

Os valores de clorofila b apresentaram maiores correlações com o nível de luminosidade do que a clorofila a. De acordo com THORNBUR (1975), provavelmente, isto se deve ao fato da clorofila a estar presente nos dois tipos de complexo clorofila-proteína, que variam diferentemente sob ação da luz, enquanto a clorofila b tem uma resposta mais bem definida.

Verificou-se que araribá-rosa apresentou teores mais elevados de clorofila total e a mais alta relação clorofila a/b do que as demais espécies. Os valores de clorofila encontrados para essa espécie contradizem a idéia estabelecida de que espécies tolerantes à luz têm maior quantidade de clorofila total e menor relação clorofila a/b. A alta concentração de clorofila nas folhas de araribá-rosa pode estar ligada a um maior teor de nitrogênio nas folhas e pela capacidade de fixação simbiótica deste elemento que a espécie apresenta.

Os tratamentos de luz diferiram ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 7). Mudanças de araribá-rosa que cresceram sob 10% da luz, mostraram um teor de clorofila total 2,5 vezes maior que aquelas que cresceram sob condições totais de luz. Tal ocorrência é também observada em outras espécies tropicais, como *Cedrela odorata* e *C. fissilis* (INOUE, 1977), *Amburana cearensis*, *Zeyhera tuberculosa*, *Tabebuia avellanedae* e *Erythrina speciosa* (ENGEL & POGGIANI, 1991b). Do outro lado, PAULILO *et al.* (1994) observaram uma diminuição na concentração de clorofila, quando mudas de *Qualea grandiflora* foram transferidas de condições de alta luminosidade ( $320 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) para baixa luminosidade ( $120 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Considerando a influência da intensidade luminosa, estes valores encontrados por PAULILO *et al.* (1994) são bem menores do que os apresentados nesta investigação. Neste trabalho, os teores de clorofila nas mudas de araribá-rosa sob diversas intensidades de luz são comparáveis com aqueles reportados para coníferas temperadas como *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. ponderosa* e *Picea abies* (BARNES *et al.* 1992). Apesar de diferenças não significativas entre tratamentos testando intensidades diferentes

de luz em mudas de mangostão, WIEBEL et al. (1994) descreveram que folhas não sombreadas continham significativamente menos clorofila do que folhas sombreadas.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 7), com o Sc apresentando mudas com maior teor de clorofila a, em média para os quatro níveis de luminosidade, 251,3% superior ao do Ssh. Na Tabela 2, são mostrados resultados da análise de solo e na Tabela 5, o teor de nutrientes das folhas. Na análise foliar teores de N e Mg foram maiores nas mudas que cresceram no Sc. Ambos nutrientes estão presentes na molécula de clorofila, o que poderia explicar a diferença da concentração de pigmento nas plantas, quando ambos substratos são comparados. Estudando a deficiência de Mg em folhas sombreadas e de sol de choupo, DORENSTOUTER et al. (1985) reportaram um similar decréscimo na porcentagem de clorofila em ambos os tipos de folhas, e concluíram que, nas folhas de sombra, teores extraordinariamente altos de Mg são encontrados para clorofila (aproximadamente 57% nas folhas de sombra comparado com cerca de 37% nas folhas de sol).

Estudando espécies de *Cedrela*, INOUE (1977) reportou a existência de interações entre espécies e tratamentos, sendo que mudas de *Cedrela fissilis* que cresceram em um substrato mineral mostraram maiores teores de clorofila em comparação com aquelas que cresceram em substrato orgânico. Os teores de clorofila reportados por INOUE (1993), estudando *Picea abies* adubadas com N e Mg, sob condições naturais, foram menores do que o menor valor observado no presente estudo, com ausência de sintomas de clorose. No presente estudo, sintomas de clorose só foram observados no Ssh, principalmente nos tratamentos com luminosidade alta (100% de luz).

Foram encontradas correlações significativas para a clorofila a, clorofila b e a clorofila total com a MST, MSA e MSR, AF, AEF, teor de Ca, Mg e Mn, nodulação: número e peso seco de rizóbio, número de MA, relação clorofila a/b, fotossíntese e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, elas correlacionaram-se com o diâmetro do colo,

AEF, com o teor de P, Cu, nodulação: número e peso de matéria seca de rizóbio, fotossíntese e intensidade luminosa (ANEXO 2) .

#### Relação clorofila $\frac{a}{b}$

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, na relação clorofila  $\frac{a}{b}$ . A relação entre clorofila  $\frac{a}{b}$  é muito usada nos estudos das influência ambiental sobre os pigmentos das folhas e tende a decrescer nas folhas de sombra quando comparadas com as folhas de sol de uma mesma espécie (SEYBOLD et al., 1937). OSWALD & ZIEGLER (1986) são de opinião que a relação clorofila  $\frac{a}{b}$  é mais sensível para detectar e exprimir as influências ambientais sobre os pigmentos das plantas do que a quantidade de pigmento nela mesma. Ela pode ser influenciada por diferentes condições; tais como intensidade luminosa (ENGEL et al., 1991), poluição urbana (ABOUGUENDIA & BASCAK, 1987), (INOUE & CONEGLIAN, 1991), (KRZAK et al., 1988), (BORGES et al., 1992) nutrição (INOUE, 1977) dentre outras. Os valores obtidos para a relação clorofila  $\frac{a}{b}$ , no presente estudo variaram de 1,50 a 1,57 vezes e são comparáveis com aqueles reportados na literatura. A tendência da relação clorofila  $\frac{a}{b}$  decrescer foi observada em plantas que cresceram no Sc quando intensidades de luz diminuem. Mesmo comportamento foi observado em mudas de *Amburana cearensis* e *Erythrina speciosa* (ENGEL & POGGIANI, 1991). LICHTENTHALER (1983) também encontrou uma alta relação clorofila  $\frac{a}{b}$  em plantas sob alta intensidade luminosa. Por outro lado, mudas de *Pinus silvestris* crescendo no escuro mostraram redução do conteúdo de clorofila, com a clorofila  $\frac{b}{a}$  diminuindo mais do que a clorofila  $\frac{a}{b}$  (ZOTIKOVA et al., 1987). Resultados opostos foram obtidos por PAULILO et al. (1994) quando eles constataram que a relação clorofila  $\frac{a}{b}$  foi significativamente mais alta em plantas transferidas para baixa intensidade de luz do que em plantas mantidas em condições de alta luminosidade.

Foram encontradas correlações significativas para a relação clorofila  $\underline{a/b}$  com a AEF, nodulação: número e peso seco dos nódulos e a intensidade luminosa no Sc (ANEXO 1). No Ssh, não foi constatada correlação, com o critério adotado (ANEXO 2).

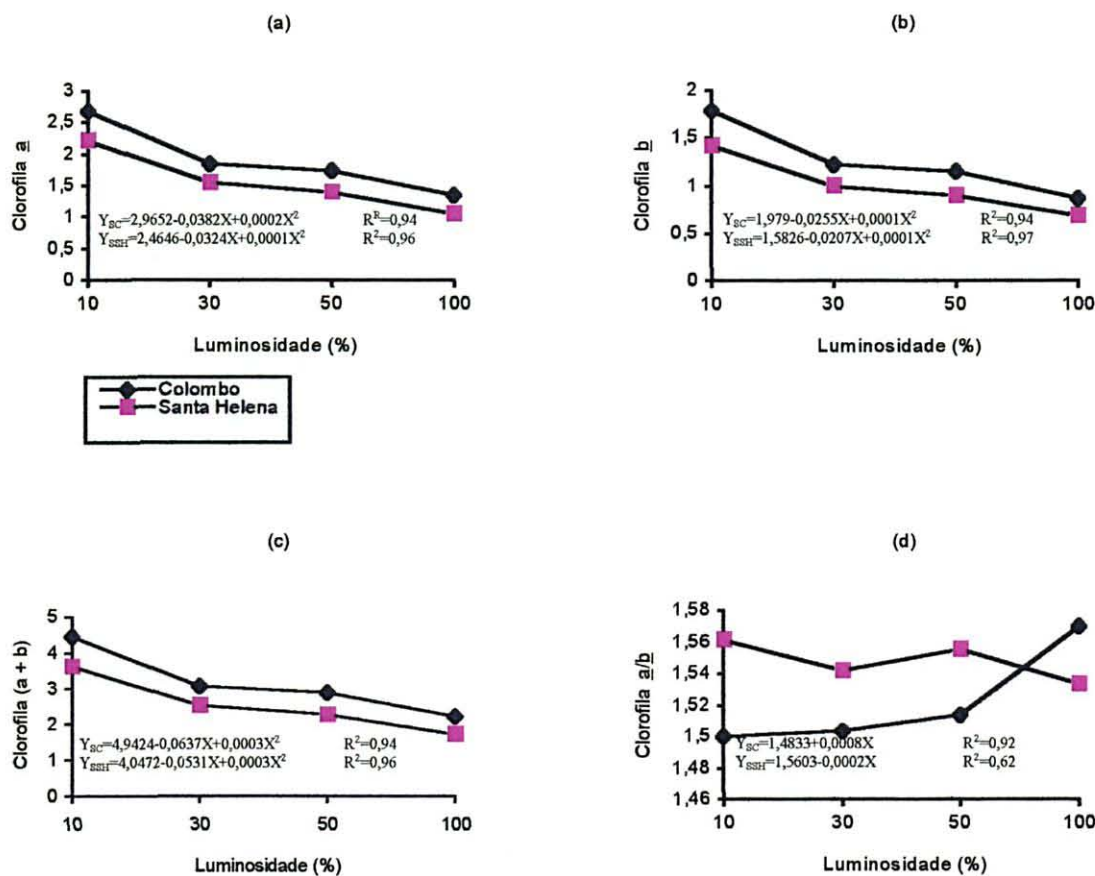


Figura 8. Teor de clorofila  $\underline{a}$  (a), clorofila  $\underline{b}$  (b), clorofila total ( $\underline{a} + \underline{b}$ ) (c) e relação clorofila  $\underline{a/b}$  (d) das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup> Helena) e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{g.mg}^{-1}$ ).

A interação entre substrato e luminosidade foi não significativa para as clorofilas (Tabela 7).



Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 7, que para a clorofila a, b, total, as regressões são paralelas e não coincidentes, enquanto que para a relação clorofila a/b, é paralela e coincidente (Figuras 8a, 8b, 8c e 8d).

#### 4.1.8 Fotossíntese e transpiração

A fotossíntese líquida de araribá-rosa variou, em termos médios, de 6,16 a 12,05  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no Sc e de 5,68 a 10,71  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no Ssh (Tabela 8), aumentando com o acréscimo da luminosidade, em ambos os substratos.

TABELA 8. Fotossíntese líquida e transpiração, em mudas de araribá-rosa, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Fotossíntese	Transpiração
Colombo	10	6,16	3,39
	30	9,12	4,40
	50	9,80	3,65
	100	12,05	4,91
Santa Helena	10	5,68	2,34
	30	8,63	4,30
	50	9,16	3,67
	100	10,71	3,82
Teste F Substratos		2,08ns	2,41ns
Teste F Intensidade luminosa		5,61**	3,97*
Teste F substratos * intensidade luminosa		0,16ns	0,70ns
CV (%)		34,912	29,502

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas para a taxa fotossintética (Tabela 8). No Sc as mudas apresentaram taxa de fotossíntese, em média para os quatro níveis de luminosidade, 17,3% superior àquelas crescendo no Ssh. Porém

dentro de cada substrato, a taxa da fotossíntese obtida sob 100% de luz foi quase o dobro daquela obtida sob 10% de luz. Em ambos os substratos, a maior taxa de fotossíntese foi obtida em mudas sob 100% de luz. A interação entre substrato e luminosidade foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 6).

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado Tabela 8, que para a fotossíntese e a transpiração, as regressões são paralelas e coincidentes (Figuras 9a e 9b).

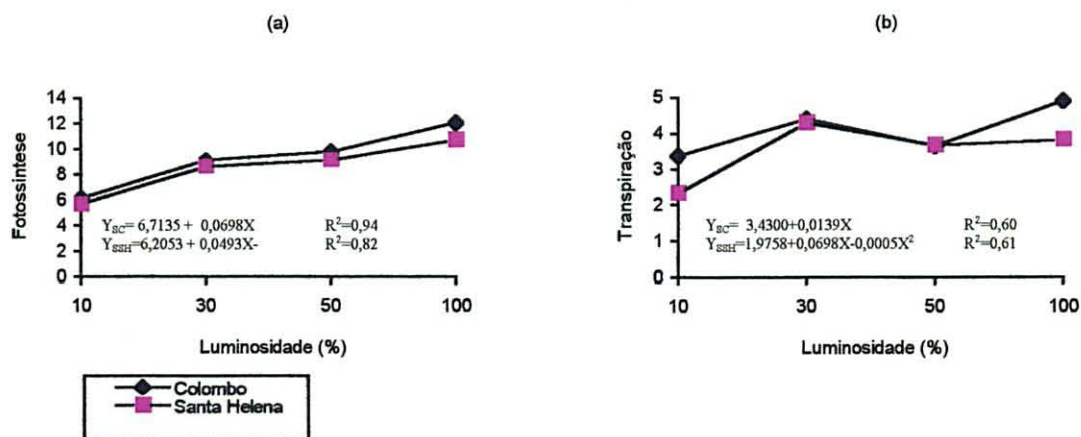


FIGURA 9. Fotossíntese (a) e transpiração (b) das mudas de araribá-rosa, sob diferentes substratos ( $S_c$  = Subst. Colombo e  $S_{sh}$  = Subst. Sta Helena) e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Segundo KOZLOWSKI *et al.* (1991), taxas máximas de fotossíntese geralmente são encontradas em plantas que crescem sob altas intensidades de luz e, como espécies intolerantes à sombra, mostram uma maior plasticidade na resposta. Por exemplo, quando mudas de espécies do Oeste da África exigentes em luz, tais como *Terminalia ivorensis*, *T. superba* e *Triplochiton scleroxylon* cresceram sob alta intensidade de luz, elas mostraram, pelo menos, o dobro de acréscimo (sob condições saturadas de luz) de fotossíntese do

que mudas sombreadas (KWESIGA *et al.* 1986). Entretanto, mudas tolerantes à sombra, como *Khaya senegalensis*, mostraram pouca diferença na taxa de fotossíntese, quando cresceram sob alta ou baixa intensidade de luz. Os dados obtidos para araribá-rosa concordam com ambos os autores.

A resposta diferenciada de fotossíntese do araribá-rosa com relação à intensidade de luz mostra padrão similar ao observado em outros trabalhos tais como aqueles reportados por MEDINA & FRANCISCO, 1994; SOBRADO, 1994 e HOGAN *et al.*, 1995). para *Anacardium excelsum*, *Curatella americana*, *Didymopanax morototoni* e *Pithecellobium dulce* entre outras.

Taxas máximas de fotossíntese são condizentes com os estágios sucessionais das plantas, de acordo com BAZZAZ & PICKETT, 1980 e AYLETT, 1985. De uma maneira geral espécies pioneiras mostraram taxas de 12 a 14  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , enquanto espécies típicas de florestas primárias mostraram taxas de 4 a 8  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Entretanto, espécies pioneiras podem apresentar taxas tão baixas como 4-6  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , enquanto taxas acima de 12  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  tem sido reportadas para espécies de florestas primárias. Torna-se difícil, assim, generalizar sobre taxas de fotossíntese de espécies pioneiras, secundárias ou de estágios sucessionais mais avançados.

Foram encontradas correlações ao nível de significância de 1% para a fotossíntese com o peso de matéria seca de rizóbio, os teores de clorofila a, b e total e com a transpiração no Sc (ANEXO 1), enquanto que no Ssh, ela correlacionou-se com os teores de clorofila a, b e total, o teor de Ca e a intensidade luminosa (ANEXO 2).

A transpiração do araribá-rosa foi influenciada significativamente pela intensidade luminosa (Tabela 8). Estes resultados concordam com aqueles obtidos por INOUE (1989) testando clones jovens de *Populus nigra* e de *P. trichocarpa*, o qual observou que a taxa de transpiração foi influenciada pela intensidade de radiação.

A resposta diferenciada da transpiração do araribá-rosa com relação à intensidade de luz mostra padrão similar ao observado em outros trabalhos tais como aqueles reportados por SOBRADO, 1994 e, TANG & LAND JR (1995) para *Pithecellobium dulce* entre outras.

A transpiração em mudas de araribá-rosa aumentou com o acréscimo da luminosidade até 100% no Sc e até 30% no Ssh. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas para transpiração (Tabela 8). Segundo BAYENS (1970), a presença do K contrabalança os efeitos do Ca e, interferindo na turgência das células, altera o mecanismo de abertura dos estômatos, podendo diminuir a transpiração. No Ssh, os menores valores de transpiração verificados para mudas de araribá-rosa podem ser decorrentes da maior concentração de K (Tabela 6). No Sc, a maior taxa de transpiração foi obtida em mudas sob 100% de luz, enquanto que no Ssh, ela foi obtida sob 30% de intensidade luminosa. A interação entre substratos e intensidades luminosas não foi significativa (Tabela 8).

Foram encontradas correlações significativas para a transpiração com a fotossíntese no Sc (ANEXO 1). No Sch, não foi constatada correlação com o critério adotado (ANEXO 2).

## 4.2 Canjarana

### 4.2.1 Sobrevivência

As mudas de canjarana apresentaram uma excelente sobrevivência em todos os níveis de luminosidade, mostrando, ao final do período de estudo, 100% de plantas vivas.

### 4.2.2 Crescimento (altura e diâmetro do colo)

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 9), com o Sc apresentando mudas com crescimento em altura e em diâmetro do colo, em média para os quatro níveis de luminosidade, 84% e 31,4% superior ao do Ssh. Estas superioridades mostram que o crescimento em altura de canjarana foram influenciadas pelas propriedades dos substratos.

A interação entre substratos e intensidades luminosas foi altamente significativa ( $p \leq 0,0,1$ ) para a altura e o diâmetro do colo (Tabela 9).

TABELA 9. Crescimento (altura e diâmetro do colo), matéria seca (total, aérea e radicial), área foliar e área específica foliar, de mudas de canjarana, aos 9 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Altura média (cm)	Diâmetro do colo (mm)	Matéria seca total (g/planta)	Matéria seca aérea (g/planta)	Matéria seca radicial (g/planta)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Área específica foliar (cm <sup>2</sup> /g <sup>-1</sup> )
Colombo	10	22,26	3,62	1,7186	1,1188	0,7189	232,39	276,40
	30	15,59	4,09	1,7947	1,1943	0,6602	167,34	232,80
	50	15,26	4,27	2,3631	1,2930	1,0163	181,58	204,40
	100	18,40	4,59	2,4264	1,2798	1,1303	80,15	145,80
Santa Helena	10	11,33	3,02	0,7040	0,4297	0,4765	112,45	233,60
	30	9,32	3,18	0,8681	0,3863	0,4818	56,00	201,20
	50	8,55	3,07	0,8583	0,4272	0,4312	47,01	189,80
	100	9,67	3,32	0,6841	0,3237	0,3937	6,49	110,40
Teste F Substratos		279,97**	462,33**	317,74**	222,51**	37,01**	102,28**	15,61**
Teste F Intensidades luminosas		20,01**	31,76**	6,66**	0,45ns	1,70ns	9,58**	45,68**
Teste F Substratos * Intensidades luminosas		4,70**	11,05**	7,21**	1,01ns	3,51*	1,30ns	0,57ns
CV (%)		11,190	4,013	16,123	21,807	34,118	30,612	12,48

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

O crescimento em altura da canjarana diminuiu com o aumento da luminosidade até 50% de intensidade da luz e apresentou um ligeiro acréscimo sob 100% de luz. Em ambos substratos, o maior crescimento em altura foi obtido em mudas sob 10% de intensidade luminosa.

As plântulas sob 10% de intensidade luminosidade apresentaram um maior desenvolvimento em altura, em ambos os substratos, e folhas de cor verde mais intenso. Já as plantas sob 100% de luminosidade (sem proteção), apresentaram crescimento reduzido, folhas menores, coriáceas e com coloração tendendo ao amarelo. Tais características podem ser causadas por degradação da clorofila (LARCHER, 1986). Tais resultados vieram confirmar com os obtidos por OLIVEIRA *et al.* (1989), em plântulas de *Cabralea glaberrima*, quando observaram uma altura estatisticamente superior em mudas sob 30% e 20% de intensidade luminosa do que sob 50%, 75% e 100% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para a altura, com o teor de N no Sc (ANEXO 3), enquanto que no Ssh, houve correlações significativas com a AF e com os teores de clorofila a, b e total (ANEXO 4).

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 9, que para a altura e para o diâmetro do colo, as regressões são não paralelas e não coincidentes (Figuras 10a e 10b), o que significa um comportamento com diferenças significativas não constantes entre os tipos de substratos dentro de cada nível de luminosidade.

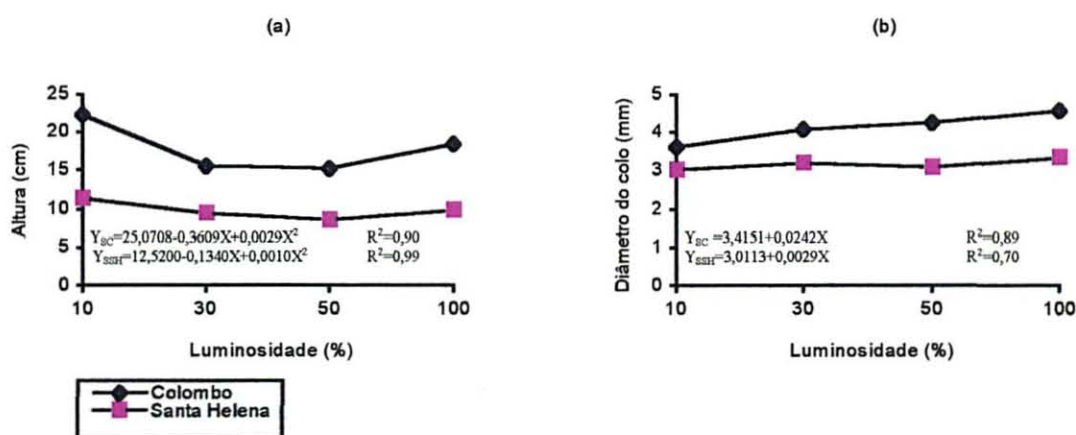


FIGURA 10. Altura (a) e diâmetro do colo (b) de mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>ta</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

O crescimento em diâmetro do colo da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade em ambos os substratos. Estes resultados diferem dos encontrados por OLIVEIRA *et al.* (1989) que não encontraram diferença significativa entre os tratamentos, com 12 meses de idade para mudas decanjarana. Nos Sc e Sssh, o maior crescimento em diâmetro do colo foi obtido em mudas sob 10% de intensidade de luminosidade.

Foram encontradas correlações significativas para o diâmetro do colo com a MST, MSR, AF, AEF, teores de clorofila a, b e total e com a intensidade luminosa, no Sc,

enquanto que no Ssh, houve correlações significativas com teores de clorofila a, b e total e com a intensidade luminosa.

#### 4.2.3 Matéria seca

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 9), com o Sc apresentando maior MST, MSA e MSR produzida, em média para os quatro níveis de luminosidade, 163,6%, 211% e 97,7, respectivamente, superiores as do Ssh. Estas superioridades, as maiores entre as espécies estudadas, foram influenciadas, pelas propriedades dos substratos.

A interação entre substratos e luminosidade variou de altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) para a MST, não significativa para a MSA e significativa ( $p \leq 0,05$ ) para a MSR (Tabela 9).

#### Matéria Seca Total (MST)

Canjarana mostrou-se altamente tolerante ao sombreamento mais no estágio inicial do seu desenvolvimento, apresentando, comparativamente às demais espécies, os menores acúmulos de M.S. em todos os níveis de RFA.

A MST da canjarana foi a menor entre as espécies estudadas. Esta, aumentou com o acréscimo da luminosidade no Sc. No Ssh, a MST também aumentou com o acréscimo da luminosidade até 50% de intensidade e apresentou um ligeiro decréscimo sob 100% de luz. No Sc, a maior MST foi obtida em mudas sob 100% de luz, enquanto que, no Ssh foi obtida em mudas sob 30% de intensidade luminosa. Os primeiros resultados estão de acordo com os obtidos por OLIVEIRA *et al.* (1989) que verificaram valores maiores de MST em mudas de canjarana entre 20% e 30% de intensidade luminosa.



Com o aumento do sombreamento, houve um decréscimo da produção de matéria seca. Este fato pode ser explicado, provavelmente, pela degradação de clorofila e pela menor taxa fotossintética aparente por unidade de área foliar ou pelo elevado ponto de compensação. Espécies tolerantes à luz têm baixo ponto de compensação, isto é, são capazes de produzir assimilados mesmo sob baixa intensidade de luz. Para espécies intolerantes, pelo fato de possuírem elevado ponto de compensação, à medida que diminui a intensidade de luz, há redução na produção de matéria seca, uma vez que, sob intensidade de luz abaixo do ponto de compensação, o hidrato de carbono é mais consumido pela respiração do que produzido pela fotossíntese.

Foram encontradas correlações significativas para a MST com o diâmetro do colo, MSA, MSR, AEF e intensidade luminosa, no Sc (ANEXO 3), enquanto que no Ssh, correlacionou-se com a MSA e a MSR (ANEXO 4).

Observou-se, no quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 9, que para a MST e MSR, as regressões são não paralelas e não coincidentes (Figuras 11a e 11b), enquanto para a MSA, ela é paralela e não coincidente.

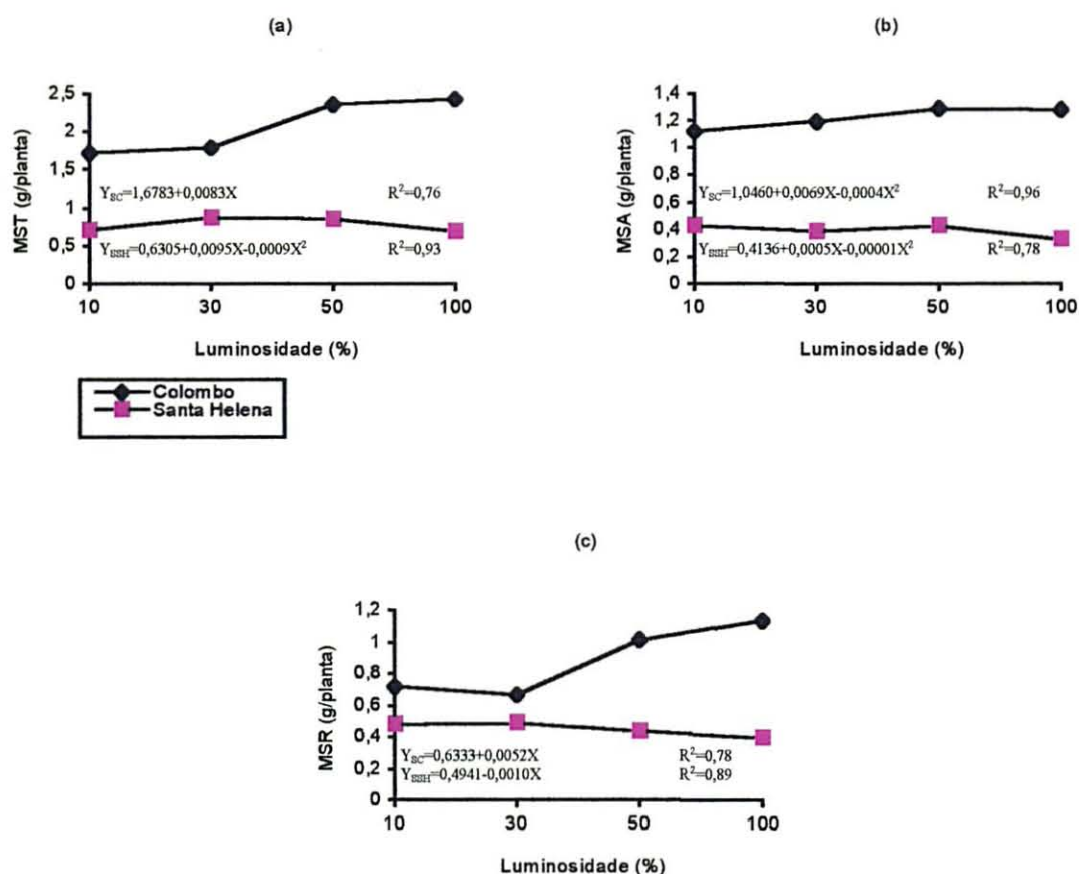


FIGURA 11. Matéria seca total (a), aérea (b) e radicial (c) de mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

#### Matéria seca aérea (MSA)

A MSA da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade até 50% no Sc, enquanto no Ssh houve decréscimo. No Sc a maior MSA foi obtida em mudas sob 50% de intensidade luminosa ou sob 10% para o Ssh.

Foram encontradas correlações significativas, para a MSA com a MST no Sc (ANEXO 3), enquanto que no Ssh, correlacionou-se com a MST e com a AF (APÊNDICE 4).

#### Matéria seca radicial (MSR)

A MSR da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade para o Sc. Para o Ssh a MSR aumentou com o acréscimo da luminosidade até 30%, decrescendo ligeiramente sob 100% de luz. Para o Ss, a maior MSR foi obtida em mudas sob 100% de luz, enquanto para o substrato Ssh foi obtida em mudas sob 30% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para a MSR com o diâmetro do colo, AF, AEF, os teores de clorofila a, b, total e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 3), enquanto que no Ssh, correlacionou-se com a MST (ANEXO 4).

Considerando que o crescimento das raízes depende da disponibilidade de hidratos de carbono, do grau de umidade, de porosidade do solo e que a luz influi na disponibilidade e translocação, é comum a obtenção de resultados que mostram a influência negativa, de forma significativa, do sombreamento no desenvolvimento do sistema radicial.

#### 4.2.4. Área foliar (AF) e área específica foliar (AEF)

A AF e a AEF da canjarana diminuíram com o aumento da luminosidade em ambos os substratos. Para os substratos, a maior AF e AEF foram obtidas em plantas sob 10% de intensidade luminosa.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 9), com o Sc apresentando mudas com AF e AEF, em média para os

quatro níveis de luminosidade, 198% e 16,8% respectivamente, superiores as do Ssh. Estas superioridades, a maior entre as espécies, mostram que a AF e a AEF da canjarana, foram influenciadas pelas propriedades dos substratos.

A interação entre substratos e luminosidade, para a AF e AEF, não foi significativa (Tabela 9).

Observou-se, pelo quadro de Análise de variância apresentado na Tabela 9, que para a AF e AEF, as regressões são paralelas e não coincidentes (Figuras 12a e 12b).

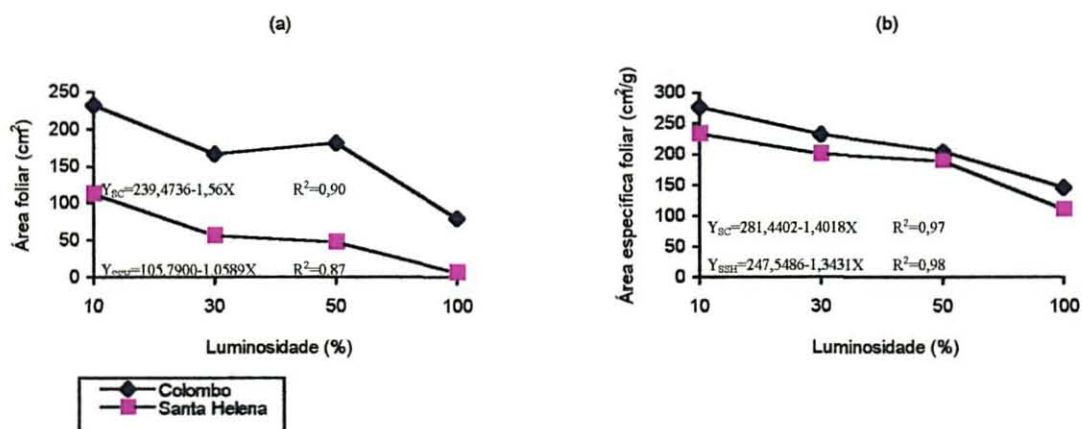


FIGURA 12. Área foliar (a) e área específica foliar (b) das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

Foram encontradas correlações significativas para a AF, com o diâmetro do colo, MSR, AEF, teores de clorofila a, b e total e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 3), enquanto que no substrato Ssh, houve correlações significativas com a altura, o MSA, AEF e intensidade luminosa (ANEXO 4).

Já para a AEF, foram encontradas correlações significativas, com o diâmetro do colo, MST, MSR, AF, teores de clorofila a, b e total e intensidade luminosa no Sc (ANEXO

3), enquanto que no Ssh, houve correlações significativas com a AF, teor de N e com o teor de clorofila b e com a intensidade luminosa (ANEXO 4).

#### 4.2.5 Análise foliar

A interação entre substratos e intensidades luminosas não foi significativa para os teores de N, K, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn (Tabela 10). Porém, para os teores de P e o Mg, a interação foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 10).

TABELA 10. Teores de macro (% M.S.) e de micronutrientes (ppm M.S.) em folhas de mudas de canjarana, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensida- des lumi- nosas (%)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Colombo	10	2,78	0,16	1,29	1,44	0,79	9,00	192,40	77,20	19,80
	30	1,92	0,19	1,28	1,74	0,77	8,20	211,00	92,80	26,80
	50	2,04	0,16	0,94	1,86	1,07	9,20	283,00	83,20	29,60
	100	2,14	0,20	1,17	1,57	0,83	8,60	200,80	68,60	22,20
Santa Helena	10	2,74	0,18	1,81	1,88	0,52	11,20	210,40	52,80	22,80
	30	2,23	0,17	2,09	1,67	0,52	8,60	153,80	47,20	25,80
	50	2,23	0,21	1,98	1,90	0,45	10,20	242,80	46,00	25,00
	100	1,98	0,20	1,63	1,94	0,61	10,60	275,80	56,80	37,20
Teste F Substratos		1,02ns	1,70ns	34,89**	4,63*	57,28**	5,72*	0,0013ns	25,28**	10,41**
Teste F Intensidades luminosas		20,44**	2,56ns	1,10ns	1,08ns	1,51ns	1,56ns	1,37ns	0,27ns	3,19*
Teste F Substratos * Intensidades luminosas		2,04ns	2,98*	1,25ns	1,85ns	4,36*	0,52ns	0,95ns	1,56ns	1,07ns
CV (%)		10,384	12,359	24,791	16,494	20,244	19,584	34,043	28,530	15,764

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

## Nitrogênio (N)

A canjarana foi dentre as espécies estudadas a que apresentou os maiores teores médios de N encontrados na M. S. de suas folhas, variando de 1,92 a 2,78% no Sc e de 1,98 a 2,74% no Ssh.

O teor de N da canjarana diminuiu com o acréscimo da luminosidade em ambos os substratos. Com relação aos substratos, não foram constatados diferenças significativas (Tabela 10). Nos Sc e Ssh, o maior teor de N foi obtido em plantas sob 10% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de N, com a altura e com os teores de clorofila a, b e total, no Sc (ANEXO 3), enquanto que no Ssh houve correlações significativas com a AEF, clorofila a, b e total e intensidade luminosa (ANEXO 4).

Observou-se, pelo quadro da Análise de variância apresentada na Tabela 10, que, para o N e o K, as regressões são paralelas, enquanto que para o P, elas não são paralelas. Com relação à coincidência, para o N e o P, elas são coincidentes, enquanto que para o K, elas são não coincidentes (Figuras 13a, 13b e 13c).

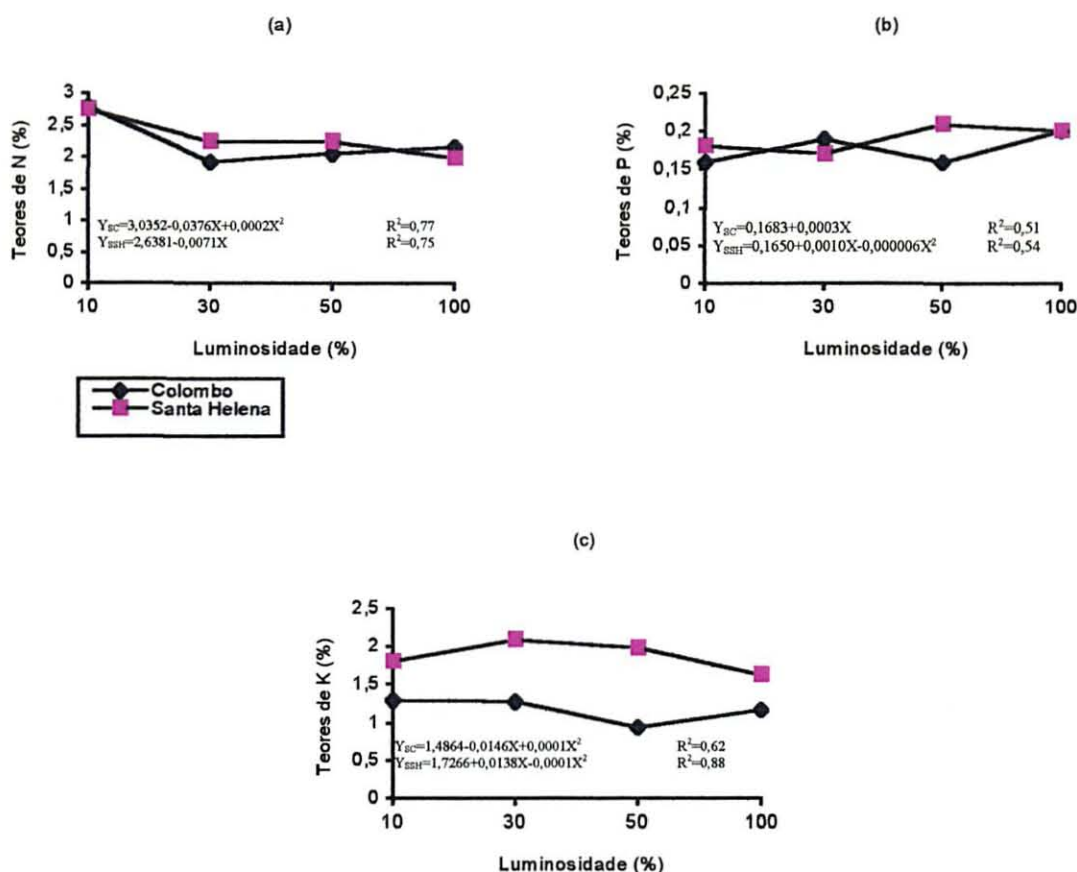


FIGURA 13. Teores de N (a), P (b) e K (c), na M.S. das folhas das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

#### Fósforo (P)

Os teores de P encontrados na M. S. das folhas de canjarana variaram de 0,16 a 0,20% no Sc e de 0,17 a 0,21% no Ssh. O teor de P aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 10). No Sc, o maior teor de P foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 50% de luz.

Não foram constatadas correlações, para o teor de P, com as variáveis descritoras dos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

#### Potássio (K)

Os teores médios de K encontrados na M. S. das folhas de canjarana variaram de 0,94 a 1,29% no Sc e de 1,63 a 2,09% no Ssh (Tabela 10). O teor de K diminuiu com o aumento da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 10), com o Ssh apresentando mudas com teor de K, em média para os quatro níveis de luminosidade, 60% superior ao do Sc. Este maior teor de K encontrado no Ssh deveu-se ao fato de o mesmo apresentar um maior teor de K, 316% superior ao do Sc (Tabela 2). No Sc, o maior teor de K foi obtido em plantas vegetando sob 10% de luz, enquanto que, no Ssh, foi obtido em plantas sob 30% de luz.

Não foram constatadas correlações, para o teor de K, com as variáveis descritoras dos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

#### Cálcio (Ca)

Os teores médios de Ca encontrados na M. S. das folhas de canjarana variaram de 1,44 a 1,86% no Sc a 1,67 a 1,94% no Ssh (Tabela 10). O teor de Ca da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 10), com o Ssh apresentando mudas com teor de Ca, em média para os quatro níveis de luminosidade, 12% superior ao do Sc. Este maior teor de Ca no Ssh deveu-se ao fato de o mesmo apresentar um teor de Ca, 228% superior ao do Sc (Tabela 2). No Sc o maior teor de Ca foi obtido em mudas sob 50% de luz, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa.



Foram encontradas correlações significativas para o teor de Ca, com o teor de Fe nos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

Observou-se, pelo quadro da Análise de variância apresentado na Tabela 10, que, para o Ca, as regressões são paralelas, enquanto que para o Mg, elas não são paralelas. Com relação à coincidência, para o Ca e o Mg, as regressões são não coincidentes (Figuras 14a e 14b).

Para o Ca (Figura 14a), não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados para o Ssh.

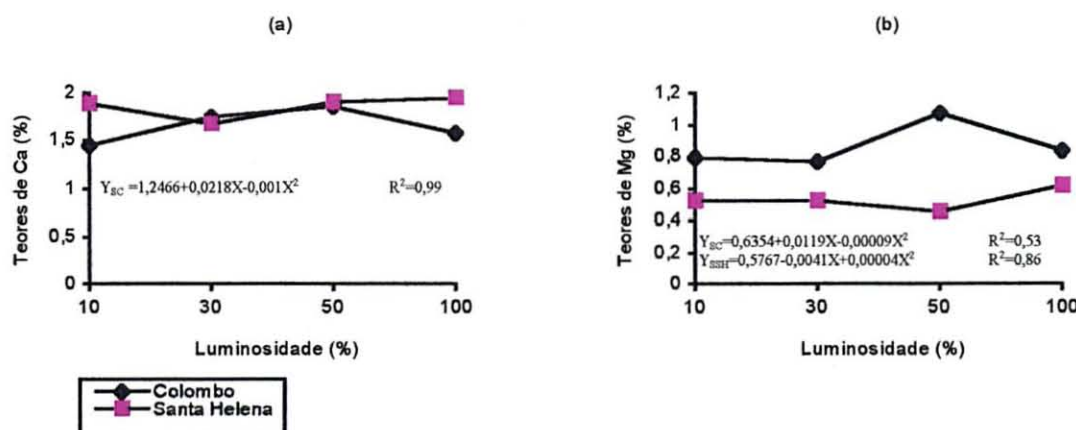


FIGURA 14. Teores de Ca (a) e de Mg (b), na M.S. das folhas das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>ea</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

### Magnésio (Mg)

Os teores médios de Mg encontrados na M.S. das folhas de canjarana variaram de 0,77 a 1,07% no Sc e de 0,45 a 0,61% no Ssh (Tabela 10). O teor de Mg de canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 10), com o Sc

apresentando mudas com teor de Mg, em média para os quatro níveis de luminosidade, 64% superior ao do Ssh. No Sc, o maior teor de Mg foi obtido em plantas sob 50% de luz, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Mg com o teor de Fe, no substrato Colombo (ANEXO 3).

#### Cobre (Cu)

Os teores médios de Cu encontrados na M. S. das folhas de canjarana variaram de 8,2 a 9,2 ppm no Sc e de 8,6 a 11,2 ppm no Ssh (Tabela 10). O teor de Cu de canjarana diminuiu com o aumento da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 10), com o Ssh apresentando mudas com teor de Cu, em média para os quatro níveis de luminosidade, 16% superior ao do Sc. No Sc o maior teor de Cu foi obtido em plantas sob 50% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh, foi obtido sob 10% de luz.

Não foram constatadas correlações significativas, para o teor de Cu, com as variáveis descritoras dos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

Observou-se, pelo quadro da Análise de variância apresentado na Tabela 10, que, para o Fe, Mn e Zn as regressões são paralelas. Com relação à coincidência, para o Fe, elas são coincidentes, enquanto que para o Mn e Zn, elas são não coincidentes (Figuras 15b, 15c e 15d).

Para o teor de Cu (Figura 15a), não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados.

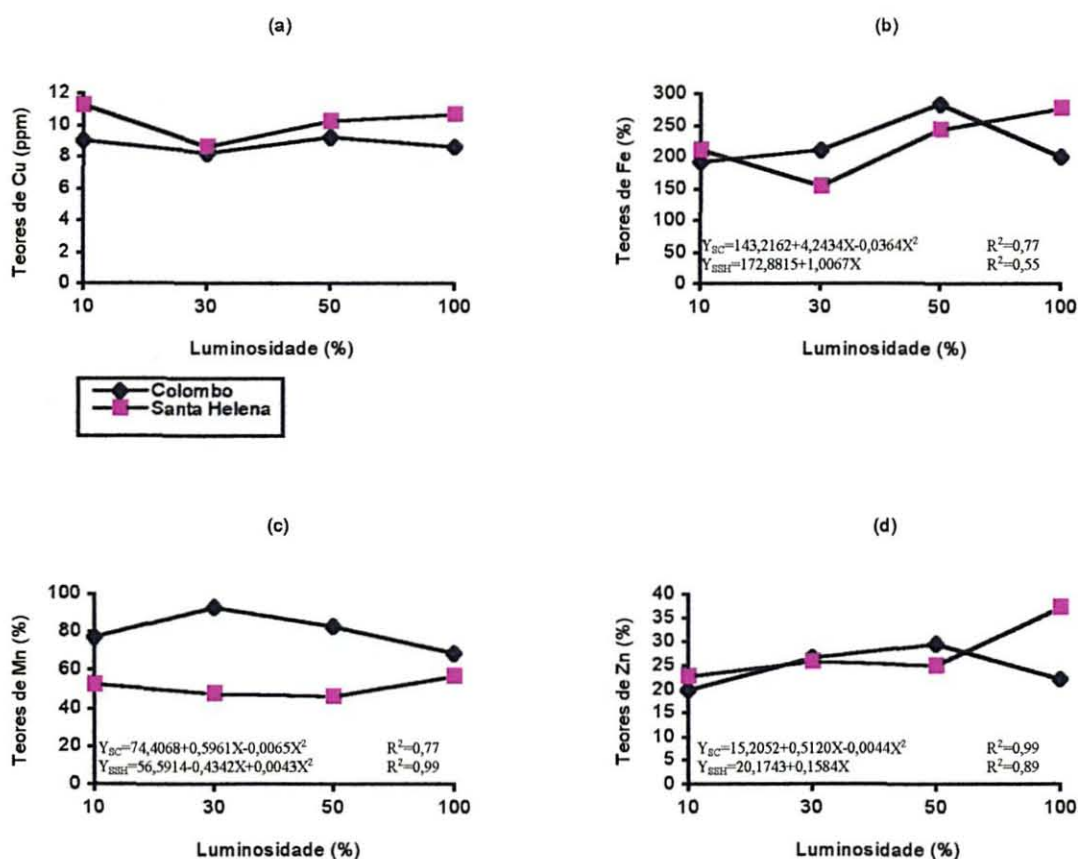


FIGURA 15. Teores de Cu (a), Fe (b), Mn (c) e Zn (d) na M.S. nas mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

### Ferro (Fe)

Os teores médios de Fe encontrados na M.S. das folhas de canjarana variaram de 192,4 a 283 ppm no Sc e de 153,8 a 275,8 ppm no Ssh (Tabela 10). O teor de Fe da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 10). No Sc, o maior teor de Fe foi obtido em plantas sob 50% de luz, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Fe, com o teor de Ca e Mg no Sc (ANEXO 3), enquanto que no Ssh, houve correlações significativas com o teor de Ca (ANEXO 4).

#### Manganês (Mn)

Os teores médios de Mn encontrados na M.S. das folhas de canjarana variaram de 68,6 a 92,8 ppm no Sc e de 46 a 56,8 ppm no Ssh (Tabela 10). O teor de Mn da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade de maneira diferente nos Sc e Ssh. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 10), com o Sc apresentando mudas com teor de Mn, em média para os quatro níveis de luminosidade, 58,6% superior ao do Ssh. No Sc, o maior teor de Mn foi obtido em plantas sob 30% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 100% de luz.

Não foram constatadas correlações significativas, para o teor de Mn, com as variáveis descritoras dos substratos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

#### Zinco (Zn)

Os teores médios de Zn encontrados na M. S. das folhas de canjarana variaram de 19,8 a 29,6 ppm no Sc e de 22,8 a 37,2 ppm no Ssh (Tabela 10). O teor de Zn da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade no Ssh. Porém, no Sc o aumento foi diferenciado até 50% de intensidade luminosa, com um leve decréscimo até 100% de luz, porém com um teor de Zn maior que sob 10% de luz. Com relação aos substratos, não foram constatados diferenças significativas (Tabela 10). No Sc, o maior teor de Zn foi obtido em plantas sob 50% de luz, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 100%.

Não foram constatadas correlações significativas, para o teor de Zn, com as variáveis descritoras dos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

#### 4.2.6 Associação simbiótica

O número total de esporos MA em raízes de mudas de canjarana variou de 298 a 372 no Sc e de 107 a 153 no Ssh (Tabela 11).

TABELA 11. Número total de esporos MA, em raízes de mudas de canjarana, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Número de esporos MA
Colombo	10	372,20
	30	298,20
	50	368,40
	100	334,60
Santa Helena	10	125,00
	30	107,20
	50	153,20
	100	115,60
Teste F Substratos		43,49**
Teste F Intensidades luminosas		0,60 ns
Teste F Substratos * intensidades luminosas		0,12 ns
CV (%)		34,632

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) e ns = não significativo

O número total de esporos MA, diminuiu com o aumento da luminosidade até 30% de intensidade luminosa, apresentando um ligeiro acréscimo sob 100% de luz. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 11), onde o Sc, apresentou mudas com um número de esporos MA, em média para os quatro níveis de luminosidade, 174% superior ao do substrato Ssh. No Sc o maior número de esporos MA foi obtido em mudas sob 10% de luz, enquanto que no Ssh, foi sob 50% de luz. A interação entre substratos e intensidades luminosas não foi significativa (Tabela 11).

Foram encontradas correlações significativas para o número de esporos MA, com a transpiração, no substrato Ssh (ANEXOS 3 e 4).

Para o número total de esporos MA (Figura 16), não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados.

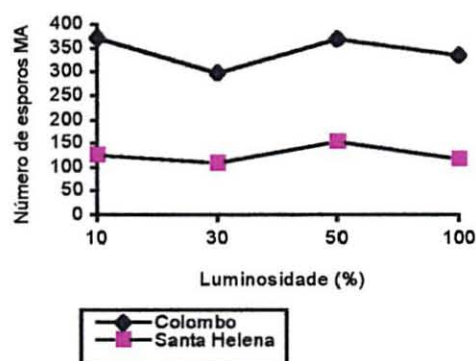


Figura 16. Número total de esporos MA, nas raízes das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

#### 4.2.7 Teor de Clorofila

Em todos os tratamentos, os valores da concentração de clorofila a foram maiores do que os da clorofila b. Na Tabela 12 observou-se que, quanto menor a intensidade luminosa (10%) mais alto é o teor de clorofila nas folhas de canjarana, para ambos tipos de clorofila. O teor total de clorofila variou de 1,16  $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$  a 3,23  $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ , considerando todos os tratamentos. Estes valores ficaram intermediários aos obtidos pelo araribá-rosa e o guanandi.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 12), com o Sc apresentando mudas com teores de clorofila a, b e total, em média para os quatro níveis de luminosidade, 13%, 17,6% e 14,7%, respectivamente,

superiores as do Ssh. Estas superioridades mostram que esses teores de clorofila foram influenciados pelas propriedades dos substratos.

Os teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total (a + b) da canjarana diminuíram com o acréscimo da intensidade luminosa em ambos substratos, sendo que o maior teor dessas clorofilas foi obtido em plantas sob 10% de luminosidade em ambos os substratos.

A interação entre substratos e intensidades luminosas foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 12) para os teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total (a + b) da canjarana.

TABELA 12. Teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e relação clorofila a/b das mudas de canjarana, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ )

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Clorofila <u>a</u>	Clorofila <u>b</u>	Clorofila ( <u>a</u> + <u>b</u> )	Relação clorofila <u>a/b</u>
Colombo	10	1,931	1,307	3,239	1,476
	30	1,046	0,702	1,748	1,492
	50	0,992	0,661	1,654	1,501
	100	0,692	0,474	1,166	1,459
Santa Helena	10	1,541	1,006	2,546	1,530
	30	0,944	0,605	1,549	1,560
	50	0,903	0,582	1,486	1,553
	100	0,741	0,480	1,222	1,544
Teste F Substratos		7,59**	13,89**	9,90**	28,10**
Teste F Intensidades luminosas		83,62**	87,97**	85,89**	1,26 ns
Teste F de substratos * intensidades luminosas		3,65*	4,27*	3,92*	0,39 ns
CV (%)		12,434	12,281	12,3331	2,287

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

Foram encontrados correlações significativas para os teores de clorofila a, b e total, com o diâmetro do colo, MSR, AF, AEF, teor de N, clorofila b e total e intensidade luminosa, no Sc (ANEXO 3), enquanto que no Ssh, houve correlação com a altura, diâmetro do colo, teor de N, clorofila b e total e intensidade luminosa (ANEXO 4).

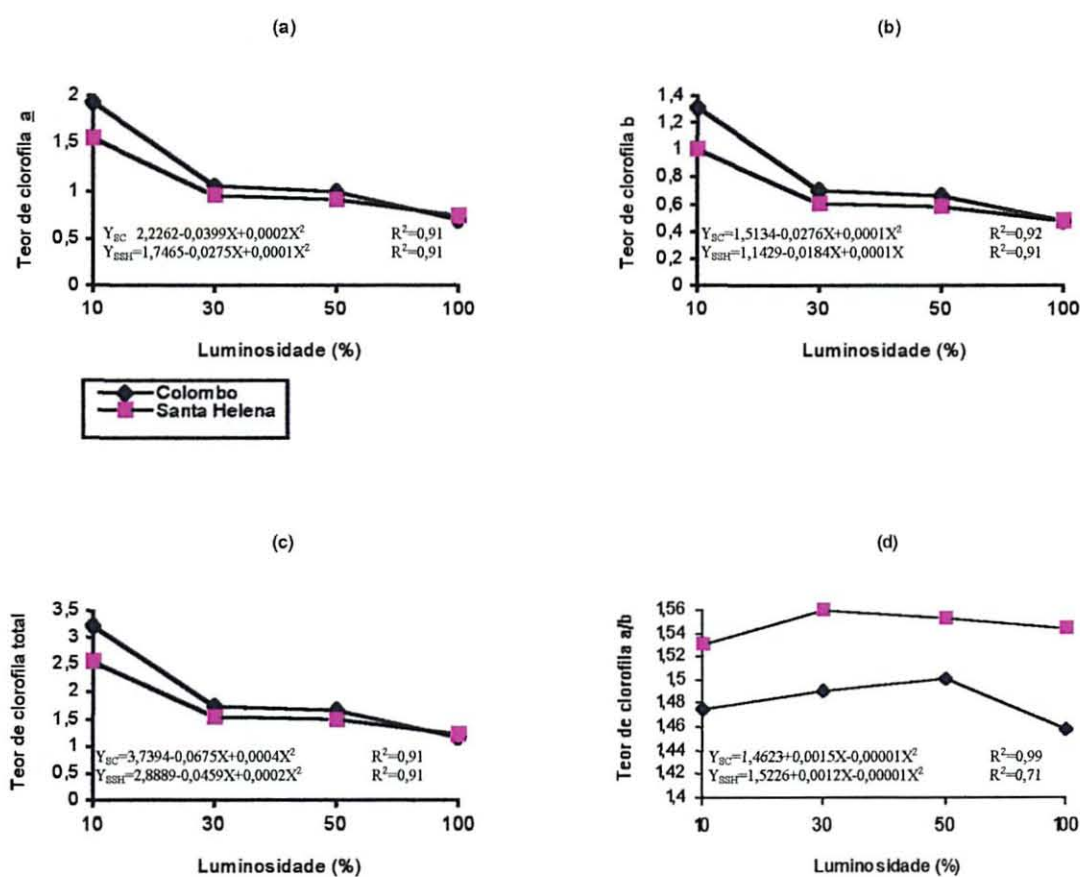


FIGURA 17. Teores de clorofila a (a), clorofila b (b), clorofila total (c) e relação clorofila a/b (d) das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ )

Observou-se, pelo quadro de análise de variância apresentado na Tabela 12, que, para os teores de clorofila a, b e total, as regressões são não paralelas e não coincidentes (Figuras 17a, 17b e 17c).



## Relação clorofila a/b

A relação clorofila a/b encontradas nas folhas de canjarana variou de 1,46 a 1,50 no Sc e de 1,53 a 1,56 no Ssh (Tabela 12), não apresentando padrão definido com relação à luminosidade em ambos os substratos. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 12), com o Ssh apresentando mudas com relação clorofila a/b, em média para os quatro níveis de luminosidade, 4% superior ao do Sc. No Sc, a maior relação clorofila a/b foi obtida em plantas sob 50% de luz, enquanto que no Ssh foi obtida em plantas sob 30%.

A interação entre substratos e intensidades luminosas não foi significativa (Tabela 12).

Não foram constatadas correlações significativas, para a relação clorofila a/b, com as variáveis descritoras dos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

Observou-se, pelo no quadro de análise de variância, apresentado na Tabela 12 que, para a relação clorofila a/ b, as regressões são paralelas e não coincidentes (Figura 17d), o que significa um comportamento com diferenças significativas constantes entre os tipos de substratos dentro de cada nível de luminosidade.

### 4.2.7 Fotossíntese líquida e transpiração

Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas para a fotossíntese líquida e a transpiração (Tabela 13).

A interação entre substratos e luminosidade não foi significativa para a fotossíntese e a transpiração (Tabela 13).

TABELA 13. Fotossíntese líquida e transpiração em mudas de canjarana, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ).

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Fotossíntese	Transpiração
Colombo	10	9,25	5,80
	30	9,67	4,61
	50	8,59	5,21
	100	9,94	4,72
Santa Helena	10	8,01	4,41
	30	9,34	5,65
	50	9,55	6,80
	100	10,42	4,27
Teste F de Substratos		0,0053 ns	0,11 ns
Teste F de Intensidades luminosas		0,40 ns	1,13 ns
Teste F substratos * intensidade luminosa		1,09 ns	1,36 ns
CV (%)		31,065	31,818

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

A taxa de fotossíntese líquida da canjarana variou de 8,01 a 10,42  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , considerando todos os tratamentos. Estes valores são comparáveis àqueles registrados para espécies de zonas temperadas.

As taxas de fotossíntese obtidas em mudas de canjarana variaram em termos médios de 8,59 a 9,94  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no Sc e de 8,01 a 10,42  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no Ssh (Tabela 13). A taxa de fotossíntese em mudas da canjarana aumentou com o acréscimo da luminosidade. Em ambos substratos, a maior taxa de fotossíntese foi obtida em mudas sob 100% de luz.

Não foram constatadas correlações significativas para a taxa de fotossíntese, com as variáveis descritoras dos Sc e Ssh (ANEXOS 3 e 4).

Considerando os níveis de luminosidades extremos, houve um leve aumento na taxa de fotossíntese em plantas sob 100% de intensidade luminosa do que sob 10%. Estes resultados encontrados estão de acordo com aqueles de KWESIGA *et al.* 1986, que concluíram que mudas de plantas tolerantes à sombra, como *Khaya senegalensis*, mostraram pouca diferença nas taxas de fotossíntese, se cresciam em alta ou baixa

intensidade de luz. Em experimentos com plântulas de *Araucaria angustifolia*, INOUE *et al.* (1979) chegaram a conclusões que maiores taxas fotossintéticas foram observadas sob condições medianas de sombreamento e não sob plena luz.

Observou-se, pelo quadro de análise de variância, apresentado na Tabela 13 que, para a fotossíntese líquida e transpiração, as regressões são paralelas e coincidentes (Figuras 18a e 18b), o que significa um comportamento com diferenças significativas constantes entre os tipos de substratos dentro de cada nível de luminosidade.

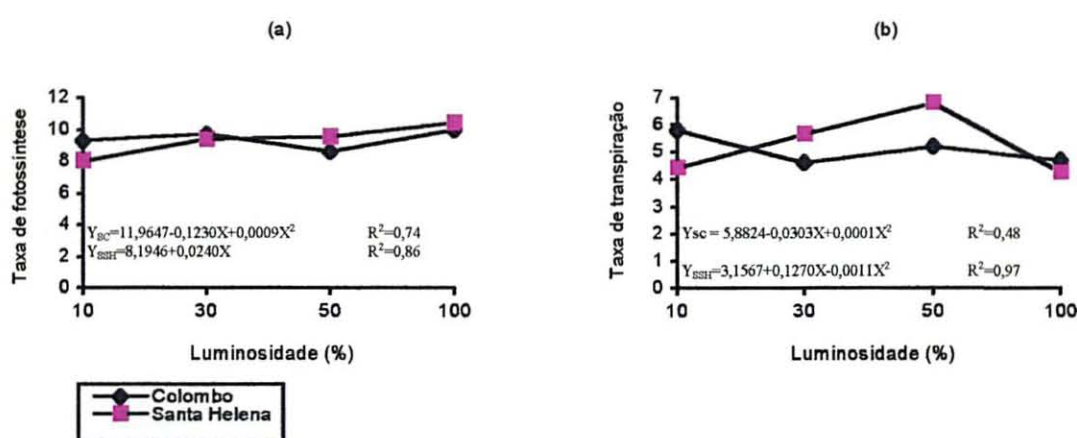


FIGURA 18. Taxa de fotossíntese (a) e de transpiração (b) das mudas de canjarana, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

A taxa de transpiração em mudas de canjarana, apresentou um comportamento irregular nos Sc e Ssh, porém, houve diminuição com o aumento da luminosidade até 100% de luz. No Sc, a maior taxa de transpiração foi obtida em mudas sob 10% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtido em mudas sob 50%.

Foram encontradas correlações ao nível de significância de 1% para a transpiração com a MA, no Ssh (ANEXO 4). No Sc, não foi constatada correlação, com as variáveis descritoras (ANEXO 3).

### 4.3 Guanandi

#### 4.3.1 Sobrevivência

As mudas do guanandi apresentaram uma excelente sobrevivência em todos os níveis de luminosidade, mostrando, ao final do período de estudo, 100% de plantas vivas.

#### 4.3.2 Crescimento (altura e diâmetro do colo)

O crescimento inicial em altura do guanandi foi favorecido pelo sombreamento, corroborando a afirmativa de que o sombreamento de algumas espécies resulta numa resposta positiva ao crescimento em altura (FERREIRA *et al.*, 1977; JESUS *et al.*, 1988 e OLIVEIRA *et al.*, 1989). O crescimento em altura possui diferentes respostas, de acordo com a capacidade adaptativa da espécie às variações na intensidade luminosa. Para o guanandi os maiores crescimentos em altura foram obtidos em mudas que cresceram sob uma intensidade de 10% de luz (Tabela 14).

Este tipo de comportamento é uma resposta característica de espécies secundárias e clímax. Pela classificação proposta por BUDOWSKI (1965), o guanandi seria uma espécie clímax. Porém, em função de as menores alturas não terem se dado sob 100% de intensidade da luz e sim sob 50% de intensidade luminosa no Sc, acredita-se que ele seja secundária longeva. Porém, no Ssh, como a menor altura deu-se sob 100% de luz, ele seria clímax. As mudas produzidas sob 10% de intensidade luminosa, tiveram as maiores alturas, mas menor MST (Tabela 14), originando mudas menos resistentes e mais frágeis, com tecidos mais suculentos. O aumento em altura, quando as plantas foram sombreadas, pode ter ocorrido em razão do estiolamento induzido pela intensidade luminosa estar abaixo dos níveis requeridos pela planta (WHATLEY & WHATLEY, 1982), ou porque o

crescimento foi beneficiado em decorrência de temperaturas mais amenas das folhas, o que favoreceria a abertura dos estômatos e a fixação de carbono pelas plantas. Sob as estruturas sombreadas, é provável que tenha havido um eficiente controle foliar e, conseqüentemente, do status hídrico da planta, de modo a permitir uma otimização da atividade fotossintética e da turgescência necessárias ao crescimento da planta. A capacidade de crescer rapidamente quando sombreadas é um mecanismo importante de adaptação da espécie, constituindo uma estratégia de escape a baixa intensidade luminosa.

TABELA 14. Crescimento (altura e diâmetro do colo); matéria seca (total, aérea e radicial); área foliar e área específica foliar, de mudas de guanandi, aos 9 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosa (%)	Altura Média (cm)	Diâmetro do colo (mm)	Matéria Seca Total (g/planta)	Matéria Seca Aérea (g/planta)	Matéria Seca Radicial (g/planta)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Área específica foliar (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )
Colombo	10	31,94	4,24	2,5557	1,6669	0,8888	232,40	130,20
	30	27,36	4,90	3,5547	1,9818	1,5730	268,01	97,80
	50	26,18	4,96	3,5156	1,9243	1,5913	264,31	91,60
	100	27,22	5,12	3,5207	1,7840	1,7366	123,38	82,60
Santa Helena	10	29,82	4,28	2,4425	1,5064	0,9361	179,66	127,20
	30	28,80	4,80	3,8611	2,0138	1,8472	157,63	93,00
	50	26,28	4,82	3,7864	1,8564	1,9300	179,46	93,80
	100	23,02	4,86	2,9897	1,3541	1,6356	50,73	93,60
Teste F Substratos		5,00*	5,87*	0,03ns	9,74**	5,42*	77,34**	0,17 ns
Teste F Intensidades luminosas		22,22**	48,48**	39,68**	18,56**	45,41**	48,68**	33,78**
Teste F substratos * intensidades luminosas		5,40**	1,70ns	4,90**	3,91*	2,87*	1,74ns	1,23ns
CV (%)		6,124%	3,160	8,531	9,005	12,507	15,840	9,976

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

O crescimento inicial em altura do guanandi foi o maior em relação às duas outras espécies para todos os níveis de luminosidades testados.

Este maior crescimento inicial pode ser devido as suas plântulas apresentarem germinação hipógea, enquanto as outras espécies (araribá-rosa e canjarana) apresentam plântulas com germinação epígea. As reservas cotiledonares nas plantas hipógeas são maiores do que nas plantas de germinação epígeas e, assim, podem propiciar um crescimento inicial em altura mais rápido.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI (1979), existe considerável evidência de que o crescimento em altura de muitas espécies ocorre primariamente às expensas dos carboidratos armazenados. Portanto, espécies que possuem sementes ricas em reservas podem se beneficiar inicialmente de um rápido crescimento em altura. Entretanto, as respostas posteriores são bastante variáveis.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 14), com o Sc apresentando mudas com crescimento em altura e em diâmetro do colo, em média para os quatro níveis de luminosidade, 4,4% e 2,3% superiores ao Ssh. Esta superioridade, foi a menor entre as três espécies estudadas.

Para Sc o crescimento em altura diminuiu com o aumento da luminosidade até 50% e depois aumentou até 100%. Com relação ao Ssh, houve um decréscimo até 100%.

A interação entre substrato e luminosidade foi significativa para o Sc ( $p \leq 0,01$ ) e não significativa para o Ssh (Tabela 14)

Foram encontradas correlações significativas, para a altura, com a MST, MSR, AEF, teor de N e de Ca, clorofila a, b e total no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com a MST, MSA, AEF, teor de N e de Ca e teores de clorofila a, b e total (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 14, que para a altura, as regressões são não paralelas e não coincidentes (Figura 19b), enquanto que para o diâmetro do colo, elas são paralelas e não coincidentes (Figura 19a).

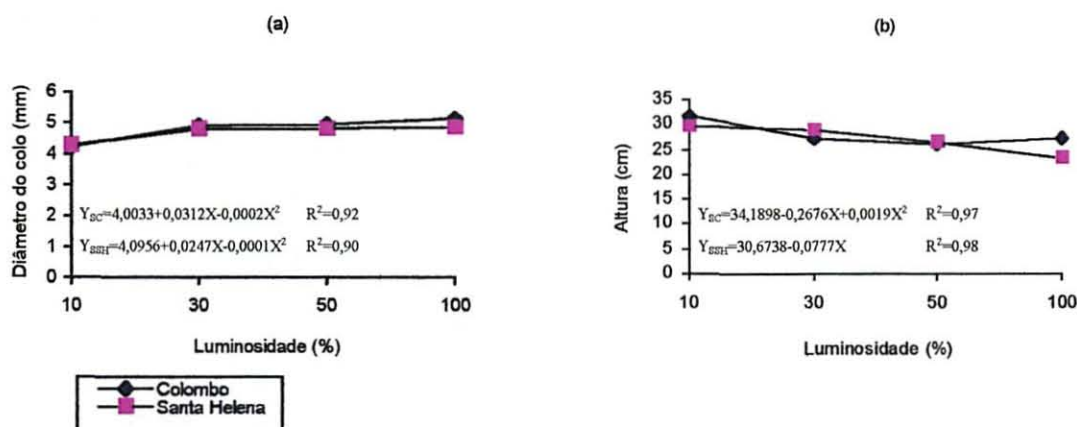


FIGURA 19. Diâmetro do colo (a) e altura (b) de mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. Sta. Helena) e intensidades luminosas.

O crescimento em diâmetro do colo do guanandi foi intermediário ao de araribá-rosa e canjarana. Esse crescimento aumentou com o acréscimo da luminosidade, em ambos os substratos. Nos dois substratos o maior crescimento em diâmetro do colo foi obtido em mudas sob 100% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para o diâmetro do colo, com a MST, MSR, AEF, clorofila a, b e total e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com a MST, MSR, AEF, teor de K e de Mg e intensidades luminosas (ANEXO 6).

### 4.3.3 Matéria Seca

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 14), com o Sc apresentando maior MSA e MSR produzida, em média para os quatro níveis de luminosidade, 9% e 9,6%, respectivamente superiores as do Ssh. Já com relação à MST não foram constatadas diferenças significativas. As superioridades da MSA e MSR, as menores entre as espécies estudadas, mostram que elas foram poucas influenciadas, pelas propriedades dos substratos, caracterizando o guanandi por ser uma espécie mais plástica aos substratos do que as demais espécies.

A interação entre substratos e intensidades luminosas variou de altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) para a MST a significativa ( $p \leq 0,05$ ) para a MSA e MSR (Tabela 14).

#### Matéria Seca Total (MST)

No que tange à produção da MST, houve uma nítida superioridade das plantas que cresceram entre 30% e 100% para o guanandi, no Sc. Com relação ao Ssh, a maior produção de MST, para o guanandi, deu-se entre 30% e 50% de intensidade luminosa (Tabela 14).

A literatura demonstra que, mesmo as espécies tolerantes alcançam a máximo MST quando crescem à plena luz do dia. No presente caso ficou demonstrado que o guanandi, mesmo tendo alcançado maior crescimento em altura à sombra (Tabela 14), foi à plena luz do dia e próximo a ela que as mudas alcançaram a maior MST (Tabela 14)

A MST do guanandi foi intermediária a obtida pelo araribá-rosa e canjarana. Ela aumentou com o acréscimo da luminosidade, em ambos os substratos. Em ambos substratos, a maior BST foi obtida em mudas sob 30% de luz.



Foram encontradas correlações significativas para a MST, com a altura, diâmetro do colo, MSA, MSR, AEF, teores de K e de Ca, clorofila a, b e total no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, ela correlacionou-se com o diâmetro do colo, MSA, MSR, o teor de K (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 14, que para a MST, MSA e MSR, as regressões são não paralelas. Quanto à coincidência, elas são coincidentes para a MST (Figura 20a), enquanto que para a MSA e MSR, elas são não coincidentes (Figuras 20b e 20c).

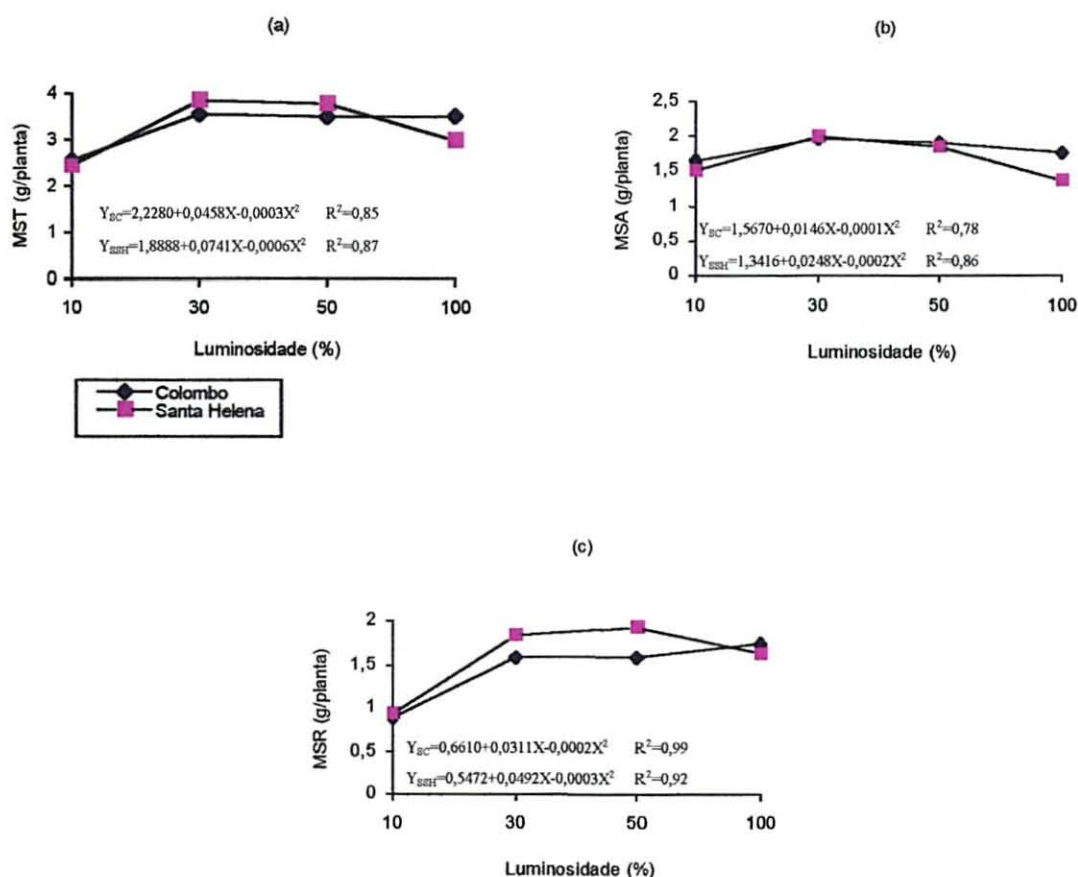


FIGURA 20. Matéria seca total - MST (a), aérea - MSA (b) e radicial - MSR (c) de mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>ª</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

#### Matéria seca aérea (MSA)

A MSA do guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade, em ambos os substratos, até 30% de luz e decresceu até 100% de luz. A maior MSA foi obtida em mudas sob 30% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para a MSA, com a MST, no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, ela correlacionou-se com a MST e o teor de N (ANEXO 6).

#### Matéria seca radicial (MSR)

A MSR do guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade, para o Sc e diminuiu para o Ssh. Para o Sc, a maior MSR foi obtida sob 100% de luz, enquanto que para o Ssh foi obtida sob 50% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para a MSR, com a altura, diâmetro do colo, MST, AEF, teor de N, clorofila a, b e total e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, ela correlacionou-se com o diâmetro do colo, MST, AEF e com o teor de K (ANEXO 6).

#### 4.3.4 Área foliar (AF) e área específica foliar (AEF)

A AF do guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade no Sc, até 30% de intensidade, apresentando um ligeiro decréscimo sob 50% de luz e um decréscimo mais acentuado sob 100% de luz. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 14), com o Sc apresentando mudas com AF, para os quatro níveis de luminosidade, 56,5% superior ao do Ssh. Esta superioridade, a menor entre as espécies estudadas, mostra que a AF do guanandi foi influenciada pelas

propriedades dos substratos. Para o Sc, a maior AF foi obtida de mudas sob 30% de luz, enquanto no Ssh ela foi obtida de mudas sob 10% de luz.

A interação entre substratos e luminosidades, para a AF e AEF, não foi significativa (Tabela 14).

Foram encontradas correlações significativas para a AF, com o teor de Fe, transpiração e com a intensidade luminosa, no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, ela correlacionou-se com a altura, clorofila b e total e intensidade luminosa (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 14, que para a AF e AEF, as regressões são não paralelas. Quanto à coincidência, elas são não coincidentes para a AF (Figura 21a), enquanto que para a AEF, elas são coincidentes (Figuras 21b).

A AEF do guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade, em ambos substratos, até 50% de intensidade luminosa, apresentando um ligeiro decréscimo sob 100% de luz. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 14). Para os os substratos a maior AEF foi obtida em mudas sob 10% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para a AEF, com a altura, diâmetro do colo, MST, MSR, teor de K, clorofila a, b e total e intensidade luminosa no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com o diâmetro do colo e com a MSR (ANEXO 6).

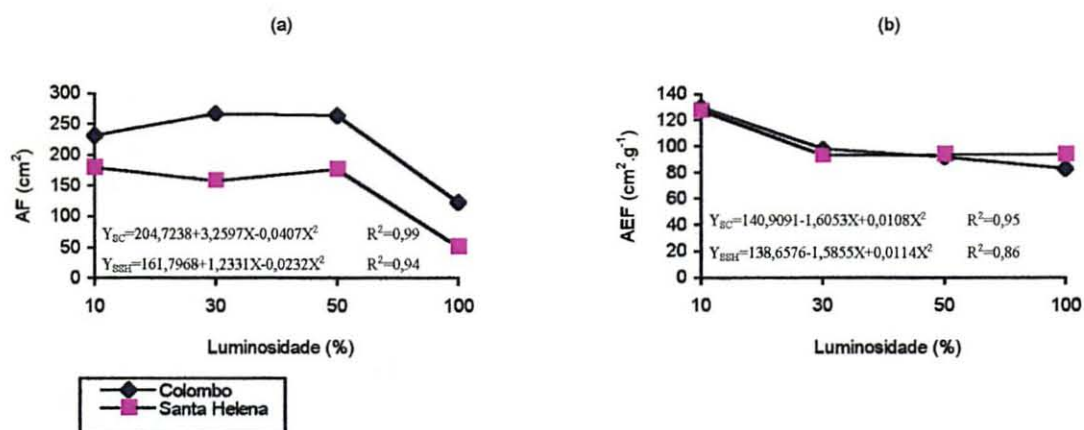


FIGURA 21. Área foliar - AF (a) e área específica foliar - AEF (b) das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

#### 4.3.5 Análise foliar

Observou-se na Tabela 15 que para todos os nutrientes minerais analisados, com exclusão do Ca, a interação entre substratos e luminosidade não foi significativa.

TABELA 15. Teores de macro (% M.S.) e micronutrientes (ppm M.S.) em folhas de mudas de guanandi, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosas (%)	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Colombo	10	1,41	0,12	0,76	0,65	0,26	9,00	431,40	49,00	17,00
	30	1,25	0,11	0,58	0,73	0,24	8,60	386,20	37,40	14,20
	50	1,27	0,12	0,62	0,76	0,25	9,60	349,60	59,40	24,00
	100	1,35	0,13	0,60	0,70	0,27	12,20	597,40	54,20	34,40
Santa Helena	10	1,27	0,10	1,10	0,73	0,21	10,20	368,60	46,20	21,20
	30	1,16	0,10	0,91	0,70	0,18	15,20	530,40	48,40	18,00
	50	1,20	0,11	0,91	0,73	0,17	8,20	270,40	34,40	17,00
	100	1,40	0,12	0,95	0,70	0,17	19,60	373,60	46,40	19,20
Teste F Substratos		5,53*	5,90*	108,79**	0,44ns	88,28**	2,93ns	1,10ns	1,26ns	1,39ns
Teste F Intensidades luminosas		9,88**	3,20*	7,13**	3,62*	3,15*	2,45ns	2,16ns	0,31ns	2,24ns
Teste F Substratos * Intensidades luminosas		2,37ns	0,24ns	0,19ns	4,99**	2,12ns	1,11ns	2,06ns	1,85ns	2,41ns
CV (%)		6,397	13,459	12,300	5,340	10,588	35,040	30,348	26,795	36,105

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

### Nitrogênio (N)

Os teores médios de N encontrados na M.S das folhas de guanandi variaram de 1,25 a 1,41% no Sc e de 1,16 a 1,40% no Ssh (Tabela 15). As menores concentrações de N foram encontradas na M.S das folhas de guanandi. Esses teores são considerados baixos, e de acordo com REISSMANN *et al.* (1987), acham-se no limite inferior do teor adequado para as espécies arbóreas.

Das espécies estudadas, o guanandi foi a única que apresentou folhas perenes. MEDINA (1984) e SOBRADO (1994), estudando vários ecossistemas, concluíram que as espécies de folhas perenes têm, geralmente, menor concentração de N por unidade de peso de folha que as espécies de folhas decíduais.

O teor de N de guanandi apresentou uma tendência de aumentar com o acréscimo da luminosidade no Sc, e diminuir no Ssh. Com relação aos substratos, foram constatadas

diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 15), com o Sc apresentando mudas com teor de N, para os quatro níveis de luminosidade, 4,8% superior ao do Ssh. No Sc, o maior teor de N foi obtido em plantas sob 100% de luz, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 10% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de N, com a altura, a MSR e com o teor de K no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com a MSA e com o teor de P (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 15, que para o N, P e K, as regressões são paralelas (Figuras 22a, 22b e 22c). Quanto à coincidência, elas são não coincidentes.

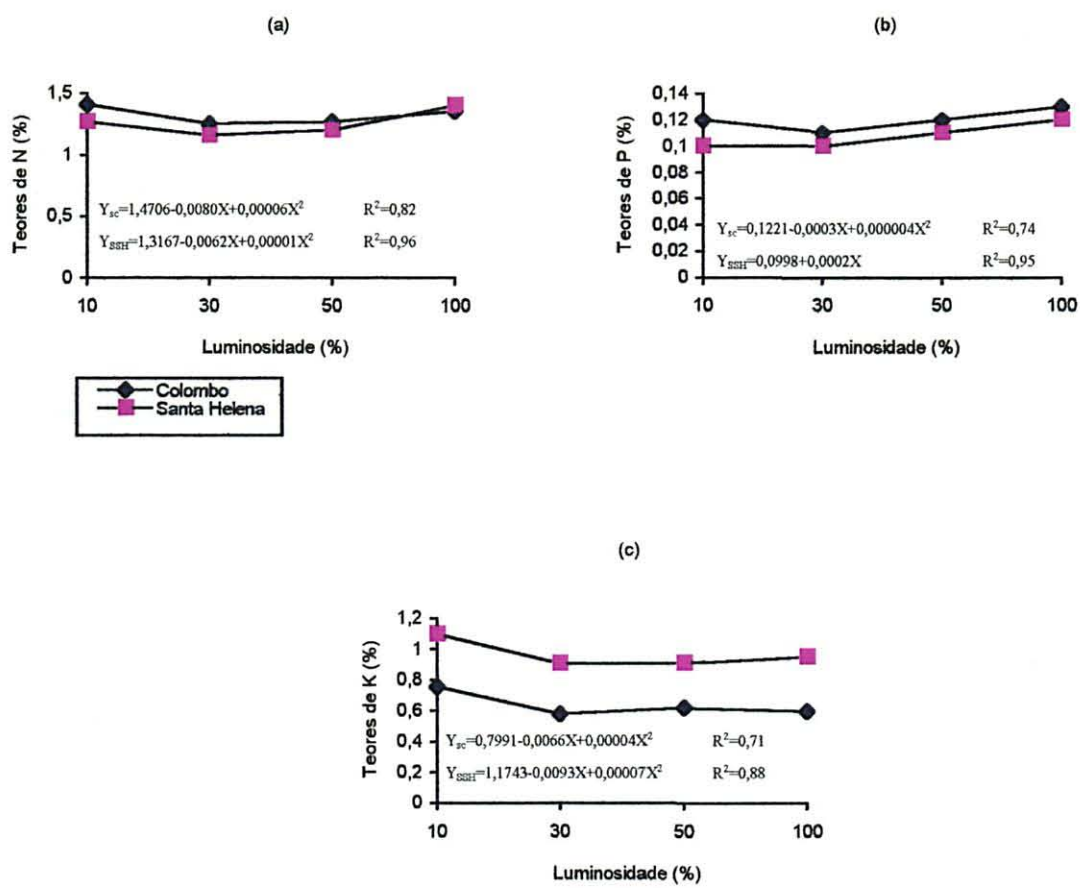


FIGURA 22. Teores de N(a), P (b) e K (c) nas folhas das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>ª</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

### Fósforo (P)

Os teores médios de P encontradas na M.S das folhas de guanandi variaram de 0,11 a 0,13% no Sc e de 0,10 a 0,12% no Ssh (Tabela 15). As menores concentrações de P foram encontradas na M.S. das folhas de guanandi.

O teor de P nas folhas do guanandi teve um leve aumento com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 15), com o Sc apresentando mudas com teor de P, para os quatro níveis de luminosidade, 10,9% superior ao do Ssh. Em ambos substratos, o maior teor de P foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de P, com a MA, no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com o teor de N e com a transpiração (ANEXO 6).

#### Potássio (K)

Os teores médios de K encontrados na M.S das folhas de guanandi variaram de 0,58 a 0,76% no Sc e de 0,91 a 1,10% no Ssh (Tabela 15). As menores concentrações de K foram encontradas na M.S. das folhas de guanandi.

O teor de K nas folhas do guanandi diminuiu com o aumento da luminosidade, comportamento também observado por PAULILO *et al.* (1994), para *Qualea grandiflora*. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 15), com o Ssh apresentando mudas com teor de K, para os quatro níveis de luminosidade, 50,8% superior ao do Sc. Este maior teor de K no Ssh deveu-se ao fato do Ssh apresentar um teor de K, 216% superior ao do Sc (Tabela 2). Em ambos substratos, o maior teor de K foi obtido em plantas sob 10% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de K, com a MST, AEF e com o teor de N, no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, ele correlacionou-se com o diâmetro do colo, MST e com a MSR (ANEXO 6).



## Cálcio (Ca)

Os teores médios de Ca encontrados na M.S das folhas de guanandi variaram de 0,65 a 0,76% no Sc e de 0,70 a 0,73% no Ssh (Tabela 15). As menores concentrações de Ca foram encontradas na M.S. das folhas de guanandi. CARPANEZZI *et al.* (1976) encontraram este tipo de comportamento para a aroeira (*Astronium urundeuva*).

O teor de Ca nas folhas do guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade até 50% no Sc, e apresentou um ligeiro decréscimo sob 100% de intensidade luminosa. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 15), para teor de Ca nas folhas. Em ambos substratos, o maior teor de Ca foi obtido em plantas sob 50% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Ca, com a altura e com a MST, no Sc (ANEXO 5). No Ssh, não foi constatada correlação, com as variáveis descritoras (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 15, que para o Ca, as regressões são não paralelas e coincidentes (Figura 23a), enquanto que para o Mg, elas são paralelas e não coincidentes (Figura 23b).

Para o Ca (Figura 23a), não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados para o Ssh.

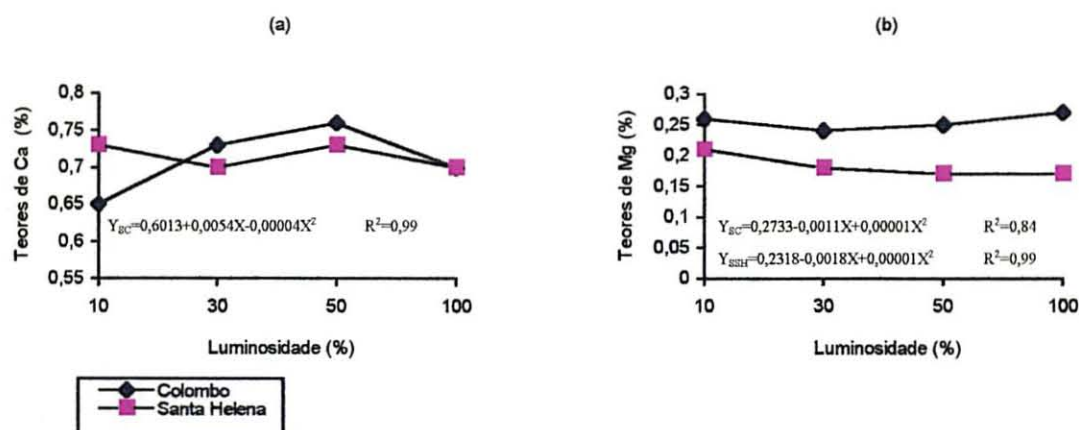


FIGURA 23. Teores de Ca (a) e Mg (b) nas folhas das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

### Magnésio (Mg)

Os teores médios de Mg encontrados na M.S das folhas de guanandi variaram de 0,24 a 0,27% no Sc e de 0,17 a 0,21% no Ssh (Tabela 15). As menores concentrações de Mg foram encontradas na M.S das folhas de guanandi.

O teor de Mg nas folhas de guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 15), com o Sc apresentando mudas com teor de Mg, para os quatro níveis de luminosidade, 37,3% superior ao do Ssh. No Sc, o maior teor de Mg foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtido em mudas sob 10% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Mg, com o diâmetro do colo, no Ssh (ANEXO 6). No Sc, não foi constatada correlação com as variáveis descritoras (ANEXO 5).

## Cobre (Cu)

Os teores médios de Cu encontrados na M.S das folhas de guanandi variaram de 8,6 a 12,2 ppm no Sc, e de 8,2 a 19,6 ppm no Ssh (Tabela 15) e aumentaram de acordo com o acréscimo da luminosidade. As maiores concentrações de Cu foram encontradas na M.S das folhas de guanandi.

Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 15) para teor de Cu nas folhas. Em ambos substratos, o maior teor de Cu foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Cu, com o teor de Zn, a fotossíntese, e com a transpiração, no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com o teor de Mn (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 15, que para o Cu, Fe, e Zn, as regressões são paralelas e coincidentes (Figuras 24a, 24b, 24c e 24d).

Para as Figuras 24a e 24b, não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados para o Ssh, enquanto na Figura 24c não houve ajuste significativo para os dois substratos.

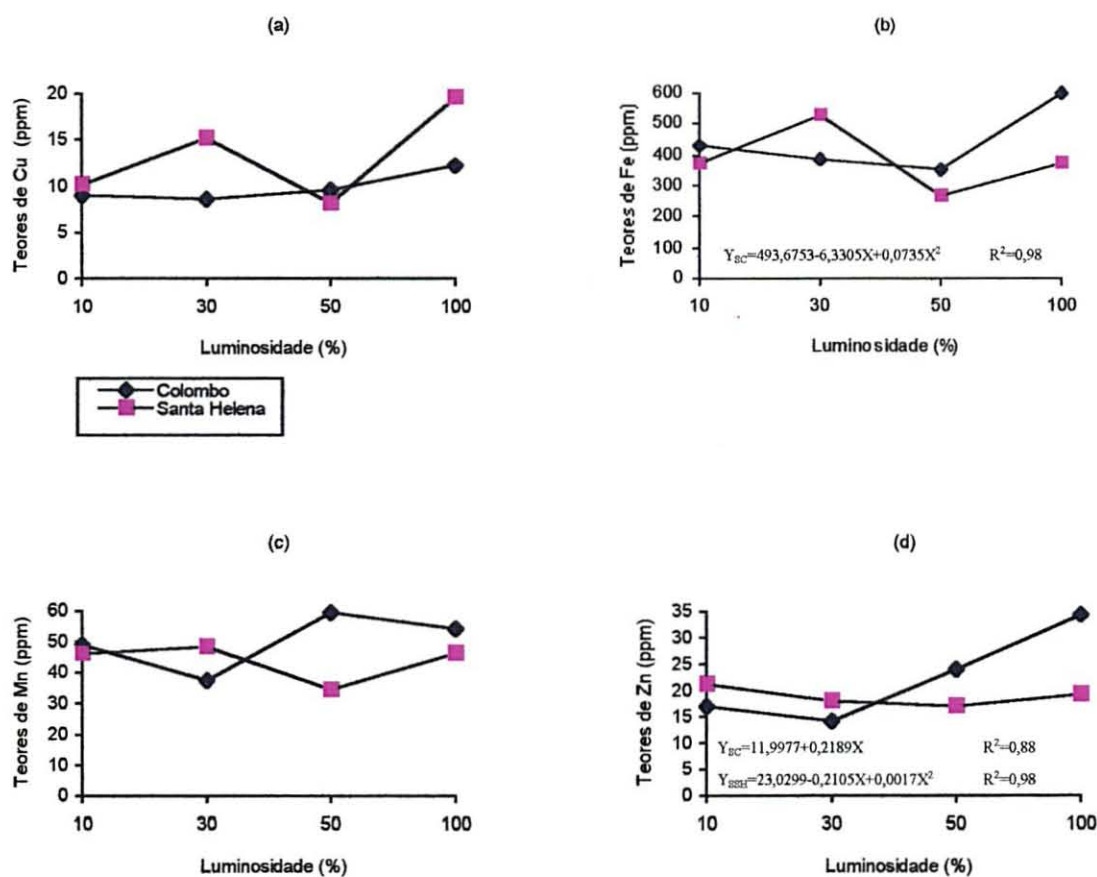


FIGURA 24. Teores de Cu (a), Fe (b), Mn (c) e Zn (d) na M.S das folhas das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St.<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

### Ferro (Fe)

Os teores de Fe encontrados na M.S das folhas de guanandi variaram de 349,6 a 597,4 ppm no Sc e de 270,4 a 530,4 ppm no Ssh (Tabela 15) e aumentaram com o acréscimo da luminosidade. Esses teores de Fe encontradas na matéria seca das folhas de guanandi ficaram intermediários entre os de canjarana e as de araribá-rosa.

Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 15), para teor de Fe nas folhas. No Sc, o maior teor de Fe foi obtido em plantas sob 100% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtido em plantas sob 50% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Fe, com a AF, no Sc (ANEXO 5). No Ssh, não foi constatada correlação, com as variáveis descritoras (ANEXO 6).

#### Mangânes (Mn)

As concentrações individuais de Mn encontradas na M.S das folhas de guanandi variaram de 37,4 a 59,4 ppm no Sc e de 34,4 a 48,4 ppm no Ssh (Tabela 15) e aumentaram em função do acréscimo. As menores concentrações de Mn foram encontradas na M.S das folhas de guanandi.

Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 15) para teor de Mn nas folhas. No Sc o maior teor de Mn foi obtido sob 100% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtido sob 30%.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Mn, com a relação clorofila  $a/b$ , no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com o teor de Cu (ANEXO 6).

#### Zinco (Zn)

Os teores médios de Zn encontrados na M.S das folhas de guanandi variaram de 14,2 a 34,4 ppm no Sc e de 17 a 21,2 ppm no Ssh (Tabela 15), aumentando com o acréscimo da luminosidade no Sc, enquanto que no Ssh eles diminuíram.

Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 15). No Sc, o maior teor de Zn foi obtido em mudas sob 100% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtido em mudas sob 10% de luz.

Foram encontradas correlações significativas para o teor de Zn, com o teor de Cu e com a transpiração, no Sc (ANEXO 5). No Ssh, não foi constatada correlação, com as variáveis descritoras (ANEXO 6).

#### 4.3.6 Associação simbiótica

O número total de esporos MA em raízes de mudas do guanandi variou de 198 a 497,4 no Sc e de 85,2 a 223,2 no Ssh (Tabela 16).

BONETTI *et al.* (1984) encontraram em um talhão puro de guanandi, em Manaus-AM, 92 esporos de micorriza por 150 g de solo, número bem abaixo ao obtido por este estudo.

O número de esporos MA, aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 16), para número de esporos MA em raízes de mudas de guanandi. Mudas crescendo no Sc, mostraram, em média, um número de esporos MA 112% superior àqueles vegetando no Ssh. Em ambos substratos o maior número de esporos MA foi obtido sob 100% de intensidade luminosa. A interação entre substratos e luminosidade não foi significativa (Tabela 16).

TABELA 16. Número total de esporos MA, em raízes de mudas de guanandi, aos 12 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas.

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Número total de esporos MA
Colombo	10	246,00
	30	198,00
	50	386,60
	100	497,40
Santa Helena	10	110,60
	30	85,20
	50	206,20
	100	223,20
Teste F Substratos		31,91**
Teste F Intensidades luminosas		10,70**
Teste F Substratos * intensidades luminosas		1,31ns
CV (%)		35,283

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

Foram encontradas correlações significativas para o número total de esporos MA, com o teor de P e com a intensidade luminosa, no Sc (ANEXO 5). No Ssh, não foi constatada correlação, com as variáveis descritoras (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 16, que para a MA, as regressões são paralelas e não coincidentes (Figura 25).

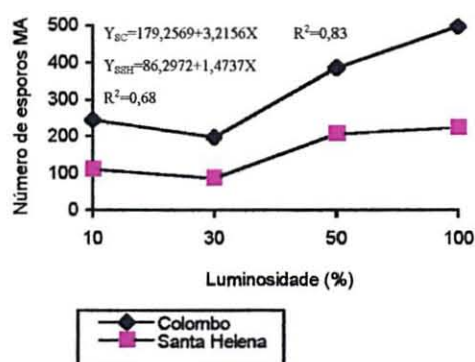


Figura 25. Número total de esporos MA nas raízes das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas.

#### 4.3.7 Teor de Clorofila

Em todos os tratamentos, os valores da concentração de clorofila a foram maiores do que os da clorofila b. Na Tabela 17 observa-se que, quanto menor a intensidade luminosa (10%) mais alto é o teor de clorofila nas folhas de guanandi, para ambos tipos de clorofila. O teor total de clorofila variou de 0,8  $\mu\text{g.mg}^{-1}$  a 2,4  $\mu\text{g.mg}^{-1}$ , considerando todos os tratamentos. Esses teores foram os menores entre as espécies estudadas.

Com relação aos substratos, foram constatadas diferenças altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 17), com o Sc apresentando mudas com teores de clorofila a, b e total, em média para os quatro níveis de luminosidade, 30,8%, 33,7%, 31,8%, respectivamente, superiores as do Ssh. Estas superioridades mostram que esses teores de clorofila foram influenciados pelas propriedades dos substratos.

TABELA 17. Concentração de clorofila a, clorofila b, clorofila total (a + b).e relação clorofila a/b em mudas de guanandi, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{g.mg}^{-1}$ )

Substratos	Intensidades luminosas (%)	Clorofila <u>a</u>	Clorofila <u>b</u>	Clorofila total (a + b)	Relação Clorofila a/b
Colombo	10	1,419	0,991	2,410	1,431
	30	0,839	0,585	1,425	1,442
	50	0,783	0,570	1,353	1,382
	100	0,646	0,462	1,108	1,396
Santa Helena	10	0,757	0,541	1,298	1,397
	30	0,599	0,420	1,020	1,424
	50	0,957	0,658	1,615	1,458
	100	0,510	0,331	0,841	1,550
Teste F de Substrato		20,63**	25,13**	23,07**	1,74ns
Teste F de Intensidades luminosas		20,77**	23,16**	22,57**	0,73ns
Teste F Substrato * Intensidades luminosas		12,86**	11,30**	12,76**	0,41ns
CV(%)		16,646	16,291	16,184	10,848

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo



Os teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total ( $a + b$ ) do guanandi diminuíram com o aumento da intensidade luminosa. No Sc o maior teor de clorofila a foi obtido sob 10% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh, foi sob 50% de luz.

A interação entre substratos e luminosidade foi altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 17), para os três tipos de clorofila.

Foram encontradas correlações significativas para os teores de clorofila a, b e total, com a altura, diâmetro do colo, MST, MSR, AEF e com a intensidade luminosa, no Sc, (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com a clorofila b e total (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 17, que para a clorofila a, b e total, as regressões são não paralelas e não coincidentes (Figuras 26a, 26b e 26c).

Para as Figuras 26a, 26b e 26c, não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados para o S<sub>SH</sub>.

#### Relação clorofila a/b

A relação clorofila a/b do guanandi aumentou com o aumento da luminosidade. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 17). Em ambos substratos a maior relação clorofila a/b foi obtida sob 100% de intensidade luminosa. A interação entre substratos e luminosidade não foi significativa (Tabela 17).

Foram encontradas correlações significativas para a relação clorofila a/b, com o teor de Mn, no Sc (ANEXO 5). No Ssh, não foi constatada correlação, com as variáveis descritoras (ANEXO 6).

Observou-se, pelo quadro da análise de variância apresentado na Tabela 17, que para a Relação clorofila a/b, as regressões são paralelas e coincidentes (Figura 26d).

Para a Figura 26d, não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados para o Sc.

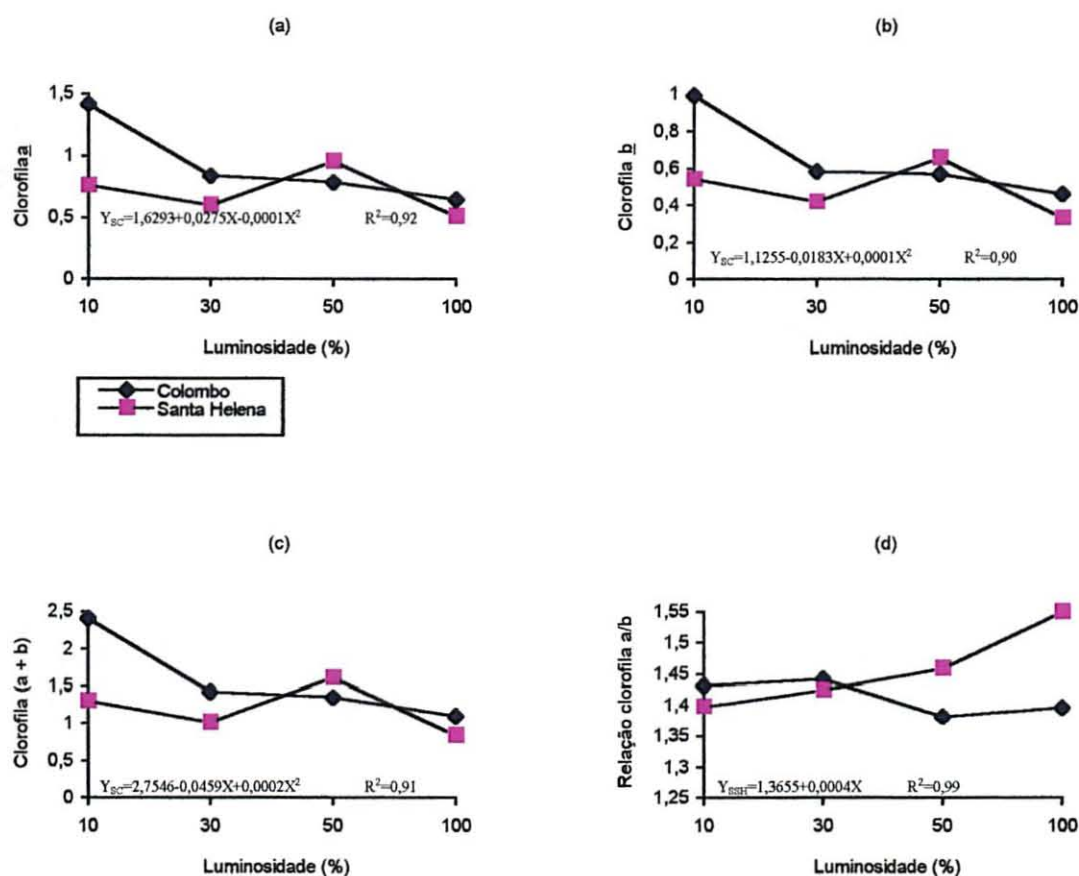


FIGURA 26. Teor de clorofila a (a), clorofila b (b), clorofila total (a + b) (c) e relação clorofila a/b (d) das mudas de guanandi, sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ ).

#### 4.3.8 Fotossíntese e Transpiração

As taxas de fotossíntese de guanandi variaram, em termos médios, de 6,68 a 10,11  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  no Sc, e de 6,42 a 10,73  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  no Ssh (Tabela 18). A taxa de fotossíntese de guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade. Com relação aos

substratos, foram constatadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 18) para taxa fotossintética. No Sc, as mudas de guanandi apresentaram um teor de fotossíntese, em média para os quatro níveis de luminosidade, 21% superior àquelas mudas crescendo no Ssh. No Sc a maior taxa de fotossíntese foi obtida em mudas sob 100% de intensidade luminosa, enquanto que no Ssh foi obtida em mudas sob 30% de intensidade luminosa. A interação entre substratos e intensidades luminosas foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 18).

TABELA 18. Fotossíntese líquida e transpiração, em mudas de guanandi, aos 14 meses de idade, sob diferentes substratos e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )

Substratos	Intensidades luminosas	Fotossíntese	Transpiração
Colombo	10	6,88	3,35
	30	9,37	4,01
	50	8,34	3,54
	100	10,11	9,43
Santa Helena	10	6,42	4,55
	30	10,73	3,68
	50	7,96	4,31
	100	6,30	5,78
Teste F Substratos		2,08 ns	2,41 ns
Teste F Intensidades luminosas		5,61 **	3,97 *
Teste F Substratos * Intensidades luminosas		0,16 ns	0,70 ns
CV (%)		34,912	29,502

\*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ); \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ) e ns = não significativo

Foram encontradas correlações significativas para a fotossíntese, com a AF, com o teor de Cu, com a transpiração e com a intensidade luminosa, no Sc (ANEXO 5). No Ssh, não foi constatada correlação, com as variáveis descritoras (ANEXO 6).

Observou-se, no quadro da análise de variância apresentado na Tabela 18, que para a fotossíntese líquida e a transpiração, elas são paralelas e coincidentes (Figuras 27a e 27b).

Para a Figura 27a, não houve ajuste significativo para os modelos de regressão testados para o Ssh.

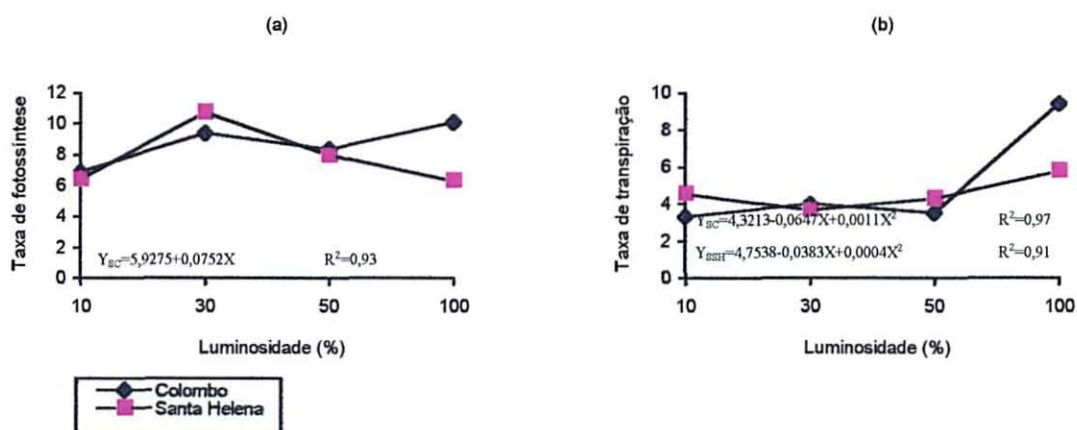


FIGURA 27. Fotossíntese líquida (a) e transpiração (b) das mudas de guanandi, sob diferentes sob diferentes substratos (Sc = Subst. Colombo e Ssh = Subst. St<sup>a</sup>. Helena) e intensidades luminosas (concentração em  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

### Transpiração

A taxa de transpiração em mudas de guanandi aumentou com o acréscimo da luminosidade até 100%. Com relação aos substratos, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 18) para a taxa de transpiração. Em ambos os substratos, a maior taxa de transpiração foi obtida em mudas sob 100% de intensidade luminosa. A interação entre substratos e intensidades luminosas foi altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 18).

Foram encontradas correlações significativas para a transpiração, com a AF, o teor de Zn, a fotossíntese e com a intensidade luminosa, no Sc (ANEXO 5), enquanto que no Ssh, houve correlação com o teor de P (ANEXO 6).

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: implicações ecológicas e silviculturais.

##### Araribá-rosa

Nas condições experimentais, araribá-rosa confirmou sua capacidade de adaptar-se a uma grande diversidade de habitats, variando de pleno sol até 10% de luminosidade, sem prejuízos ao seu crescimento. Ao apresentar um baixo grau de diferenciação morfológica em relação à sombra, e uma provável adaptação ao nível bioquímico, poder-se-ia considerá-la uma espécie nômade, de acordo com MARTINEZ-RAMOS (1985), mas sendo mais favorecida em termos de eficiência metabólica, por níveis maiores de luz (até 50% de luminosidade) ou de acordo com a classificação proposta por SWAINE & WHITMORE (1988) e adaptada por OLIVEIRA FILHO (1994), uma espécie clímax exigente de luz. Comportou-se como uma espécie de características sucessionais intermediárias, sendo capaz de se regenerar sob o dossel da floresta quando em áreas abertas. Portanto, ela se prestaria aos plantios a céu aberto, podendo ainda ser usada em enriquecimento de florestas ou em consórcios com outras espécies mais tolerantes, a fim de tutorá-las.

Por apresentar uma alta relação clorofila  $a/b$  (Tabela 7) sob 100% de intensidade luminosa, está apta a crescer em ambientes abertos. CARVALHO (1994) estabeleceu plantios comprobatórios, com metade de um hectare, a pleno sol, em Santa Helena, oeste do Paraná, em Latossolo Roxo eutrófico. A espécie apresentou altas taxas de crescimento em altura (o crescimento máximo alcançado no terceiro ano foi 9m de altura e 7 cm de DAP), excelente forma do fuste com pouquíssima ramificação lateral e elevada sobrevivência, não tendo sido constatado nenhum problema fitossanitário.

Para a produção de mudas dessa espécie, deve-se considerar a sua finalidade. Para plantios sob cobertura ou de enriquecimento, as mudas produzidas sob um grau de sombreamento moderado apresentarão melhores condições de se desenvolver, por terem

maior área foliar e, assim, serem capazes de aumentar a eficiência de captação e transformação da energia luminosa. Sob níveis muito baixos de luz, entretanto, a espécie apresenta uma tendência de estiolamento, características de plantas competitivas ou nômades. Já para plantios a céu aberto, as mudas produzidas a plena luz serão mais adequadas, por apresentarem um maior crescimento em diâmetro de colo e, provavelmente, um sistema radicular melhor desenvolvido, possibilitando maior capacidade de explorar a umidade do solo.

Deve-se ressaltar também que, essa espécie, apresenta grande potencial silvicultural e para programas de melhoramento, podendo ser alvo de seleção de genótipos, com taxas mais altas de crescimento, e que estejam melhor adaptados a determinados sistemas de regeneração.

À essas evidências, soma-se a capacidade de formar um sistema radicial com raíz pivotante bem desenvolvida e, abundantes nódulos bacterianos, o que pode torná-lo mais eficiente no suprimento de água e nutrientes para a parte aérea, e com maior potencial de adaptação para crescer em áreas alteradas. Por outro lado, araribá-rosa sendo a única das três espécies estudadas que apresenta simbiose dupla com rizóbio e fungos micorrizicos arbusculares, seria auto suficiente em metabolismo fotossintético, devido, provavelmente, ao efeito sinérgico dos simbiotes.

Essa espécie é, portanto, adequada para plantios a céu aberto, em áreas degradadas e em consórcios agroflorestais. Seu rápido crescimento e alta taxa de renovação de folhas fazem com que o solo fique rapidamente coberto e que, pela grande quantidade de folhas derrubadas, a camada orgânica possa se estabelecer. Pode, inclusive, ser associada às espécies tolerantes, de crescimento mais lento, como é o caso de *Calophyllum brasiliense* e *Cabralea canjerana*.

## Canjarana

Os padrões de fotossíntese de canjarana, observados neste estudo, permitem considerá-la como espécie tolerante à sombra, conforme afirmativa de GALVÃO (1986) e ORTEGA (1995).

Baseando-se no ponto de compensação e de saturação lumínica, a canjarana caracteriza-se como espécie umbrófila na fase juvenil (GALVÃO, 1986). Segundo esse autor, devido à umbrofilia comprovada na fase juvenil, a canjarana é recomendada para um sistema silvicultural compatível com esta característica fisiológica. Para tanto, ele sugere plantios em regime de enriquecimento ou a adoção de sistemas especiais como agrossilvicultura, que poderão proporcionar-lhe o sombreamento inicial necessário.

Segundo ORTEGA (1995), canjarana comporta-se como árvore de temperamento de sombra, devido à sua esciofilia, enquadrando a espécie, segundo classificação proposta por ALEXANDRE (1982), no grupo de espécie de potencial vegetativo, com estratégia "bosque-bosque".

CARVALHO (1994) estabeleceu plantios comprobatórios de canjarana a pleno sol em Santa Helena, oeste do Paraná, em Latossolo Roxo eutrófico. A espécie apresentou altas taxas de crescimento em altura e elevada sobrevivência até o quarto ano, onde sofreu um intenso ataque de *Hypsiphyla grandella*, inviabilizando o plantio. Um outro plantio de canjarana a pleno sol, porém sob plantio misto, apresentou menor crescimento em altura, porém, não foi constatada incidência de doença ou praga. A espécie ocorre na floresta numa densidade média de 6,3 árvores por hectare (PARANÁ, 1968). Aparentemente, esta pode ter sido uma estratégia encontrada para livrar a espécie de pragas.

## Guanandi

Os padrões de comportamento do guanandi, quanto ao sombreamento, permitem considerá-lo como pertinente aos estágios finais da sucessão secundária, com condições de adaptação a se regenerar e crescer, embora lentamente, sob o dossel florestal. De acordo com a classificação de SWAINE & WHITMORE (1988), OLIVEIRA FILHO (1994) considera-o uma espécie clímax tolerante à sombra. Assim sendo, a produção de mudas desta espécie requer um grau de sombreamento de médio a forte, para que se obtenha uma boa sobrevivência e vigor geral das mudas. Poder-se-ia admitir, também, que o guanandi não é adequado para sistemas de regeneração induzida a céu aberto, devendo ser plantado sob cobertura ou em consórcio com outras espécies heliófilas. É uma espécie que apresenta um bom potencial para plantios de enriquecimento em florestas, já que tolera consideravelmente o sombreamento. Preliminarmente, a espécie têm apresentado comportamento satisfatório em plantios mistos a pleno sol, mesmo em locais fora de sua ocorrência natural.

Porém no litoral paranaense há casos de Formação Pioneira de influência fluvial com o guanandi; onde se observa guanandizais quase puros em condições pioneiras.

Um ponto importante para análise, seria através da ocorrência natural da espécie recomenda-la para plantio baseando-se na sua ocorrência natural. No caso do guanandi, sua ocorrência na Floresta Ombrófila Densa no Paraná, restringe-se principalmente às superfícies pleistocênicas e holocênicas onde predominam os solos Orgânicos e Podzóis hidromórficos, ambos de baixa (fertilidade) saturação de bases. Porém, nos plantios experimentais desenvolvidos pelo CNPF, a espécie tem apresentado crescimento satisfatório em solos bem drenados (CARVALHO, 1994), não apresentando limitação quanto a problemas de drenagem.



## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente estudo foi conduzido, pode-se concluir que:

- 1) O araribá-rosa tem suficiente plasticidade fisiológica, para garantir-lhe tolerância à sombra. Esta característica permite classificá-lo como pioneira tardia, enquanto a canjarana ocuparia etapas tardias e o guanandi, intermediárias iniciais, dentro do processo de sucessão;
- 2) Para um rápido crescimento no estágio juvenil, as espécies testadas necessitam de um grau variável de sombreamento inicial;
- 3) Condições lumínicas do ambiente podem afetar a composição pigmentária das espécies estudadas;
- 4) As espécies apresentaram diferenças de comportamentos com relação à presença de micorrizas arbusculares, provavelmente devido à configuração do sistema radicial. Nas espécies araribá-rosa e guanandi, onde o sistema predominante é o pivotante, houve uma resposta clara do efeito da intensidade luminosa sobre o número de esporos; em canjarana, que possui um sistema radicial mais uniforme, com uma maior quantidade de raízes finas, a intensidade luminosa não afetou a produção de esporos;
- 5) Houve, também, uma diferenciação com relação aos teores de nutrientes na matéria seca das folhas das espécies estudadas. Os maiores valores de nutrientes foram apresentados pela canjarana e os menores pelo guanandi;

- 6) O comportamento diferenciado com relação à intensidade luminosa nos dois substratos, devido às propriedades físicas e microbiológicas, indica uma tendência de adaptabilidade ecofisiológica das espécies em relação a estes fatores ambientais;
- 7) Através da análise de correlação verificou-se que, entre os parâmetros avaliados para o araribá-rosa, canjarana e guanandi, os que avaliaram o crescimento (diâmetro do colo, matéria seca total e área específica foliar), as associações simbióticas e os teores de clorofilas (a, b e total), explicaram melhor as diferenças de comportamentos entre as espécies, os substratos e as intensidades luminosas;
- 8) As análise de regressão múltipla, visando explicar o efeito conjunto dos micros e macronutrientes no crescimento das espécies testadas, não apresentaram resultados significativos.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Dentro do enfoque ou abrangência desses estudos, é possível fornecer, ainda os seguintes subsídios:

1) As espécies estudadas são recomendáveis para o enriquecimento de florestas das seguintes regiões fito-ecológicas: Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica) e Floresta Estacional Semidecidual, mediante o plantio sob cobertura, onde o fator luminosidade possa ser controlado sem grandes problemas;

2) Para as condições de regeneração natural, os resultados recomendam que, na fase juvenil, as três espécies encontram melhores condições para o crescimento em altura sob determinado grau de sombreamento. Isso irá contribuir para o sucesso da regeneração, pois, mais rapidamente poderá sobrepujar a vegetação concorrente;

3) A formação de plantios puros, em campo aberto, não atende às exigências fisiológicas de canjarana e guanandi, em seu estadio juvenil. Mesmo uma plantação intensiva deve ser efetuada sob cobertura, por exemplo, de árvores protetoras (nurse-tree). No desenvolvimento das plantas de canjarana e guanandi, o sombreamento deverá ser gradativamente retirado;

4) Araribá-rosa, por ser uma espécie pioneira tardia, é indicada para ser utilizada em pequenos plantios puros homogêneos, conforme resultados favoráveis obtidos em testes de comprovação de campo.

## 7 LITERATURA CITADA

- ABOUGUENDIA, Z.M.; BASCAK, L.A. Response of two western Canadian conifers to simulated acidic precipitation. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, n. 33, v.1/2, p.15-22, 1987.
- ABRAMS, M.D. Leaf structural and photosynthetic pigment characteristics of three gallery-forest hardwood species in Northeast Kansas. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n.22, p.261-266, 1987.
- ABROL, Y.P.; MOHANTY,P.; GOVINDJEE. **Photosynthesis: photoreactions to plant productivity**. Dordrecht: Kluwer Academic Pub., 1993. 607p.
- ALBRECHT, J.M.F.; MOREIRA, I.P.S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre a produção de mudas de cambará (*Vochysia divergens*). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (6.: 1990: Campos do Jordão). **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1991. v.3, p.574-575.
- ALBRECHT, J.M.; NOGUEIRA, A.C. Influência do sombreamento sobre a germinação e produção de mudas de ipê (*Tabebuia aurea* Benth. & Hook.). **Silvicultura**, São Paulo, v.11, n.41, p.69, 1986.
- ALBRECHT, J.M.F.; ROSADO, J.S. **Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre a produção de mudas de gonçaleiro (*Astronium fraxinifolium*)**. Cuiabá: Departamento de Engenharia Florestal, 1986. (no prelo).
- ALENCAR, J.C.; ARAÚJO, V.C. Comportamento de espécies florestais amazônicas quanto à luminosidade. **Acta Amazônica**, Manaus, v.10, n.3, p.435-444, 1980.
- ALEXANDRE, D.Y. Aspectos de la regeneración naturelle en foret dense de Cote d' Ivoire. **Candollea**, Geneve, n.37, p.579-588, 1982.

- AMARAL, W.A.N, do,; KAGEYAMA, P.Y. Ecofisiologia da germinação e estabelecimento de plântulas de *Citharexylum myrianthum* Cham. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). *Anais*. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.419-421.
- AMBERGER, A. **Pflanzenernährung** - ökologische und physiologische Grundlagen. Stuttgart: Eugen Ulmer, UTB, 1979. 846p,
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Betula vulgaris*. *Plant Physiology*, Rockville, n.24, p.1-15, 1949.
- AYLETT, G.P. Irradiance interception, leaf conductance and photosynthesis in Jamaican upper montane rain forest trees. *Photosynthetica*, Prague, n.19, p.323-337, 1985.
- BARBOSA, A.P. **Ecofisiologia do crescimento inicial de mudas de morototó (*Schefflera morototoni* Aubl. Frodin - Araliaceae) cultivada sob quatro níveis de radiação solar e três níveis de espaçamento**. Manaus, 1985. Tese (Mestrado) - INPA/Fundação Universidade do Amazonas.
- BARNES, J.D.; BALAGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A.W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Environmental and experimental Botany*, Elmsford, v.32, n.2, p.85-100, 1992.
- BAYENS, J. **Nutricion de las plantas de cultivo**. Madrid: Editorial Lemos, 1970. 631p.
- BAZZAZ, F.A.; PICKETT, S.T.A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual Review Ecology and Systematics*, Palo Alto, n.11, p.287-310, 1980.
- BELLOTE, A.F.J. **Nahrelementversorgung und Wuchsleistung von gedungenen *Eucalyptus grandis* - Plantagen im Cerrado von Sao Paulo (Brasilien)**. Freiburg, 1990. 159p. Tese (Doutorado) - Institute für Bodenkunde und Waldernährungslehre der Albert Ludwigs, Universität Freiburg.

- BJÖRKMAN, 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.
- BLEASDALE, J.K.A. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1977. 169p.
- BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, n.28, p.355-377, 1977.
- BONETTI, R.; OLIVEIRA, L.A.; MAGALHÃES, F.M.M. População de *Rhizobium* spp. e ocorrência de micorriza V.A. em cultivos de essências florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.137-142, 1984.
- BORGES, M.; ANDRADE, T.J.; JANKOWSKI, A.; FERREIRA, E.B.; INOUE, M.T. Pigmentos foliares em *Tabebuia alba* e *Pittosporum undulatum* como bioindicadores da poluição urbana. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, n. único, p.778-781, 1992.
- BRAGA, F. de A.; VALE, F.R. do.; VENTORIM, N.; AUBERT, E.; LOPES, G.de A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.1, p.18-31, 1995.
- BUDOWSKI, A. The distribution of tropical American rain forest species in the light of succesional progresses. **Turrialba**, San Jose, n.15, p.40-42, 1965.
- CALBO, A.G.; MARTINS, E.S. Técnica ponteciométrica para medidas rápidas de CO<sub>2</sub>. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.14, p.315-316, 1979.
- CALDAS, L.S.; BRAVO, C.; PICCOLO, H.; FARIA, C.R.S.M. Measurement of leaf area a hand-scanner linked to a microcomputer. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.4, n.1, p.17-20, 1992.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451p.

- CARNEIRO, J.G. de A.; CASTELLANO, A.C. Sombreamento em canteiros de mudas de *Euterpe edulis* (palmitreiro). **Boletim do Departamento de Produção vegetal**, Curitiba, n.9, 1972.
- CARPANEZZI, A.A.; BRITO, J.O.; FERNANDES, P.; JARK FILHO, W. Teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas essências florestais nativas. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.33, p.225-231, 1976.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras; recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPFFlorestas; Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. 640p.
- CHEW, V. **Comparisons among treatment means in an analysis of variance**. Washington: USDA. Agricultural Research Service, 1977. 64p.
- CONCEIÇÃO, P.N. Alguns aspectos ecofisiológicos de floresta tropical úmida de terra firme. **Acta Amazônica**, Manaus, v.7, n.2, p.151-178, 1977.
- CORREIA, L.G. **Efeito da luminosidade e do ccc na formação de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L. CV. Ikeda)**. Viçosa, 1977. 49p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- DANIEL, O.; OHASHI, S.T.; SANTOS, R.A. dos. Produção de mudas de *Goupia glabra* (cupiúba): efeito de níveis de sombreamento e tamanho de embalagens. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n.1, p.1-13, 1994.
- DANIEL, T.W.; HELMS, J.A.; BAKER, F.S. **Princípios de silvicultura**. México: McGraw-Hill, 1979. 492p.
- DEICHMANN, V. v.; BALDANZI, G. Influência da luz sobre a sobrevivência e o desenvolvimento de plântulas de *Araucaria angustifolia*. In: SIMPÓSIO DE REFLORESTAMENTO E PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS (1966: Blumenau).

DEUS, C.E. de; WEIGAND JUNIOR, R.; KAGEYAMA, P.Y.; VIANA, V.M.; FERRAZ, P. de A.; BORGES, H.B.N.; ALMEIDA, M.C.; SILVEIRA, M.; VICENTE, C.A.R. **Comportamento de 28 espécies arbóreas tropicais sob diferentes regimes de luz em Rio Branco, Acre.** Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 1993. 170p.

DOLEY, D. Photosynthetic productivity of forest canopies in relation to solar radiation and nitrogen cycling. **Australian Forest Research**, Melbourne, v.12, n.4, p.245-261, 1982.

DORENSTOUTER, H.; PIETERS, G.A.; FINDENEGG, G.R. Distribution of magnesium between chlorophyll and other photosynthetic functions in magnesium deficient "sun" and "shade" leaves of poplar. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.8, n.12, p.1089-1101, 1985.

DRUMOND, M.A.; LIMA, P.C.F. Sombreamento na produção de mudas de leucena e cumaru. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (6., Campos do Jordão, 1990. **Anais.** São Paulo: SBS/SBEF, 1991. v.3. p.799.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, (Rio de Janeiro, RJ). **Método de análise de solos e calcáreos.** Rio de Janeiro, 1979. p.8-32. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 55).

ENGEL, V.L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia.** Piracicaba, 1989, 202p. Tese (Mestrado) - ESALQ/Universidade de São Paulo.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estado nutricional de folhas de mudas de essências nativas em função de diferentes graus de sombreamento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (6.:1990: Campos do Jordão). **Anais.** São Paulo: SBS/SBEF, 1991a. v.2, p.76

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



- EVANS, L.T. The effect of light on plant growth, development and yield. In: SLATYER, R.O. (ed). **PLANT RESPONSE TO CLIMATIC FACTORS**. Uppsala, 1970. **Proceedings**. Paris: UNESCO, 1973. p.21-35.
- FAÇANHA, J.G.V.; VARELA, V.P. Influência do tamanho da semente e tipo de sombreamento na produção de mudas de muirapiranga (*Eperua bijuga*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.11/12, p.1185-1188, nov./dez. 1987.
- FAIRBAIRN, W.A.; NEUSTEIN, S.A. Study of response of certain coniferous species to light intensity. **Forestry**, Oxford, v.43, n.1, p.57-71, 1970.
- FARIAS, J.A.C. **Crescimento inicial do guatambú em diferentes intensidades luminosas**. Santa Maria, 1994. 66p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.
- FARIA, S.M.; FRANCO, A.A.; MENANDRO, M.S.; JESUS, R.M.; BAITELLO, J.B.; AGUIAR, O.T. de; DÖBEREINER, J. Levantamento da nodulação de leguminosas florestais nativas na região sudeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.143-153, 1984.
- FERREIRA, M.G.M. **Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas**. Viçosa, 1977. 41p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- FRIENDSHIP-KELLER, R.A.; TSUJITA, M.J.; ORMROD, D.P. Light acclimatization effects on japanese maple for interior use. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.5, p.929-931, 1987.
- GAIAD, S.; CARPANEZZI, A.A. Ocorrência de Rhizobium em leguminosas de interesse silvicultural para a região sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.156-158, 1984.
- GALVÃO, F. **Contribuição para a autoecologia de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (timbaúva)**. Curitiba, 1979. 88p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

- GALVÃO, F. **Variação sazonal da fotossíntese líquida e respiração de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Ilex paraguariensis* St. Hil. e *Podocarpus lambertii* Kl. em função da intensidade luminosa e temperatura.** Curitiba, 1986. 116p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.
- GERDEMANN, J.W. ; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions/ British Mycological Society**, Cambridge, n.46, p.235-246, 1963.
- GHAHAM, J.H.; LEONARD, R.T.; MENGE, J.A. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. **Plant Physiology**, Rockville, v.68, n.3, p.548-552, 1981.
- GOULET, F. BELLEFLEUR, P. Leaf morphology plasticity in response to light environment in deciduous tree species and its implication on forest succession. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.16, n.6, p.1192-1195, 1986.
- GRAÇA, M.E.C. **Influence of light intensity on growth nodulation and nitrogen fixation of selected woody actinorhizal species.** Tese (Doutorado) - Purdue University. s.l.], 1983. 109p.
- GRIME, J.P. **Estratégias de adaptación de las plantas que controlam la vegetación.** México: Limasa, 1982. 291p.
- HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. **The physiology of plants under stress.** New York: J. Wiley, 1987. 206p.
- HAYMAN, D.S. Plant growth responses vesicular-arbuscular mycorrhiza. VI. Effect of light and temperature. **New Phytologist**, Cambridge, n.73, p.71-80, 1974.
- HEATH, O.V.S. **Physiologie der photosynthese.** Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 1972. 314p.

- HISCOX, J.D.; ISRAELSTAM, G.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, n.57, p.1332-1334, 1979.
- HOGAN, K.P.; SMITH, A.P.; SAMANIEGO, M. Gas exchange in six tropical semi-deciduous forest canopy tree species during the wet and dry seasons. **Biotropica**, St. Louis, v.27, n.3, p.324-333, 1995.
- IGBOANUGO, A.B.I. Adaptation to changes in illumination of chloroplast structure, chlorophyll content and light transmission of mature leaves of some deciduous tree seedlings. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taipei, v.30, n.2, p.133-142, 1989.
- INOUE, M.T. **Fundamentos ecofisiológicos para a silvicultura de *Cedrela* spp.** Curitiba, 1978: 91p. (Tese - Professor) - Universidade Federal do Paraná.
- INOUE, M.T. Photosynthesis and transpiration in *Cedrella fissilis* Vell., seedlings in relation to light intensity and temperature. **Turrialba**, San Jose, v.30, n.3, p.280-283, 1980.
- INOUE, M.T. Bases ecofisiológicas para a silvicultura de espécies nativas. In: INOUE, M.T.; REICHMANN NETO, F.; CARVALHO, P.E.R.; TORRES, M.A.V. **A silvicultura de espécies nativas**. Curitiba: FUPEF, 1983. p.1-18.
- INOUE, M.T. Estudo comparativo da fotossíntese, transpiração e resistência difusiva em clones jovens de *Populus nigra* e *P. trichocarpa* em relação à radiação solar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.1, n.1, p.25-29, 1989.
- INOUE, M.T. Efeito persistente da adubação com nitrogênio e magnésio sobre o conteúdo de pigmentos em acículas de *Picea abies*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). **Anais**. São Paulo: SBS/ABEF, 1993. p.244-246.
- INOUE, M.T.; CONEGLIAN, S.J.G. A poluição urbana e seu efeito sobre o conteúdo de clorofila em *Ligustrum lucidum* da arborização de Curitiba,PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (3.:1991: Viçosa. **Anais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

INOUE, M.T.; GALVÃO, F. Desempenho assimilatório de *Mimosa scabrella*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Matayba elaeagnoides*, em dependência da intensidade luminosa. **Acta Forestalia Brasiliensis**, Curitiba, v.1, n.1, p.89-98, 1986.

INOUE, M.T.; GALVÃO, F.; TORRES, D.V. Estudo ecofisiológico sobre *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.: fotossíntese em dependência à luz no estágio juvenil. **Floresta**, Curitiba, v.10, n.1, p. 1979.

INOUE, M.T.; RODERJAN, C.V.; KUNIYOSHI, Y.S. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 1984. 260p.

INOUE, M.T.; REISSMANN, C.B.; WANDEMBRUCK, A.; MORES, M.; CONEGLIAN, S.J.G. Efeitos da poluição na fotossíntese, conteúdo de ferro e cobre e dimensões das folhas de alfeneiro (*Ligustrum lucidum*) da arborização de Curitiba,PR. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA (3.: 1990: Curitiba). **III Encontro ...** Curitiba: FUPEF, 1990. p.170-180.

JACKSON, M.L. **Análisis químico de suelos**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1964.

JESUS, R.M. DE.; LOGISTER, F.; MENANDRO, M.S. Efeito da luminosidade e do substrato na produção de mudas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. (LOURO). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL (6.: 1988: Nova Prata). **Anais**. Nova Prata: Prefeitura Municipal/Meridional, 1988. v.1, p.459-469.

JESUS, R.M.; GARCIA, A.; TSUTSUMI, I. Comportamento de doze espécies florestais da mata atlântica em povoamentos puros. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS (2.: 1992: São Paulo). **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.491-496. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v.4, parte 2, edição especial, 1992.

JOHNSON, C.; FRANCO, A.C.; CALDAS, L.S. Fotossíntese e resistência foliar em espécies nativas do cerrado: metodologia e resultados preliminares. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.6, n.2, p.91-97, 1983.

- JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. **Analytical methods**. California Agricultural Experiment Station, 1959. (Bull., 766).
- JONES, R.H.; McLEOD, K.W. Growth and photosynthetic response to a range of light environments in chinese tallowtree e carolina ash seedlings. **Forest Science**, Washington, v.36, n.4, p.851-862, 1990.
- KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F. de A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. IPEF, Piracicaba, n.41/42, p.83-93, 1989.
- KAGEYAMA, P.Y. **Plantação de essências nativas, florestas de proteção e reflorestamentos mistos**. Piracicaba: s.n., 1990. 9p. (Documentos Florestais, 8).
- KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic Press, 1991. 657p.
- KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.745p.
- KRZAK, J.; DONG, P.H.; BUTTNER, G.; HUTTERMANN, A.; KRAMER, H.; ULRICH, B. Photosynthesis, nutrient, growth and soil investigations of a declining norway spruce (*Picea abies*) stand. **Forestry Ecology and Management**, Amsterdam, v.24, n.4, p.263-281, 1988.
- KWESIGA, F.R.; GRACE, J.R.; SANDFORD, A.P. Some photosynthetic characteristics of tropical timber trees as affected by light regime during growth. **Annals of Botany**, London, n.58, p.23-32, 1986.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária, 1986. 319p.
- LEE, N.; WETZSTEIN, H.Y.; SOMMER, H.E. Effects of quantum flux density on photosynthesis and chloroplast ultrastructure in tissue-cultured plantlets and seedlings of *Liquidambar styraciflua* L. 1985. towards improved acclimatization field survival. **Plant Physiology**, Rockville, v.78, n..3, p.637-641, 1985.

- LEVITT, J. **Introduction to plant physiology**. Saint Louis: C V. Mosby Co. 1974. 447p.
- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, San Diego, n.148, p.350-382, 1987.
- LICHTENTHALER, H.K.; WELLBURN, A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, Essex, n.11, p.591-592, 1983.
- LIMA, H.C. de. *Centrolobium Martius* ex Bentham (Leguminosae - Papilionoideae) - Estudo taxonômico das espécies brasileiras extra-amazônicas. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v.27,p.177-191,1983/1985.
- LIMA FILHO, J.M.P. Ecofisiologia do umbuzeiro. I- Fotossíntese e transpiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (5.: 1995: Lavras). **Resumos**. Lavras: UFLA, 1995. p.287.
- LOACH, K. Shade tolerance in tree seedlings. I. Leaf photosynthesis and respiration in plants raised under artificial shade. **New Phytologist**, Cambridge, n.66, p.607-621, 1967.
- LONGHI, R.A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul**. Porto Alegre: L & PM, 1995. 174P.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.1-19, jan./abr. 1983.
- LOPEZ, J.A.; LITTLE JUNIOR, E.L.; RITZ, G.F.; ROMBOLD, J.S.; HAHN, W.J. **Arboles comunes del Paraguay; ñande yvyra kuera**. Washington: Cuerpo de Paz, 1987. 425p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. Catálogo das madeiras da Amazônia. Belém: SUDAM, 1969. v.1, 433p.
- LUGO, K.T. **Growth of trees seedlings as affected by light intensity V. White ash, beech, eastern hemlock, and general conclusions.** Ottawa: Dept. of the Environment Canadian For. Service, 1973. 12p. (Publ., 1323)
- MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M.; DAVIDE, A.C. Aclimatação fotossintética em mudas de *Schizolobium parahybum* e *Hymenaea stilbocarpa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (5.: 1995: Lavras). **Resumos.** Lavras: UFLA, 1995. p.294.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. Academic Press. 1995. 889p.
- MARTIN, C.E.; WARNER, D.A. The effects of dessication on concentrations and a/b ratios of chlorophyll in *Leucobryum glaucum* and *Thuidium delicatulum*. **New Phytologist**, Cambridge, n.96, p.545-550, 1984.
- MARTINEZ-RAMOS, M. Claros, ciclos vitales de los arboles tropicales y regeneracion natural de las selvas perenifolias. In: GOMES-POMPA, A., DEL AMO, R. S., **Investigaciones sobre la regeneracion de selvas altas.** Veracruz - Mexico. II. Mexico: Alhambra Mexicana, 1985. p.191-40.
- MARTINS, R. de O.; VARELA, V.P. Influência da profundidade da sementeira e sombreamento na produção de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Silvicultura**, São Paulo, v.11, n.41, p.74-75, 1986.
- McKEVLIN, M.R.; HOOK; D.D.; McKEE JR, W.H. Growth and nutrient use efficiency of water tupelo seedlings in flooded and well-drained soil. **Tree Physiology**, Victoria, n.15, p.753-758, 1995.
- MEDINA, E.; FRANCISCO, M. Photosynthesis and water relations of savanna tree species differing in leaf phenology. **Tree Physiology**, Victoria, n.14, p.1367-1381, 1994.

- MENGE, J.A.; STERILE, D.; BAGYARAJ, D.J.; JONHSON, E.L.V.; LEONARD, R.T. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition for mycorrhizal infection. *New Phytologist*, Cambridge, n.80, p.575-578, 1978.
- MOAWAD, M. Nutzung der vesikulär-arbuskulären mykorrhiza in tropischer Pflanzenbau. *Angewandte Botanik*, Berlin, n.53, p.99-109, 1979.
- MODESTO, A.C.; OLIVEIRA, L.M. de Q. Crescimento em plantas de *Guazuma ulmifolia* Lam. com 50 dias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (5.: 1995: Lavras). **Resumos**. Lavras: UFLA, 1995. p.68.
- MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; VINHA, S.G. da. Estudios de restauración ecológica en la región del Bosque Atlántico de Bahía, Brasil. *Yvyrareta*, Misiones, v.5, n.5, p.9-23, 1994a.
- MONTAGNINI, F.; FERNANDEZ, R.; HAMILTON, H. Relaciones entre especies nativas y la fertilidad de los suelos. Parte 1: contenido de elementos en la biomasa. *Yvyrareta*, Misiones, v.6, n.6, p.5-12, 1994b.
- MORAES NETO, S.P. **Crescimento das mudas de três espécies florestais em função da idade e da luminosidade**. Curitiba, 1992. 55p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, n.11, p.171-196, 1973.
- NAVES, V.L.; ALVARENGA, A.A. de.; DAVIDE, L.E.M. de. Efeito da luminosidade sobre o desenvolvimento e composição química de duas espécies florestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA (2.: 1990: Viçosa). **Resumos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. p.30.
- NAVES, V.L. **Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofilas e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa**. Lavras, 1993. 76p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.



- NYGREN, 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, n.7, p.119-132, 1983/1984.
- OLIVEIRA, M.N.S. de.; OLIVEIRA, L.E.M.; SOARES, A.M. Comportamento de plantas jovens de algumas espécies frutíferas tropicais e subtropicais nas condições de Lavras-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (5.: 1995: Lavras). **Resumos**. Lavras: UFLA, 1995. p.309.
- OLIVEIRA, O.S. A andiroba (*Carapa guianensis*) e seu comportamento silvicultural em diferentes intensidades de luz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORESTAS TROPICAIS (1.: 1974: Viçosa). **Anais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1974. p.579-590.
- OLIVEIRA, O.S.; HOPPE, J.M.; CHAMPANHOL, E.L. Efeitos do sombreamento em mudas de *Cabralea glaberrima* Juss. sob condições de viveiro. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.11, p.113-117, 1989.
- OLIVEIRA FILHO, A.T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programa de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.64-72, 1994.
- ORTEGA, L.S. de. Temperamento de luz de los arboles del alto Paraná y potencial de regeneración forestal. **Ka'a guy: revista forestal del Paraguay**, Asunción, v.11, n.1, p.16-20, 1995.
- OSWALD, R.; ZIEGLER, R. Zur Frühdiagnose und Klassifizierung immissionsbedingter Schäden an Buchen. **Allgemeine Forst Zeitschrift**, Munich, n.26, p.698-700, 1986.
- PANDURO, A.M.R. **Análise do comportamento da alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes condições de iluminamento**. Piracicaba, 1986. 129p. Tese (Mestrado) - ESALQ,

- PARANÁ. Universidade Federal. Centro de Pesquisas Florestais. **Inventário de reconhecimento do Parque Nacional do Iguaçu**. Curitiba, 1968. 29p.
- PAULILO, M.T.S.; BESFORD, R.T.; WILKINS, D. Rubisco and PEP carboxylase response to changing irradiance in a Brazilian Cerrado tree species (*Qualea grandiflora* Mart.) (Vochysiaceae). **Tree Physiology**, Victoria, n.14, p.165-177, 1994.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo**. Londrina: Fundação IAPAR. 1991. p.19-20.
- PEDROSO, S.G.; VARELA, V.P. Efeito do sombreamento no crescimento de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.1, p.47-51, 1995.
- PENNINGTON, T.D. **Meliaceae**. New York: New York Botanical Garden, 1981. 470p. (Flora Neotropica. Monograph, 28).
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions/ British Mycological Society**, Cambridge, n.55, p.158-161, 1970.
- PINTO, A.M.; VARELA, V.P. Influência do sombreamento no desenvolvimento de mudas de louro-pirarucu (*Licaria canella* Meissn. Kosterm). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. Trabalhos voluntários e posters. p.762.v.2.
- POGGIANI, F.; BRUNI, S.; BARBOSA, E.S.Q. Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de três espécies florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS (2.:1992: São Paulo). **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.564-569.
- PORRA, R.J.; THOMPSON, W.A.; KRIEDMANN, P.E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophyll a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, n.975, p.384-394, 1989.

- POTT, A.; POTT, V. **Plantas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA-SPI, Corumbá: EMBRAPA - CPAPantanal; 1994. 320p.
- RAMANUJAM, T.; JOS, J.S. Influence of light intensity on chlorophyll distribution and anatomical characters of cassava leaves. **Turrialba**, San Jose, v.34, n.4, p.467-472, 1984.
- REIS, G.G. dos.; REIS, M. das G.F.; PAULA, R.C. de.; MAESTRI, M.; BORGES, E.E. L. e. Crescimento e ponto de compensação lumínico em mudas de espécies florestais nativas submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n.2, p.97-106, 1994.
- REIS, M. dos G.F.; REIS, G.G. dos; REGAZZI, A.J.; LELES, P.S. dos S. Crescimento e forma do fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.23-34, 1991.
- REISSMANN, C.B.; SANTOS FILHO, A.; ROCHA, A.O. da. Composição química foliar do palmito (*Euterpe edulis*, Mart.) em quatro sítios distintos da mata atlântica do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (6.: 1990: Campos do Jordão). **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1990, p.662-666.
- REISSMANN, C.B.; SANTOS FILHO, A.; ROCHA, H.O.da.; ZÖTTL, H.W.; BLUM, W.E.H. Crescimento e níveis de macro e micronutrientes em *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* sobre solos derivados do grupo Itararé (Carbonífero). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.9, n.1/2, p.113-119, 1987.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n.28/30, p.3-320, 1978.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, n.34/35, p.1-525, 1983.

- RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**; Manual de dendrologia brasileira. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 294p.
- SALGADO, M.A.S.; REZENDE, A.V.; FELFILE, J.M. Estudo do comportamento de *Cryptocaria aschersoniana* Mez., submetida à diferentes níveis de sombreamento em viveiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47., 1996, Nova Friburgo. **Resumos**. Rio de Janeiro: Sociedade Botânica do Brasil, 1996. p.388.
- SANTOS, O.M.; VINHA, S.G. da. Ocorrência de micorrizas em árvores nativas do Sul da Bahia, 1. Estação Ecológica do Pau-brasil. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v.12, n.4, p.261-265, 1982.
- SANTOS, S.H.M. dos.; SOARES, A.M.; OLIVEIRA, L.E.M. de.; COSTA, J.R.L.; MELO, J.L. de. Efeitos de diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa sobre o crescimento e o teor de clorofilas em plantas juvenis de espécies florestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (5.: 1995: Lavras). **Resumos**. Lavras: UFLA, 1995. p.344.
- SCALON, S.P.Q. **Estudo da germinação de sementes e produção de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.)**. Lavras, 1991, 62p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- SCHENK, W. The relationship between light distribution and chlorophyll content of the bark and leaves of shoots of woody plants. **Planta**, Berlin, v.41, n, 3, p.290-310, 1952.
- SCHENCK, N.C.; GRAHAM, S.O.; GREEN, N.E. Temperature and light effect on contamination and spore germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycologia**, Bronx, n.67, p.1189-1192, 1975.
- SCHMIDT, P.B.; VOLPATO, E. Aspectos silviculturais de algumas espécies nativas da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v.2, n.2, p.99-122, 1972.
- SEELEY, G.R.; DUNCAN, M.J. & VIDAVER, W.I. Preparative and analytical extraction of pigments from brown algae with dimethylsulfoxide. **Marine Biology**, Berlin, n.12, p.184-188, 1972.

- SEITZ, R.A. **Algumas características ecológicas e silviculturais do vassourão-branco** (*Piptocarpha angustifolia* Dusén). Curitiba, 1976. 114p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- SEYBOLD, A.; EGGLE, K. Lichtfeld und Blattfarbstoffe. I. *Planta*, Berlin, n.26, p.491-515, 1937.
- SHEORAN, I.S.; SINGH, R. Effect of heavy metals on photosynthesis in higher plants. In: ABROL, Y.P.; MOHANTY, P.; GOVINDJEE. **Photosynthesis: photoreactions to plant productivity**. Dordrecht: Kluwer Academic Pub., 1993. p. 451-468.
- SHIMIZU, J.Y.; KAGEYAMA, P.Y.; HIGA, A.R. **Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de essências florestais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. 34p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 11).
- SHOAF, W.T.; LIUM, B.W. Improved extraction of chlorophyll a and b from algae using dimethylsulfoxide. *Limnology and Oceanography*, Seattle, n.21, p.920-928, 1976.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnologia do solo; fundamentos e perspectivas**. Brasília: Ministério da Educação, 1988. 235p.
- SOBRADO, M. Leaf age effects on photosynthetic rate, transpiration rate and nitrogen content in a tropical dry forest. *Physiology Plantarum*, Copenhagen, n.90, p.210-215, 1994.
- SONDAHL, M.R.; CROCOMO, O.J.; SODEK, L. Measurements of  $^{14}\text{C}$  incorporation by illuminated intact leaves of coffee plants from gas mixtures containing  $^{14}\text{CO}_2$ . *Journal of Experimental Botany*, Oxford, n.27, p.1187-1195, 1976.
- SOUZA, L.J.B. de. **Fotomorfose e crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. no viveiro e no plantio de enriquecimento em linhas**. Curitiba, 1981. 117p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

- SOUZA, R.P. de.; VÁLIO, I.F.M. Influência de sombreamento sobre a atividade fotossintética em *Cecropia glazioui*, *Schizolobium parahyba* e *Chorisia speciosa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (5.: 1995: Lavras). **Resumos**. Lavras: UFLA, 1995a. p.305.
- SOUZA, R.P. de.; VÁLIO, I.F.M. Influência de sombreamento sobre a atividade fotossintética em *Esenbeckia leiocarpa*, *Myroxylon peruiferum* e *Hymenaea courbaril*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL (5.: 1995: Lavras). **Resumos**. Lavras: UFLA, 1995b. p.306.
- SPURR, H.S.; BARNES, B.V. **Forest ecology**. 3. ed. New York: J. Willey, 1980. 687p.
- STURION, J.A.; IEDE, E.T. Influência da profundidade de semeadura, cobertura do canteiro e sombreamento na formação de mudas de *Ocotea porosa* (Nees) Liberato Barroso (imbuia). **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.28, p.513-516, 1982.
- STURION, J.A. Influência da profundidade de semeadura, cobertura do canteiro e sombreamento, na formação de mudas de *Prunus brasiliensis* Schott ex Spreng. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.1, p.50-75, 1980.
- STUTZ, J.C.; FREY, D.R. Altered light levels on growth, fruiting and leaf characteristics of natural stands of *Ilex opaca*. **HortScience**, Alexandria, v.15, n.1, p.94-96. 1980.
- SWAINE, M.D.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, Dordrecht, v.75, p.81-86, 1988.
- TANG, Z.; LAND JR., S.B. Photosynthesis and leaf water relations in four american sycamore clones. **Forest Science**, Washington, v.41, n.4, p.729-743, 1995.
- THORNBUR, J.P. Chlorophyll-proteins: light-harvesting and reaction center components of plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.26, p.127-158, 1975.

- TINOCO, C.O.; VASQUEZ-YANEZ, C. Diferencias en poblaciones de *Piper hispidum* bajo condiciones de luz contrastante en una selva alta perenifolia. In: GOMEZ-POMPA, A.; AMO, R.S. (Ed.) **Investigaciones sobre la regeneracion de Selvas Altas en Veracruz, México**. México: Editorial Alhambra Mexicana, 1985. Tomo II, p.267-281.
- TORRES, D.V. **Influência da luz no desenvolvimento das mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. Curitiba, 1980. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- VARELA, V.P.; SANTOS, J. dos. Influência do sombreamento na produção de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazonica**, Manaus, v.22, n.3, p.407-411, 1992.
- VIEIRA, L.S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1975. 464p.
- VILLEGAS, V.L.A.; CUNHA, R.J.P.; POLITANO, W.; GARRIDO, M.A.; STIPP, N.A. Análise foliar de cinco espécies florestais nativas. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.33, p.211-224, 1976.
- WHATLEY, J.M.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EDUSP, 1982. 101p. (Temas de Biologia, 30).
- WIEBEL, J.; CHACKO, E.K.; DOWNTON, W.J.S. & LUDDERS, P. Influence of irradiance on photosynthesis, morphology and growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, n.14, p.263-274, 1994.
- WILCOX, H.E. Mycorrhizae. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.). **The plant root, the hidden half**. New York: M. DeKker,. 1991. p. 731-765.
- ZOTIKOVA, A.P.; ANANEV, G.M.; ALLARKHVERDIEV, S.I., GANAGO, I.B.; SIMONOVA, E.I. Spectral and functional properties of chloroplasts in light and dark-grown seedlings. **Soviet Plant Physiology**, New York, v.34, n.3, p.445-452. 1987.

ANEXO 1 Coeficientes de correlação e níveis de significancia das variaveis estudadas do arariba-rosa, no substrato Colombo

	ALTURA	DCOLO	MST	MSA	MSR	AF	AEF	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	NR	NPS	MA	CLOA	CLOB	CLOT TOTAL	PCACB	FOTO	TRANP	LUM
ALTURA	1,0000	0,4102	0,2762	0,3229	0,2481	0,6664	0,4191	-0,1909	-0,1070	-0,7221	-0,3240	0,4796	0,2270	0,6395	0,3212	0,1976	0,2505	-0,0234	-0,0697	0,1774	0,3645	0,3722	-0,0693	-0,1376	-0,2209	-0,2749
0,0000	0,0725	0,2334	0,1626	0,2916	0,0012	0,0659	0,4200	0,6536	0,1661	0,1634	0,0328	0,3259	0,0024	0,1537	0,4038	0,2868	0,9887	0,7702	0,1009	0,1141	0,1060	0,7716	0,5629	0,2494	0,2408	
DCOLO	0,4102	1,0000	0,8494	0,8352	0,8567	-0,0955	-0,4556	0,2102	-0,2665	-0,2937	-0,8543	-0,3818	0,2625	0,5244	-0,4629	-0,1593	0,7192	0,6555	0,5564	-0,5000	-0,5052	-0,5023	0,4307	0,5075	0,0850	0,6096
0,0725	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6887	0,0425	0,2738	0,2560	0,2088	0,0000	0,0967	0,2634	0,0152	0,0399	0,5022	0,0004	0,0017	0,0108	0,0248	0,0221	0,0240	0,0580	0,0224	0,7216	0,0043
MST	0,2762	0,8494	1,0000	0,9873	0,9921	-0,2613	-0,6436	0,0168	-0,3631	-0,5453	-0,8813	-0,5756	0,1033	0,4710	-0,6278	-0,2191	0,8121	0,6193	0,6647	0,6437	-0,6485	-0,6459	0,5021	0,2226	-0,0774	0,6902
0,2334	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2659	0,0022	0,9441	0,1156	0,0129	0,0000	0,0079	0,6647	0,0029	0,0000	0,0021	0,3533	0,0000	0,0036	0,0014	0,0020	0,0020	0,0241	0,1654	0,7457	0,0008
MSA	0,3229	0,8352	0,9873	1,0000	0,9618	-0,1651	-0,5964	-0,0446	-0,3974	-0,6174	-0,8880	-0,5122	0,0482	0,5320	-0,6010	-0,1988	0,7496	0,5885	0,6302	-0,6164	-0,6186	-0,6175	0,4364	0,2790	-0,1085	0,6389
0,1626	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4866	0,0055	0,8511	0,0827	0,0027	0,0000	0,0209	0,8298	0,0155	0,0051	0,4007	0,0001	0,0063	0,0029	0,0038	0,0026	0,0037	0,0544	0,2391	0,6490	0,0024	
MSR	0,2481	0,8567	0,9921	0,9618	1,0000	-0,3208	-0,6639	0,0506	-0,3313	-0,4712	-0,8648	-0,6069	0,1388	0,4349	-0,6184	-0,2267	0,8470	0,6264	0,6896	-0,6459	-0,6526	-0,6492	0,5489	0,3529	-0,0656	0,7159
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1637	0,0014	0,8222	0,1526	0,0360	0,0000	0,0046	0,5594	0,0523	0,0037	0,3266	0,0000	0,0026	0,0012	0,0018	0,0022	0,0122	0,1269	0,7826	0,0004		
AF	0,6664	-0,0955	-0,2613	-0,1651	-0,3208	1,0000	0,6484	-0,2151	0,0665	-0,1511	0,0430	0,6522	0,0899	0,4134	0,5046	0,4058	-0,3365	-0,1621	-0,3640	0,5806	0,5866	0,5824	-0,4508	-0,3060	0,0301	-0,5522
0,0013	0,6887	0,2659	0,4866	0,1637	0,0000	0,0020	0,2620	0,7805	0,5248	0,4573	0,0018	0,7062	0,0665	0,0233	0,0758	0,1469	0,1167	0,1146	0,5806	0,5866	0,0069	0,0069	0,0460	0,1895	0,8985	0,0114
AEF	0,4191	-0,4556	-0,6436	-0,5964	-0,6639	0,6484	1,0000	-0,2509	0,3026	0,1373	0,5812	0,8962	0,0180	-0,1010	0,8518	0,4787	-0,6112	-0,6903	-0,6255	0,8806	0,8980	0,8881	-0,7816	-0,5210	-0,1916	-0,9249
0,0659	0,4250	0,0022	0,0055	0,0014	0,0020	0,0000	0,2860	0,1947	0,5637	0,0072	0,0000	0,9400	0,6717	0,0000	0,0327	0,0042	0,0008	0,0032	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0185	0,4185	0,0000	
N	-0,1909	0,2102	0,0168	-0,0448	0,0506	-0,2153	-0,2509	1,0000	0,3310	0,5622	-0,1154	-0,0597	0,6266	0,1161	-0,3357	0,2191	0,0223	0,2802	0,4200	-0,1977	-0,2111	-0,2032	0,3463	0,2973	0,5016	0,4316
0,0000	0,3728	0,0468	0,8511	0,8222	0,2620	0,2860	0,0000	0,1539	0,0099	0,6279	0,8025	0,0031	0,1388	0,2353	0,9224	0,2314	0,0652	0,1480	0,4024	0,3902	0,1347	0,2021	0,0243	0,0243	0,0574	
P	-0,1070	-0,2665	-0,3631	-0,3974	-0,3313	0,0665	0,3026	0,3310	1,0000	0,7365	0,3507	0,4082	0,3634	-0,0599	0,2649	0,4712	-0,3529	-0,1519	-0,1594	0,5228	0,5250	0,5241	-0,2114	-0,2922	-0,0379	-0,2056
0,6536	0,2560	0,1156	0,0827	0,1536	0,7805	0,1947	0,5637	0,0000	0,0002	0,1296	0,0740	0,1153	0,8022	0,1137	0,0360	0,1269	0,5227	0,5019	0,0180	0,0175	0,0177	0,3709	0,2291	0,8754	0,3845	
K	-0,3221	-0,2937	-0,5453	-0,6174	-0,4712	-0,1511	0,1373	0,5622	1,0000	0,4458	0,2345	0,3875	-0,2251	0,2875	0,3282	-0,3289	-0,0625	0,1362	0,2941	0,2802	0,2887	0,0764	0,0839	0,2628	-0,0391	
0,1661	0,2088	0,0129	0,0037	0,0360	0,5248	0,5637	0,0099	0,0002	0,0000	0,4488	0,3197	0,1217	0,3401	0,2191	0,2179	0,1568	0,7935	0,5670	0,2082	0,2314	0,2171	0,7490	0,7251	0,2629	0,8701	
Ca	-0,3240	-0,8543	-0,8813	-0,8880	-0,8648	0,0430	0,5812	-0,1154	0,3507	0,4458	1,0000	0,5421	-0,2443	-0,6909	0,6666	0,1242	-0,7779	-0,7470	-0,6781	0,6579	0,6563	0,6575	-0,4314	0,4223	-0,1870	-0,7293
0,1634	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8572	0,0072	0,6279	0,1296	0,0488	0,0000	0,0135	0,2992	0,0000	0,0000	0,6014	0,0001	0,0002	0,0010	0,0016	0,0017	0,0016	0,0575	0,0636	0,4299	0,0002	
Mg	0,4796	-0,2818	-0,5756	-0,5122	-0,6069	0,6522	-0,0597	0,4082	0,2345	0,5421	1,0000	0,1063	0,0657	0,7841	0,4798	-0,5936	-0,5674	-0,5122	0,6020	0,8608	0,8608	0,8619	-0,5345	-0,4682	-0,1921	-0,8077
0,0328	0,0967	0,0079	0,0209	0,0046	0,0018	0,0000	0,8025	0,0740	0,3197	0,0125	0,0000	0,6557	0,7954	0,0000	0,0329	0,0058	0,0091	0,0209	0,3000	0,3000	0,3000	0,0152	0,0373	0,4173	0,0000	
Cu	0,2270	0,2625	0,1032	0,0482	0,1388	0,0599	0,0180	0,6266	0,3634	0,3575	-0,2443	0,1062	1,0000	0,1656	-0,2231	0,4799	0,1421	0,2248	0,4278	0,1006	0,9900	0,0964	0,1455	-0,0058	0,2412	0,2096
0,3259	0,2634	0,6547	0,8398	0,5594	0,7062	0,9400	0,0021	0,1153	0,1217	0,2993	0,6557	0,0000	0,4354	0,2444	0,0222	0,5500	0,2407	0,0600	0,6731	0,7059	0,6859	0,5405	0,9807	0,2057	0,3751	
Fe	0,6395	0,5244	0,4791	0,5330	0,4349	0,4134	-0,1010	0,1161	-0,0599	-0,2251	-0,6909	0,6500	0,1656	1,0000	-0,1742	0,0850	0,4511	0,4532	0,3059	-0,1709	-0,1780	-0,1738	0,2321	0,2261	0,2074	0,3030
0,0024	0,0152	0,0226	0,0155	0,0552	0,0562	0,6717	0,6261	0,8022	0,3401	0,0007	0,7854	0,4854	0,0000	0,4626	0,7260	0,0459	0,6447	0,1896	0,4713	0,4527	0,4638	0,3247	0,3378	0,2804	0,1941	
Mn	0,3212	-0,4625	-0,5260	-0,6010	-0,6184	0,5046	0,8518	-0,3251	0,2875	0,6666	0,7841	-0,2231	-0,1742	1,0000	0,2140	-0,5520	-0,7246	-0,7436	0,8474	0,8492	0,8485	-0,5373	-0,4715	-0,2897	-0,8517	
0,1537	0,0399	0,0031	0,0051	0,0037	0,0222	0,0000	0,1480	0,1137	0,2191	0,0013	0,0000	0,3444	0,4626	0,0000	0,1776	0,0116	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0146	0,0358	0,2154	0,0000
Zn	0,1976	-0,1593	-0,2191	-0,1988	-0,2267	0,4058	0,4787	0,2191	0,4712	0,2882	0,1242	0,4784	0,4799	0,0850	0,3140	1,0000	-0,3888	-0,2396	0,0400	0,3782	0,3994	0,3872	-0,4664	-0,3081	0,1854	-0,3422
0,4028	0,5022	0,3522	0,4007	0,3266	0,0758	0,0327	0,3533	0,0360	0,2179	0,6014	0,0322	0,0322	0,7216	0,1776	0,0000	0,0902	0,1430	0,1001	0,0912	0,1001	0,0916	0,0382	0,1862	0,4339	0,1398	
NR	0,2505	0,1923	0,9122	0,7496	0,8470	-0,3265	-0,6112	0,6232	-0,3529	-0,3289	-0,7779	-0,5936	0,1421	0,4511	-0,5520	-0,3888	1,0000	0,7681	0,5380	-0,6106	-0,6299	-0,6187	0,6697	0,5114	0,1296	0,6904
0,2868	0,0904	0,0000	0,0001	0,0000	0,1469	0,0042	0,9224	0,1269	0,1568	0,0001	0,0058	0,5500	0,0452	0,0116	0,0902	0,0000	0,0001	0,0144	0,0042	0,0029	0,0036	0,0012	0,0212	0,5860	0,0010	
NPS	-0,0234	0,6555	0,6193	0,5885	0,6364	-0,3621	-0,6903	0,2803	-0,1519	-0,0625	-0,7470	-0,3674	0,2248	0,4532	-0,7246	-0,3296	0,7681	1,0000	0,5551	-0,6718	-0,6845	-0,6772	0,6098	0,6737	0,2234	0,7872
0,9887	0,0017	0,0026	0,0063	0,0026	0,1167	0,0008	0,2314	0,5227	0,7935	0,0002	0,0091	0,3407	0,0447	0,0003	0,1420	0,0001	0,0000	0,0111	0,0009	0,0010	0,0043	0,0011	0,1642	0,0000		
MA	-0,0697	0,5564	0,6647	0,6202	0,6694	-0,3640	-0,6255	0,4200	-0,1594	-0,1362	-0,6781	-0,5122	0,4276	0,3059	-0,7436	0,0400	0,5380	0,5551	1,0000	-0,6828	-0,6828	-0,6839	0,4806	0,2774	0,1920	0,7516
0,7702	0,0108	0,0014	0,0029	0,0012	0,1146	0,0032	0,6652	0,5019	0,5670	0,0010																



ANEXO 2 Coeficientes de correlação e níveis de significância das variáveis estudadas do arariba-rosa, no substrato Santa Helena

	ALTURA	DCOLO	MST	MSA	MSR	AF	CLOA	CLOE	CLOT TOTAL	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	NR	NPS	MA	FOTO	TRANS	AEF	RCACB	LUM
ALTURA	1,0000	0,0729	0,2328	0,3395	0,0966	0,3752	0,5104	0,5338	0,5200	-0,0205	-0,2297	0,0498	0,1597	0,2655	-0,2496	-0,1166	-0,1191	-0,0746	-0,0926	-0,3034	-0,2112	-0,2957	-0,1911	0,2751	-0,0761	0,3401
DCOLO	0,0000	0,7599	0,3232	0,1431	0,7039	0,1051	0,0215	0,0152	0,0198	0,3317	0,3200	0,8348	0,5012	0,8785	0,2985	0,6246	0,6199	0,7547	0,6977	0,1935	0,3715	0,2056	0,4196	0,2404	0,7499	0,1424
MST	0,2328	0,0729	1,0000	0,3198	0,9124	-0,0939	-0,3786	-0,3623	-0,3726	-0,2244	-0,1828	-0,0477	-0,4098	-0,5925	-0,1158	-0,4857	-0,4110	0,1586	0,4358	0,0873	0,2423	0,3492	0,3131	-0,2346	-0,2529	0,1422
MSA	0,3395	0,0619	0,3198	1,0000	0,6890	0,0719	-0,1953	-0,1897	-0,1932	-0,3258	-0,3461	-0,0172	-0,1522	-0,5562	-0,2875	-0,3335	-0,4823	0,3953	0,4005	-0,0658	-0,0140	0,1339	0,2629	-0,0429	-0,0860	-0,0549
MSR	0,0966	0,8926	0,9124	0,6890	1,0000	-0,2903	-0,5077	-0,4835	-0,4987	-0,0705	0,0275	-0,0791	-0,5173	-0,5151	0,1175	-0,5049	-0,2419	0,0882	0,3999	0,2249	0,5103	0,4798	0,2982	-0,4137	-0,3790	0,3613
AF	0,3752	-0,2321	0,0939	0,0719	-0,2903	1,0000	0,4061	0,4048	0,4061	-0,1396	0,0197	0,0506	-0,0428	-0,2568	-0,2239	-0,1722	-0,0551	-0,0795	-0,1867	-0,6911	-0,3860	-0,1578	0,3723	0,1967	-0,4113	
CLOA	0,5104	-0,6127	-0,3786	-0,1953	-0,5077	0,4061	1,0000	0,8963	0,9994	-0,3012	-0,5848	-0,3027	0,4656	0,3560	-0,6007	-0,1005	-0,3086	-0,2300	-0,5848	-0,6798	-0,4799	-0,6678	-0,5542	0,8389	0,3141	-0,8599
CLOE	0,5338	-0,5979	-0,3623	-0,1897	-0,4835	0,4048	0,8963	1,0000	0,9986	-0,2843	-0,5821	-0,3329	0,4503	0,3701	-0,6019	-0,1262	-0,3018	-0,2394	-0,6020	-0,6755	-0,4687	-0,6599	-0,5610	0,8279	0,2347	-0,8589
CLOT TOTAL	0,5200	-0,6075	-0,3726	-0,1932	-0,4987	0,4061	0,9994	0,9986	1,0000	-0,2945	-0,5843	-0,3147	0,4600	0,3516	-0,6017	-0,1106	-0,3063	-0,2338	-0,5921	-0,6798	-0,4761	-0,6650	-0,5574	0,8354	0,2835	-0,8603
N	-0,0205	0,0000	-0,1240	-0,3258	-0,0705	-0,1396	-0,3012	-0,2843	-0,2949	1,0000	0,0000	0,5757	-0,0751	-0,0067	0,4752	0,5000	0,3910	0,8422	0,0116	0,2580	0,4962	0,2211	0,0726	-0,5743	-0,3198	0,4824
P	-0,2297	0,2261	-0,1929	-0,3461	0,0275	-0,0618	-0,5848	-0,5821	-0,5843	0,5757	1,0000	0,2682	-0,1817	0,0113	0,8796	0,3808	0,6580	0,1117	0,3534	0,6167	0,2251	0,2631	0,2436	-0,5770	-0,1475	0,7682
K	0,0498	0,2292	-0,0477	-0,0172	-0,0791	0,0197	-0,3027	-0,3329	-0,3147	-0,0751	0,2682	1,0000	-0,0668	-0,3174	0,1558	0,3846	0,1751	0,0148	0,1912	0,2376	0,0899	0,1926	0,2375	0,2734	0,2057	0,4017
Ca	0,1597	-0,5215	-0,4099	-0,1522	0,0506	0,4061	-0,5848	-0,5821	-0,5843	-0,0067	-0,1817	-0,0668	1,0000	0,0506	0,5168	-0,2494	-0,6149	0,1326	-0,1212	-0,2444	-0,3668	-0,2563	-0,5737	-0,2406	-0,2906	
Mg	0,2655	-0,6624	-0,5925	-0,5562	-0,5151	-0,0425	0,3560	0,3701	0,3616	0,4752	0,0113	-0,3174	0,5168	1,0000	-0,1239	0,3571	0,3890	-0,4098	-0,2947	-0,2124	-0,1565	-0,2556	0,1959	0,1017	-0,1111	-0,2073
Cu	-0,2496	0,2747	0,6268	0,2191	0,6219	0,2744	0,0051	0,0050	0,0050	0,0245	0,0000	0,5116	0,2890	0,5852	0,0000	0,2370	0,0150	0,6594	0,1765	0,0106	0,1188	0,2335	0,2067	0,0039	0,7322	0,6001
Fe	-0,1166	-0,2924	-0,4837	-0,3335	-0,5049	-0,2299	-0,1005	-0,1262	-0,1106	0,3981	0,3808	0,3846	0,6149	0,3571	0,2770	1,0000	0,5500	0,3983	0,0508	0,0917	-0,0109	-0,1139	-0,1029	-0,2066	0,2080	0,3383
Mn	-0,1191	-0,0942	-0,4110	-0,4823	-0,2419	-0,1722	-0,3086	-0,3018	-0,3063	0,8422	0,6548	0,1751	0,1326	0,3380	0,5355	0,5500	1,0000	0,0126	0,2137	0,6538	0,2495	0,0364	-0,0513	-0,4979	-0,2618	0,5628
Zn	-0,0746	0,2989	0,2586	0,3953	0,0882	-0,0551	-0,2300	-0,2394	-0,2338	0,0116	0,1117	0,0148	0,1212	-0,4098	0,1050	0,3883	0,0136	0,0000	0,4529	0,1895	-0,0675	-0,0458	-0,0156	-0,1463	0,0910	0,2055
NR	-0,0926	0,5734	0,4358	0,4005	0,3999	-0,0795	-0,5848	-0,6020	-0,5921	0,2580	0,3534	0,1912	-0,2444	-0,3947	0,3147	0,0508	0,3137	0,4529	1,0000	0,7959	0,1734	0,1639	0,4132	-0,5611	0,0219	0,5200
NPS	-0,3034	0,4332	0,0873	-0,0658	0,2249	-0,1867	-0,6798	-0,6755	-0,6788	0,4962	0,6167	0,2376	-0,3680	-0,2124	0,5877	0,0917	0,6578	0,1898	0,7959	1,0000	0,2913	0,2148	0,3609	-0,6838	-0,2817	0,6897
MA	-0,2112	0,5182	0,2423	-0,0174	0,5109	-0,5911	-0,4799	-0,4687	-0,4761	0,2211	0,2251	0,0899	-0,2563	-0,1569	0,3601	-0,0109	0,2495	-0,0675	0,1734	0,2913	1,0000	0,4877	0,1379	0,5103	-0,3042	0,6091
FOTO	-0,2957	0,4546	0,3492	0,1339	0,4798	-0,3860	-0,6678	-0,6589	-0,6650	0,1311	0,2631	0,1926	-0,5737	-0,2556	0,2790	-0,1139	0,0364	-0,0458	0,1639	0,2145	0,4877	1,0000	0,1844	-0,5600	-0,2603	0,5854
TRANS	-0,1911	0,3965	0,3131	0,2629	0,2982	-0,1578	-0,5542	-0,5610	-0,5574	0,0726	0,2436	0,2375	-0,3521	-0,1959	0,2950	-0,1029	-0,0513	-0,0156	0,3609	0,2913	0,4877	0,1844	1,0000	-0,4017	-0,0389	0,3215
AEF	0,2751	-0,5233	-0,2346	-0,0429	-0,4137	0,3723	0,8390	0,8278	0,8354	-0,5743	-0,5770	-0,2734	0,3723	0,1017	-0,6146	-0,2066	-0,4979	-0,1463	-0,5611	-0,6838	-0,5103	-0,5600	-0,4017	1,0000	0,3303	-0,8940
RCACB	-0,0761	-0,3034	-0,2529	-0,0860	-0,3790	0,1967	0,3141	0,2347	0,2835	-0,3195	-0,1475	0,2057	0,2406	-0,1121	-0,0817	0,2080	-0,2618	0,0310	0,0219	-0,2817	-0,3042	-0,2603	-0,0389	0,3303	1,0000	-0,2318
LUM	-0,3401	0,5360	0,1422	-0,0594	0,3613	-0,4113	-0,8599	-0,8589	-0,8603	0,4824	0,7682	0,4017	0,2306	-0,2073	0,7352	0,3383	0,5628	0,2055	0,3268	0,6897	0,6091	0,5854	0,3215	-0,8940	-0,2318	1,0000
	0,1424	0,0148	0,5497	0,8037	0,1176	0,0716	0,0000	0,0000	0,0000	0,0312	0,0001	0,0791	0,2138	0,3804	0,0001	0,1445	0,0098	0,3847	0,0162	0,0008	0,0044	0,0067	0,1668	0,0000	0,3254	0,0000

ANEXO 3 Coeficientes de correlação e níveis de significância das variáveis estudadas da canjarana, no substrato Colombo

	ALTURA	DCOLO	MST	MSA	MSR	AF	AEF	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	MA	CLOA	CLOB	CLOT TOTAL	RCACE	FOTO	TRANSP	LUM
ALTURA	1,0000	-0,4597	-0,0052	0,3439	-0,3403	0,4269	0,3998	0,9589	-0,0481	0,1268	-0,2257	-0,2743	0,1994	-0,0921	0,0153	-0,4748	0,0491	0,5731	0,5953	0,5793	-0,2098	0,1280	0,1981	-0,2294
DCOLO	0,0000	0,0414	0,0000	0,1376	0,0605	0,0993	0,0000	0,8404	0,5944	0,3387	0,2419	0,4016	0,6995	0,3990	0,0344	0,8370	0,0092	0,0066	0,0076	0,0038	-0,0876	-0,0437	0,8640	0,3306
MST	-0,0052	0,7273	1,0000	0,4007	0,8754	-0,7118	-0,8624	-0,5773	0,4304	-0,2042	0,1298	0,1276	-0,1349	-0,0481	-0,1235	0,0686	0,1438	-0,8669	-0,3697	-0,3682	0,0038	-0,0876	-0,0437	0,8640
MSA	0,3439	0,4007	0,8795	1,0000	0,5635	0,1071	-0,2477	0,1250	0,0169	-0,3729	0,1170	-0,0198	0,1674	0,0154	0,0421	-0,1424	0,2349	0,2109	-0,2166	-0,2132	0,1849	-0,1603	0,1222	0,3569
MSR	-0,3403	0,8754	0,8888	0,5635	1,0000	-0,6462	-0,8461	-0,4690	0,4405	-0,2820	0,2396	0,2711	0,0736	0,2070	-0,1132	0,1193	-0,0483	-0,8005	-0,7990	-0,3001	-0,0725	-0,2807	-0,0152	0,8150
AF	0,4269	-0,7118	-0,3136	0,1071	-0,6462	1,0000	0,8905	0,5132	-0,5272	-0,1041	0,0452	-0,1184	0,1143	-0,0475	0,3813	-0,0905	0,1453	0,6937	0,6775	0,6872	0,4968	-0,0085	0,0827	-0,8130
AEF	0,3998	-0,8624	-0,6257	-0,2477	-0,8461	0,8905	1,0000	0,5098	-0,4586	0,0511	-0,0030	-0,1892	0,1020	-0,0485	0,2729	-0,0564	0,0228	0,8058	0,7992	0,8033	0,2367	0,1129	0,1631	-0,9359
N	0,9589	-0,5773	-0,2013	0,1250	-0,4690	0,5132	0,5098	1,0000	-0,1228	0,2685	-0,3947	-0,1932	0,2506	0,1845	-0,0848	-0,4088	0,1062	0,6971	0,7099	0,7025	-0,2239	0,1302	0,2729	-0,4017
P	-0,0481	0,4304	0,2631	0,0169	0,4405	-0,5272	-0,4586	-0,1228	1,0000	0,2485	0,0932	-0,0386	0,0822	0,0815	-0,0529	-0,3953	-0,4190	-0,4075	-0,4144	-0,2675	0,1861	0,0471	0,3977	0,0000
K	0,1268	-0,2042	-0,3693	-0,3729	-0,4690	-0,1041	0,0511	0,2685	0,2485	1,0000	-0,4562	-0,1789	-0,1220	-0,2829	-0,2109	0,1039	0,0933	0,2560	0,2632	0,2589	-0,1700	0,4295	0,0559	-0,1927
Ca	-0,2257	0,1239	0,2026	0,1170	0,2396	0,0452	-0,0030	-0,3947	0,0932	-0,4562	1,0000	0,3998	0,3896	0,7512	0,4713	0,4131	-0,3538	-0,2961	-0,2980	-0,2972	0,1412	-0,0214	0,1515	0,0601
Mg	-0,2743	0,1276	0,1449	-0,0198	0,2711	-0,1184	-0,1892	-0,1832	-0,0386	-0,1788	0,3998	1,0000	0,3493	0,6143	-0,0441	0,4379	0,0803	-0,2160	-0,2071	-0,2124	-0,1076	0,0621	0,2599	0,1137
Cu	0,1984	-0,1349	0,1345	0,1674	0,0736	0,1143	0,1020	0,2506	0,0822	-0,1220	0,3896	0,3483	1,0000	0,3420	0,0946	0,2131	-0,1030	0,0516	0,0688	0,0588	-0,3037	0,1564	0,3033	-0,0374
Fe	-0,0921	-0,0481	0,1273	0,0140	0,2070	-0,0475	-0,0485	-0,1845	-0,0168	-0,2829	0,7512	0,6143	0,3420	1,0000	0,3059	0,3769	-0,2443	-0,1459	-0,1375	-0,1428	-0,1217	-0,1526	0,2926	0,0299
Mn	0,0153	-0,1235	-0,0426	0,0421	-0,1132	0,3813	0,2729	-0,0848	0,0815	-0,2109	0,4713	-0,0441	0,0846	0,3059	1,0000	-0,1344	-0,0421	-0,0227	-0,0394	-0,0298	0,4499	-0,1905	-0,1863	-0,2633
Zn	-0,4748	0,0686	-0,0107	-0,1424	0,1193	-0,0905	-0,0564	-0,4088	-0,0529	0,1039	0,4131	0,4379	0,2131	0,3769	-0,1344	1,0000	-0,2339	-0,2508	-0,2491	-0,2501	-0,0238	0,3361	0,3031	0,0269
MA	0,0491	0,1438	0,1028	0,2349	-0,0483	0,1453	0,0228	0,1062	-0,3853	0,0933	-0,3538	0,0903	-0,1030	-0,2443	-0,3421	-0,2339	1,0000	0,1511	0,1396	0,1466	0,2378	0,1124	0,0840	-0,0397
CLOA	0,5731	-0,8669	-0,5798	-0,2109	-0,8005	0,6937	0,8058	0,6971	-0,4190	0,2560	-0,2961	-0,2160	0,5160	-0,1459	-0,0227	-0,2508	0,1511	1,0000	0,9991	0,9998	0,0503	0,2241	0,1798	-0,3224
CLOB	0,5858	-0,8697	-0,5811	-0,2166	-0,7990	0,6775	0,7992	0,7099	-0,4075	0,2632	-0,2980	-0,2071	0,0689	-0,1375	-0,0394	-0,2491	0,1396	0,9991	1,0000	0,9997	0,0094	0,2378	0,1953	-0,8137
CLOT TOTAL	0,5793	-0,8682	-0,5799	-0,2132	-0,8001	0,6872	0,8033	0,7025	-0,4144	0,2589	-0,2972	-0,2124	0,0588	-0,1428	-0,0298	-0,2501	0,1466	0,9998	0,9997	1,0000	0,0335	0,2299	0,1863	-0,8190
RCACE	-0,2098	0,0039	0,0610	0,1849	-0,0725	0,4968	0,2367	-0,2239	-0,2675	-0,1700	0,1412	-0,1076	-0,3037	-0,1217	0,4499	-0,0239	0,2378	0,0503	0,0094	0,0335	1,0000	-0,2431	-0,2418	-0,2840
FOTO	0,1280	-0,0876	-0,2505	-0,1603	-0,2807	-0,0085	0,1129	0,1302	0,1861	0,4295	-2,1400	0,0621	0,1564	-0,1526	-0,1905	0,3361	0,1124	0,2241	0,2378	0,2299	-0,2431	1,0000	0,4945	-0,1311
TRANSP	0,1981	-0,0437	0,0584	0,1222	-0,0152	0,0827	0,1631	0,2729	0,0471	0,0539	0,1515	0,2599	0,3033	0,2926	-0,1863	0,3031	0,0840	0,1798	0,1953	0,1863	-0,2419	0,4945	1,0000	-0,1364
LUM	-0,2294	0,3640	0,6686	0,3569	0,8150	-0,8130	-0,9359	-0,4017	0,3977	-0,1927	0,0601	0,1137	-0,0374	0,0295	-0,2633	0,0269	-0,0397	-0,8224	-0,8137	-0,8190	-0,2840	-0,1311	-0,1364	1,0000
	0,3306	0,0000	0,0013	0,1224	0,0000	0,0000	0,0000	0,0792	0,0825	0,4157	0,8013	0,6332	0,8756	0,9016	0,2620	0,9102	0,8682	0,0000	0,0000	0,0000	0,2249	0,5816	0,5662	0,0000

ANEXO 4 Coeficientes de correlação e níveis de significância das variáveis estudadas da canjarana, no substrato Santa Helena

	ALTURA	DCOLO	MST	MSA	MSR	AF	AEF	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	MA	CLOA	CLOB	CLOT TOTAL	RCACB	FOTO	TRANS	LUM
ALTURA	1,0000 0,0000	-0,0193 0,3391	-0,1750 0,4606	0,2930 0,2100	-0,2699 0,2519	0,6204 0,0035	0,3901 0,0891	0,5501 0,0120	-0,1541 0,5166	0,0484 0,8394	-0,0588 0,8055	0,1226 0,6067	0,1098 0,6480	-0,2584 0,2712	0,1930 0,4150	0,1267 0,5946	0,0171 0,9430	0,6465 0,0021	-0,6659 0,0014	0,6542 0,0019	-0,4442 0,0498	-0,2597 0,2689	-0,2206 0,3500	-0,3797 0,0987
DCOLO	-0,0193 0,3391	1,0000 0,0000	0,2221 0,3466	0,0112 0,9627	0,4536 0,0446	-0,3359 0,1476	-0,5096 0,0217	-0,4431 0,0504	-0,0167 0,9444	-0,0757 0,7510	-0,0026 0,9912	0,2494 0,2899	-0,2397 0,3109	-0,1141 0,6321	0,2226 0,3455	0,4650 0,0431	-0,2650 0,2523	-0,6229 0,0034	-0,6043 0,0048	-0,6160 0,0039	-0,1464 0,5380	0,2037 0,3989	-0,2543 0,2793	0,6390 0,0024
MST	-0,1750 0,4606	0,2221 0,3466	1,0000 0,0000	0,6546 0,0017	0,8359 0,0000	0,6546 0,4339	0,1954 0,3116	0,2393 0,9831	0,0051 0,8735	0,0380 0,0089	0,5695 0,1978	-0,3006 0,0819	-0,2579 0,2722	-0,2613 0,2659	-0,1119 0,6399	-0,0592 0,8041	0,1408 0,5537	-0,1740 0,4630	-0,1747 0,4613	-0,1743 0,4624	0,1079 0,6508	-0,2049 0,3861	0,3517 0,1284	-0,1878 0,4280
MSA	0,2930 0,2100	0,0112 0,9627	0,6546 0,0000	1,0000 0,0000	0,2134 0,3663	0,6139 0,0000	0,5370 0,0146	0,2998 0,1991	-0,0719 0,7631	0,3966 0,0483	0,0005 0,0000	-0,1985 0,4015	-0,1414 0,5522	-0,2120 0,3695	0,2459 0,2960	-0,1697 0,4745	0,2121 0,3694	0,2777 0,2359	0,2905 0,2140	0,2929 0,3180	-0,2353 0,3190	-0,0891 0,7117	0,2653 0,2584	-0,4523 0,0453
MSR	-0,2688 0,2519	0,4536 0,0446	0,8359 0,0000	0,6546 0,3663	1,0000 0,0000	-0,1209 0,6119	-0,0880 0,0000	-0,2289 0,3317	0,1503 0,5272	0,5010 0,0244	-0,4092 0,0732	-0,3239 0,1635	-0,3115 0,1812	-0,2862 0,2211	-0,2192 0,3532	-0,2647 0,2593	0,0656 0,7936	-0,4925 0,0274	-0,4953 0,0264	-0,4937 0,0269	0,2338 0,3212	-0,1172 0,6228	0,2248 0,3407	-0,1459 0,5394
AF	0,6204 0,0035	-0,3359 0,1476	0,1954 0,4339	0,6139 0,0040	-0,1209 0,6119	1,0000 0,0000	0,8106 0,0000	0,5896 0,0062	-0,2134 0,3663	0,4468 0,0483	-0,1874 0,4289	-0,1506 0,6266	0,0201 0,9330	-0,4195 0,0656	0,1159 0,1394	-0,3425 0,1394	0,1202 0,6156	0,5591 0,0104	0,5803 0,0073	0,5675 0,0091	-0,3977 0,0824	-0,1472 0,5357	0,2019 0,3935	-0,6543 0,0018
AEF	0,3901 0,0891	-0,5096 0,0217	0,2393 0,3116	0,5370 0,0146	-0,0880 0,7121	1,0000 0,0000	0,9106 0,0000	0,7718 0,0001	-0,2804 0,2311	0,3008 0,1976	-0,2740 0,2423	-0,2279 0,3340	-0,2185 0,3548	-0,4599 0,0413	-0,1132 0,6347	-0,4339 0,0559	0,9880 0,7121	0,5952 0,0056	0,6021 0,0050	0,5992 0,0053	-0,2317 0,3257	-0,1819 0,4427	0,0736 0,7576	-0,8210 0,0000
N	0,5501 0,0120	-0,4431 0,0504	0,0051 0,9831	0,2298 0,1991	-0,2289 0,3317	1,0000 0,0000	0,5896 0,0001	0,7718 0,0000	-0,3280 0,1580	-0,0432 0,3359	0,0409 0,7032	-0,3058 0,7974	-0,3058 0,2057	-0,2636 0,2615	-0,1650 0,1518	-0,1650 0,1518	0,4535 0,5523	-0,0337 0,0001	-0,0202 0,0001	-0,0282 0,0001	-0,2550 0,1584	0,3916 0,4173	-0,0001 0,1538	0,1539 0,0013
P	-0,1541 0,5166	-0,0167 0,9444	0,0380 0,8735	-0,0719 0,7631	0,1503 0,5272	1,0000 0,0000	0,0409 0,8641	-0,3280 0,1580	1,0000 0,0000	0,0409 0,8641	-0,1658 0,4847	-0,3268 0,1596	-0,1274 0,5923	0,0463 0,8464	0,0916 0,7010	0,0993 0,6769	0,5653 0,0094	-0,2846 0,2240	-0,2867 0,2204	-0,2855 0,2225	0,1823 0,4419	-0,1282 0,5901	0,3254 0,1616	0,3282 0,1577
K	0,0484 0,8394	-0,0757 0,2712	0,5695 0,3695	0,3966 0,5010	0,3966 0,5010	1,0000 0,0000	0,3008 0,0000	-0,0432 0,0409	0,0409 1,0000	-0,3604 -0,3604	-0,3058 -0,3058	-0,3058 -0,3058	-0,2403 -0,2403	-0,2636 -0,2636	-0,1650 -0,1650	0,4535 0,4535	0,1453 0,1453	-0,0230 -0,0230	-0,0155 -0,0155	-0,0137 -0,0137	-0,2438 0,1283	0,1060 0,1060	0,2059 0,2059	-0,2448 0,2981
Ca	-0,0588 0,8055	-0,0026 0,9913	-0,3006 0,1978	0,0005 0,9993	-0,4092 0,0732	1,0000 0,0000	-0,1874 0,4289	-0,2270 0,2423	-0,1658 0,4847	-0,3604 0,8641	1,0000 0,0000	0,3587 0,1204	0,4275 0,0601	0,7995 0,0000	0,4535 0,0445	0,1453 0,5410	0,1500 0,5279	-0,0230 0,9233	-0,0155 0,9482	-0,0137 0,9342	-0,2438 0,3002	0,1060 0,5898	0,2059 0,6456	0,2059 0,3839
Mg	0,1226 0,6067	0,2494 0,2898	-0,3994 0,0819	-0,1995 0,4015	-0,3239 0,1635	1,0000 0,0000	-0,0909 0,3340	-0,3268 0,7032	-0,3058 0,1596	-0,3058 0,1596	1,0000 0,0000	0,3579 0,1213	-0,1322 0,1213	0,3579 0,1213	0,5366 0,0147	0,0759 0,7505	-0,1331 0,5760	-0,0486 0,8387	-0,0469 0,8442	-0,0477 0,8419	-0,0612 0,8419	-0,4955 0,7969	-0,2390 0,0263	0,3464 0,3101
Cu	0,1098 0,6480	-0,2387 0,3109	-0,2579 0,2722	-0,1414 0,5522	-0,3115 0,1812	1,0000 0,0000	-0,2185 0,3548	-0,0613 0,7974	-0,1274 0,5923	-0,2403 0,3075	0,4275 0,0601	-0,1322 0,5785	0,1000 0,0000	0,3437 0,1379	-0,1401 0,0000	-0,0094 0,9271	0,1738 0,4636	0,1771 0,4551	0,1669 0,4820	0,1731 0,4655	0,1466 0,5374	-0,0798 0,7381	0,3493 0,1311	0,0347 0,8844
Fe	-0,2584 0,2712	-0,1141 0,6321	-0,2613 0,2659	-0,2120 0,3695	-0,2962 0,2211	1,0000 0,0000	-0,4195 0,0413	-0,2956 0,2057	0,0463 0,8464	-0,2636 0,2615	0,7995 0,0000	0,3579 0,1213	0,3437 0,1379	1,0000 0,0000	0,3579 0,1213	0,0578 0,0000	0,0578 0,3793	-0,0761 0,7497	-0,0816 0,7323	-0,0778 0,7444	-0,0106 0,9648	0,0480 0,8407	0,1673 0,4807	0,3213 0,1669
Mn	0,1930 0,4150	0,2226 0,3455	0,1118 0,6398	0,2459 0,2260	0,2192 0,3532	1,0000 0,0000	0,1159 0,6266	-0,1132 0,6347	-0,0991 0,6776	0,0916 0,7010	-0,1650 0,4868	0,4535 0,0446	0,5366 0,0446	-0,1401 0,1160	0,3628 0,0000	1,0000 0,0000	-0,0753 0,7523	0,0486 0,9386	-0,0337 0,9877	-0,0202 0,9327	-0,0282 0,9061	-0,2550 0,2779	0,3916 0,0878	0,1539 0,9977
ZN	0,1267 0,5946	0,4565 0,0431	-0,0592 0,8041	-0,1697 0,4745	-0,1697 0,2593	1,0000 0,0000	-0,3425 0,1394	-0,4339 0,0559	-0,3327 0,1518	0,0993 0,6769	0,0473 0,8431	0,1453 0,5410	0,0759 0,7505	-0,0084 0,9721	0,0578 0,8087	1,0000 0,0000	0,0643 0,7523	-0,3471 0,1337	-0,3411 0,1411	-0,3450 0,1362	-0,0028 0,9908	0,1676 0,4799	-0,0995 0,6765	0,3589 0,1192
MA	0,0171 0,9430	-0,2695 0,2523	0,1409 0,5537	0,2121 0,3694	0,0656 0,7836	1,0000 0,0000	0,1202 0,6136	0,0880 0,7121	-0,1413 0,5523	0,5653 0,0094	0,1141 0,6320	0,1500 0,5279	-0,1331 0,5760	0,1738 0,4636	0,2078 0,3793	0,0486 0,9386	0,0643 0,7878	1,0000 0,0000	0,0111 0,9630	-0,0013 0,9957	0,0064 0,2078	-0,0770 0,7471	0,6745 0,0011	-0,0196 0,9347
CLOA	0,6465 0,0021	-0,6229 0,0034	-0,1740 0,4630	0,2777 0,2359	-0,4925 0,0274	1,0000 0,0000	0,5591 0,0056	0,5952 0,0001	-0,2846 0,2240	-0,0211 0,9296	-0,0230 0,9233	-0,0486 0,8387	-0,1771 0,4551	-0,0761 0,7497	-0,0337 0,9877	-0,3471 0,1337	0,0111 0,9630	1,0000 0,0000	0,9984 0,0000	0,9994 0,0000	-0,2576 0,2729	-0,3774 0,1009	-0,1904 0,4213	-0,7678 0,0001
CLOB	0,6659 0,0014	-0,6043 0,0048	-0,1747 0,4613	0,2905 0,2140	-0,4953 0,0264	1,0000 0,0000	0,5803 0,0050	0,6021 0,0001	-0,2867 0,2204	-0,0058 0,9805	-0,0155 0,9482	-0,0469 0,8442	-0,1669 0,4820	-0,0816 0,7323	-0,0202 0,9327	-0,3411 0,1411	0,9984 0,9957	1,0000 0,0000	0,9994 0,0000	-0,3097 0,2729	-0,3967 0,1009	-0,2059 0,4213	-0,7601 0,0001	
CLOT TOTAL	0,6542 0,0018	-0,6160 0,0038	-0,1743 0,4624	0,2928 0,2270	-0,4937 0,0269	1,0000 0,0000	0,5675 0,0091	0,5982 0,0053	-0,2855 0,2225	-0,0152 0,9494	-0,0197 0,9342	-0,0477 0,8418	0,1731 0,4655	-0,0778 0,7444	-0,0282 0,9061	-0,3450 0,1363	0,0064 0,9786	0,9999 0,0000	0,9994 0,0000	1,0000 0,0000	-0,2782 0,2349	-0,3812 0,0973	-0,1964 0,4065	-0,7649 0,0001
RCACB	-0,4442 0,0499	-0,1464 0,5380	0,1079 0,6508	-0,2353 0,3180	0,2338 0,3257	1,0000 0,0000	-0,3977 0,1584	-0,2317 0,4419	-0,3277 0,5513	-0,1417 0,3002	-0,2438 0,3002	-0,0615 0,7969	0,1466 0,5374	-0,0106 0,9648	-0,2550 0,2779	-0,0028 0,9908	0,2944 0,2078	-0,2576 0,2729	-0,3097 0,1839	-0,2782 0,2349	1,0000 0,0000	0,2767 0,2779	0,0024 0,0620	0,3297 0,7658
FOTO	-0,2597 0,2689	0,2037 0,3889	-0,2049 0,3861	-0,0891 0,7117	-0,1172 0,6228	1,0000 0,0000	-0,1472 0,5357	-0,1819 0,4427	-0,1920 0,4173	-0,1282 0,5901	0,2838 0,2253	0,1283 0,5899	0,4955 0,0263	-0,0798 0,7391	0,0480 0,8407	0,3916 0,0877	0,1676 0,4799	-0,0770 0,7471	-0,3774 0,1009	-0,3867 0,0922	-0,3812 0,0973	1,0000 0,0000	0,0024 0,9919	0,3297 0,1557
TRANSP	-0,2206 0,3500	-0,2543 0,2793	0,3517 0,1284	0,2653 0,2584	0,2248 0,3407	1,0000 0,0000	0,2018 0,3935	0,0736 0,7576	-0,3311 0,1539	0,3254 0,1616	0,3665 0,1120	0,1096 0,1120	-0,2390 0,3101	0,3493 0,1311	0,1673 0,4907	-0,0001 0,9997	0,6745 0,6765	-0,1904 0,0011	-0,2059 0,3839	-0,1964 0,4065	0,4247 0,0620	0,0024 0,9919	1,0000 0,0000	-0,0752 0,7526
LUM	-0,3797 0,0987	0,6389 0,0024	-0,1878 0,4278	-0,4523 0,0453	0,1459 0,5394	1,0000 0,0000	-0,6543 0,0018	-0,9210 0,0000	-0,6684 0,0013	0,3282 0,1577	-0,2449 0,2991	0,2059 0,3839	0,3464 0,1346	0,0347 0,8844	0,3215 0,1669	0,1539 0,5174	0,3598 -1,9600	-0,7678 0,0001	-0,7601 0,0001	-0,7649 0,0001	0,0711 0,7658	0,3297 0,1557	-0,0752 0,7526	1,0000 0,0000

ANEXO 5 Coeficientes de correlação e níveis de significância das variáveis estudadas da guanandi, no substrato Colombo

	ALTURA	DOCOLO	MST	MSA	MSR	AF	AEF	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	MA	CLOA	CLOB	CLOT TOTAL	RCACB	FOTO	TRANS	LUM
ALTURA	1,0000	-0,5700	-0,7495	-0,2511	-0,8421	0,0037	0,6503	0,7238	0,1105	0,4880	-0,7172	0,1958	0,1764	-0,1291	-0,2592	-0,1403	-0,1749	0,6787	0,6618	0,6732	0,1563	-0,0815	-0,0384	-0,5051
	0,0000	0,0007	0,0001	0,2855	0,0000	0,9978	0,0019	0,0003	0,6427	0,0290	0,0004	0,4081	0,4569	0,5903	0,2718	0,5552	0,4608	0,0010	0,0015	0,0011	0,5106	0,7327	0,4414	0,0231
DOCOLO	-0,5700	1,0000	0,7860	0,4656	0,7803	-0,2460	-0,8991	-0,3281	0,1702	-0,5789	0,3607	0,0464	0,3499	0,1880	0,0931	0,4101	-0,8404	-0,8128	-0,8128	-0,8310	-0,2736	0,4948	0,4414	0,7321
	0,0087	0,0000	0,0000	0,0385	0,0000	0,2905	0,0000	0,1578	0,4732	0,0075	0,1182	0,8461	0,1304	0,4274	0,6963	0,0725	0,0654	0,0000	0,0000	0,0000	0,2432	0,0266	0,0514	0,0002
MST	-0,7495	0,7860	1,0000	0,7088	0,9334	-0,1041	-0,7823	-0,5810	-0,0519	-0,6535	0,6732	-0,1149	0,0118	0,0550	0,2044	0,1352	0,2623	-0,8932	-0,8592	-0,8912	-0,3124	0,2041	0,1269	0,5567
	0,0001	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,6621	0,0000	0,0072	0,8281	0,0018	0,6294	0,9606	0,8180	0,3874	0,5697	0,2540	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2432	0,0266	0,0514	0,0108
MSA	-0,2511	0,4656	0,7088	1,0000	0,4084	0,2352	-0,4381	-0,2831	-0,2438	-0,5149	0,5677	-0,0970	0,0362	-0,3170	0,0972	-0,2461	-0,0342	-0,4816	-0,4537	-0,4712	-0,1950	-0,1437	-0,1690	0,0511
	0,2855	0,0385	0,0005	0,0000	0,0738	0,3182	0,0534	0,2265	0,3003	0,0202	0,0090	0,6840	0,8796	0,1732	0,6836	0,2956	0,8861	0,0316	0,0445	0,0360	0,4100	0,5456	0,4763	0,8305
MSR	-0,8421	0,7803	0,9334	0,4084	1,0000	-0,2544	-0,7894	-0,6077	0,0569	-0,5836	0,5823	-0,0994	-0,0031	0,2324	0,2150	0,3002	0,3958	-0,9107	-0,8803	-0,9005	0,3050	0,3373	0,2502	0,6943
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0738	0,0000	0,2790	0,0000	0,0045	0,8116	0,0069	0,0071	0,6769	0,9897	0,3241	0,3626	0,1995	0,1226	0,0000	0,0000	0,0000	0,1911	0,1459	0,2875	0,0007
AF	0,0037	-0,2486	-0,1041	0,2352	-0,2544	1,0000	0,2511	-0,7550	-0,5643	0,0101	0,1730	-0,3230	-0,4787	-0,7297	-0,2586	-0,5312	-0,5936	0,3422	0,3505	0,3464	0,0646	-0,6390	-0,7982	-0,7684
	0,9878	0,2905	0,6623	0,3182	0,2790	0,0000	0,2855	0,1028	0,0095	0,9663	0,4656	0,1648	0,0327	0,0003	0,2705	0,0358	0,1397	0,1299	0,1346	0,7867	0,0024	0,0000	0,0000	0,0001
AEF	0,6503	-0,8991	-0,7823	-0,4381	-0,7894	0,2511	1,0000	0,4092	-0,1372	0,7141	-0,4103	0,0171	-0,2194	-0,1596	-0,0489	-0,2440	-0,4141	0,7657	0,7451	0,7591	0,2317	-0,4886	-0,3582	-0,7570
	0,0019	0,0000	0,0000	0,0534	0,0000	0,2855	0,0000	0,0732	0,5641	0,0004	0,0723	0,9430	0,3527	0,5015	0,8379	0,2998	0,0695	0,0001	0,0002	0,0001	0,3257	0,0372	0,1210	0,0001
N	0,7238	-0,3281	-0,5810	-0,2831	-0,6077	-0,3755	0,4092	1,0000	0,5996	0,6892	-0,5743	0,4690	0,5464	0,1052	0,0609	0,2223	0,2129	0,3250	0,2785	0,2066	0,2196	0,2026	0,3302	-0,4930
	0,0003	0,1578	0,0072	0,2265	0,0045	0,1028	0,0732	0,0000	0,0053	0,0008	0,0081	0,0370	0,0127	0,6590	0,7988	0,3463	0,3675	0,1620	0,2344	0,1886	0,1696	0,3917	0,1551	0,8366
P	0,1105	0,1702	-0,0519	-0,2438	0,0569	-0,5643	-0,1372	0,5986	1,0000	0,4108	-0,2891	0,4358	0,3735	0,2793	0,1098	0,4099	0,7275	-0,2804	-0,3361	-0,3041	0,2347	0,4025	0,4116	0,4733
	0,6427	0,4732	0,8281	0,3003	0,8116	0,0095	0,5641	0,0053	0,0000	0,0720	0,2164	0,0548	0,1247	0,2330	0,6450	0,0727	0,0003	0,2312	0,1474	0,1823	0,2072	0,0785	0,0714	0,0351
K	0,4880	-0,5789	-0,6535	-0,5149	-0,5836	0,0101	0,7141	0,6892	0,4108	1,0000	-0,3628	0,1414	0,1451	-0,1894	0,0699	0,1032	0,0189	0,3788	0,3274	0,3585	0,3213	-0,8450	-0,0127	-0,3566
	0,0290	0,0075	0,0018	0,0069	0,0069	0,5663	0,0004	0,0008	0,0720	0,0000	0,1159	0,9663	0,5415	0,4238	0,7695	0,6651	0,0995	0,1588	0,1206	0,0980	0,7233	0,9577	0,1227	0,1227
Ca	-0,7172	0,3607	0,6732	0,5677	0,5823	0,1730	-0,4103	-0,5743	-0,2891	-0,3628	1,0000	-0,4005	-0,1163	-0,2648	0,3449	-0,0964	-0,0551	-0,5399	-0,5123	-0,5238	-0,2080	-0,0995	-0,1094	0,2150
	0,0004	0,1192	0,0011	0,0090	0,0071	0,4656	0,0723	0,0081	0,2164	0,1159	0,0000	0,0801	0,6254	0,2593	0,1365	0,6861	0,8177	0,0140	0,0209	0,0163	0,7900	0,7074	0,6461	0,3627
Mg	0,1958	0,0464	-0,1149	-0,0970	-0,0994	-0,3230	0,0171	0,4690	0,4358	0,1414	-0,4005	1,0000	0,0727	0,3306	0,1468	0,0797	0,2169	0,0676	0,0363	0,0553	0,2101	0,1130	0,1352	0,1938
	0,4081	0,8461	0,6294	0,6840	0,6769	0,1648	0,9430	0,0370	0,0548	0,5521	0,0801	0,0000	0,7607	0,1546	0,5368	0,7383	0,3583	0,7770	0,8792	0,9169	0,2739	0,6353	0,5698	0,4121
Cu	0,1764	0,3499	0,0118	0,0362	-0,0031	-0,4787	-0,2194	0,5464	0,3735	0,1451	-0,1163	0,0727	1,0000	0,2760	0,2141	0,7353	0,2842	-0,2610	-0,2451	-0,2653	-0,1333	0,6015	0,7470	0,4572
	0,4569	0,1304	0,9606	0,8796	0,9897	0,0327	0,3527	0,0127	0,1047	0,5415	0,6284	0,7607	0,3000	0,2388	0,3647	0,0002	0,2346	0,2977	0,2774	0,5025	0,0050	0,0002	0,0427	
Fe	-0,1291	0,1880	0,0550	-0,3170	0,2324	-0,7297	-0,1596	0,1052	0,2793	-0,1894	-0,2648	0,3306	1,0000	0,0062	0,1047	0,3296	0,3740	-0,1807	-0,1947	-0,1866	0,0362	0,0050	0,5421	0,5213
	0,5903	0,4274	0,8180	0,1732	0,3241	0,0003	0,5015	0,6590	0,2330	0,4238	0,2593	0,1546	0,2388	0,0000	0,6604	0,0107	0,1042	0,4459	0,4107	0,4308	0,3795	0,1559	0,0135	0,0184
Mn	-0,2582	0,0931	0,2044	0,0972	0,2150	-0,2586	-0,0489	0,0609	0,1098	0,0699	0,3449	0,1468	0,2141	0,1047	1,0000	0,3557	0,1172	-0,1980	-0,1178	-0,1655	-0,6059	-0,0353	0,0804	0,2953
	0,2718	0,6963	0,3874	0,6836	0,3626	0,2709	0,8379	0,7988	0,6450	0,7695	0,1365	0,5368	0,3647	0,6604	0,0000	0,1237	0,6226	0,4026	0,6209	0,4855	0,3046	0,8926	0,7360	0,2062
Zn	-0,1403	0,4101	0,1352	-0,2461	0,3002	-0,5312	-0,2440	0,2223	0,4099	0,1032	-0,0964	0,0797	0,7353	0,5575	0,3557	1,0000	0,4356	-0,4255	-0,3957	-0,4143	-0,2390	0,5730	0,6746	0,5797
	0,5552	0,0725	0,5697	0,2956	0,1985	0,0159	0,2998	0,3463	0,0727	0,6651	0,6861	0,7383	0,3002	0,0107	0,1237	0,0000	0,0549	0,0614	0,0842	0,0694	0,2099	0,0083	0,0011	0,0074
MA	-0,1749	0,4184	0,2623	-0,0342	0,3568	-0,5936	-0,4141	0,2129	0,7275	0,0189	-0,0551	0,2169	0,2842	0,3740	0,1172	0,4356	1,0000	-0,5486	-0,5887	-0,5665	0,1582	0,5404	0,4657	0,6605
	0,4608	0,0664	0,2640	0,8861	0,1226	0,0058	0,0695	0,3675	0,0003	0,9384	0,8177	0,3583	0,2248	0,1042	0,6226	0,0549	0,0000	0,0123	0,0063	0,0092	0,5053	0,0139	0,0385	0,0015
CLOA	0,6787	-0,4040	-0,8932	-0,4816	-0,9107	0,3422	0,7657	0,3250	-0,2804	0,3788	-0,5399	0,0676	-0,2610	-0,1807	-0,1980	-0,4255	-0,5486	1,0000	0,9905	0,9984	0,1746	-0,4615	-0,4102	-0,7384
	0,0010	0,0000	0,0000	0,0316	0,0000	0,1397	0,0001	0,1620	0,2312	0,0995	0,0140	0,7770	0,2664	0,4459	0,4026	0,0614	0,0123	0,0000	0,0000	0,0000	0,4615	0,0405	0,0724	0,0002
CLOB	0,6618	-0,8128	-0,8592	-0,4537	-0,9809	0,3505	0,7451	0,2785	-0,3361	0,3274	-0,5123	0,0363	-0,2451	-0,1947	-0,1178	-0,3957	-0,5887	0,9905	1,0000	0,9967	0,0385	-0,4662	-0,4134	-0,7247
	0,0015	0,0000	0,0000	0,0445	0,0000	0,1298	0,0002	0,2344	0,1474	0,1588	0,0209	0,8792	0,2977	0,4107	0,6209	0,0842	0,0063	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0385	0,0700	0,0003
CLOT TOTAL	0,6732	-0,8310	-0,8812	-0,4712	-0,9005	0,3464	0,7591	0,3066	-0,3041	0,3595	-0,5298	0,0553	-0,1866	-0,1655	-0,4143	-0,5665	0,9984	0,9967	1,0000	0,1193	-0,4647	-0,4126	-0,7346	
	0,0011	0,0000	0,0000	0,0360	0,0000	0,1346	0,0001	0,1886	0,1923	0,1206	0,0163	0,8189	0,2774	0,4308	0,4855	0,0694	0,0092	0,0000	0,0000	0,0000	0,6184	0,0390	0,0707	0,0002
RCACB	0,1563	-0,2736	-0,3124	-0,1950	-0,3																			

ANEXO 6 Coeficientes de correlação e níveis de significância das variáveis estudadas da guanandi, no substrato Colombo

	ALTURA	DCOLO	MST	MSA	MSR	AF	AEF	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	MA	CLOA	CLOB	CLOT TOTAL	RCACB	FOTO	TRANS	LUM
ALTURA	1,0000	-0,4386	0,0219	0,5253	-0,3355	0,6861	0,4436	-0,3259	-0,3366	0,2465	0,4453	0,4662	-0,3955	0,2668	-0,1109	-0,0011	-0,3542	0,1533	0,2422	0,1918	-0,3732	0,1477	-0,2218	-0,8609
DCOLO	0,0000	0,0531	0,9269	0,0173	0,1481	0,0008	0,0501	0,1608	0,1468	0,2949	0,0491	0,0383	0,0843	0,2555	0,6415	0,9963	0,1255	0,5188	0,3035	0,4180	0,1050	0,5342	0,3474	0,0000
MST	0,0219	0,7363	1,0000	0,8437	0,9263	0,1983	-0,5193	-0,5340	-0,1329	-0,6856	-0,0733	-0,3218	-0,0749	0,2761	-0,0736	-0,2458	0,2299	0,1091	0,0767	0,0966	0,0326	0,4098	-0,2723	0,0838
MSA	0,9269	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4019	0,0189	0,0152	0,5765	0,0008	0,7589	0,1664	0,7537	0,2387	0,7579	0,2961	0,3294	0,6471	0,7480	0,6849	0,9113	0,0727	0,2445	0,7255
MSR	0,5253	0,3695	0,8437	1,0000	0,5793	0,4964	-0,1913	-0,0954	-0,2562	-0,4883	0,0869	-0,0382	0,3458	-0,0884	-0,1972	0,0099	0,0099	0,1277	0,1913	0,1848	-0,1453	0,3853	-0,4082	-0,3991
AF	0,0173	0,1098	0,0000	0,0000	0,0074	0,0280	0,4191	0,0007	0,1231	0,0289	0,7156	0,8731	0,2344	0,1354	0,7110	0,4046	0,9668	0,4554	0,4191	0,4355	0,5410	0,0935	0,0740	0,0813
AEF	-0,3355	0,8594	0,9263	0,5793	1,0000	-0,0473	-0,6543	-0,3239	0,0483	-0,6984	-0,1722	-0,4619	0,0818	0,1765	-0,0497	-0,2349	0,3422	0,0415	-0,0179	0,0173	0,1515	0,3519	-0,1278	0,4073
N	0,1481	0,0000	0,0000	0,0074	0,0000	0,8431	0,0017	0,1650	0,8397	0,0006	0,4678	0,0403	0,7318	0,4565	0,8352	0,3189	0,1397	0,8622	0,9404	0,9424	0,5238	0,1281	0,5913	0,0747
P	0,6861	-0,3119	0,1983	0,4964	-0,0473	1,0000	0,2431	-0,4469	-0,3700	0,1754	0,3287	0,2524	-0,5161	-0,1611	-0,1862	-0,0701	-0,3820	0,5889	0,6441	0,6165	-0,3136	0,1736	-0,4116	-0,7619
K	0,0008	0,1820	0,4019	0,0260	0,8431	0,0000	0,2017	0,0482	0,1083	0,4595	0,1440	0,2829	0,0198	0,4973	0,4318	0,7691	0,0965	0,0063	0,0220	0,0028	0,1782	0,4641	0,0713	0,0001
Ca	0,4436	-0,7430	-0,5193	-0,1913	-0,6543	0,2431	1,0000	-0,0870	-0,3054	0,4392	0,1265	0,5611	-0,1624	0,1129	0,0380	-0,0131	-0,0180	0,1650	0,1888	0,2195	0,1888	-0,1911	-0,3179	0,0678
Mg	0,0501	0,0002	0,0189	0,4191	0,0017	0,3017	0,0000	0,7152	0,1904	0,0526	0,5952	0,0101	0,4939	0,6256	0,8735	0,9163	0,9401	0,4869	0,3524	0,4253	0,4196	0,1719	0,7765	0,0124
Cu	-0,3259	0,0146	-0,5340	-0,6954	-0,3228	-0,4469	-0,0870	1,0000	0,6006	0,3796	0,1691	-0,2355	0,2282	-0,0958	-0,2558	-0,0028	0,0342	-0,3223	-0,3435	-0,3339	0,1797	-0,1423	0,5505	0,5399
Fe	0,1608	0,9513	0,0153	0,0007	0,1650	0,0482	0,7152	0,0000	0,0051	0,0988	0,4780	0,3176	0,3332	0,6879	0,2763	0,9905	0,8862	0,1658	0,1381	0,1502	0,4485	0,5496	0,0119	0,8140
Mn	-0,3366	0,1408	-0,1329	-0,2562	0,0483	-0,3700	-0,3054	0,0051	1,0000	0,3032	0,1055	-0,0440	0,5179	0,1357	0,0080	-0,0039	0,2048	-0,1114	-0,1470	-0,1273	0,1557	0,2713	0,6695	0,3891
Zn	0,1468	0,5538	0,5765	0,1231	0,8397	0,1083	0,1904	0,0051	0,0000	0,1937	0,6589	0,8540	0,0193	0,5685	0,9733	0,9870	0,3864	0,6400	0,5363	0,5927	0,5122	0,2472	0,0012	0,0899
MA	0,2465	-0,7622	-0,6856	-0,4883	-0,6984	0,1754	0,4393	0,3796	0,3032	1,0000	0,0713	0,2792	-0,0694	-0,1552	-0,1064	0,4642	-0,4732	0,0841	0,1150	0,0975	-0,0548	0,0029	0,1470	-0,3468
CLOA	0,2949	0,0001	0,0008	0,0289	0,0006	0,4595	-0,0526	0,0988	0,0988	0,0000	0,7653	0,2331	0,7711	0,5136	0,6554	0,0392	0,0251	0,7244	0,6292	0,6825	0,9184	0,9904	0,5363	0,1341
CLOB	0,4453	-0,0675	-0,0733	0,0869	-0,1722	0,2387	0,1265	0,1691	0,1055	0,0713	1,0000	0,1214	-0,2181	-0,0645	-0,2418	-0,2271	0,0780	0,3745	0,3842	0,3809	-0,0957	-0,2068	0,2051	-0,2404
CLOT TOTAL	0,4662	-0,6040	-0,3218	-0,0382	-0,4619	0,2524	0,1214	-0,2355	-0,0440	0,2937	1,0000	0,5098	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937
RCACB	0,0491	0,7901	0,7589	0,7156	0,4678	0,1440	0,5952	0,4760	0,6580	0,7653	0,0000	0,5807	0,2556	0,7872	0,3044	0,3256	0,7438	0,1038	0,0944	0,0975	0,6882	0,3816	0,3857	0,2072
FOTO	0,2668	0,1165	0,2761	0,2458	0,1765	-0,1611	0,1129	-0,0958	0,1357	-0,1552	-0,0645	0,2937	0,1487	1,0000	0,1655	-0,0563	0,3236	-0,3107	-0,2693	-0,2937	-0,1777	0,1519	0,0843	-0,0999
TRANS	0,2555	0,6246	0,2387	0,1354	0,4565	0,4973	0,6256	0,6879	0,5685	0,5136	0,7872	0,2087	0,5215	0,0000	0,4856	0,8137	0,1508	0,1924	0,3568	0,2061	0,4528	0,5225	0,7238	0,6753
LUM	-0,1109	-0,1808	-0,0736	-0,0884	-0,0497	-0,1362	0,0380	-0,2558	0,0080	-0,1064	-0,2418	0,5989	0,6159	0,1655	1,0000	0,4979	-0,0042	-0,1129	-0,1904	-0,1459	0,3156	-0,2359	-0,0475	-0,0212
ALTURA	0,6415	0,4455	0,7579	0,7110	0,8252	0,4318	0,8735	0,9732	0,6554	0,3044	0,0053	0,0038	0,4856	0,0000	0,0255	0,9858	0,6256	0,4215	0,5392	0,6356	0,1782	0,3168	0,8424	0,9294
DCOLO	-0,0011	-0,4087	-0,2458	-0,1972	-0,2349	-0,0701	0,0131	-0,0028	-0,0039	-0,4642	-0,2271	0,2283	0,1675	-0,0563	0,4977	1,0000	-0,3509	0,0173	-0,0802	-0,0222	0,4390	-0,2688	-0,2198	-0,0664
MST	0,9963	0,0736	0,2961	0,4046	0,3189	0,7691	0,9563	0,9905	0,9870	0,0392	0,3256	0,3329	0,4802	0,8137	0,0255	0,0000	0,1292	0,9421	0,7369	0,9226	0,0529	0,2518	0,3518	0,7885
MSA	-0,2542	0,4021	0,2299	0,0099	0,3422	-0,3820	-0,0180	0,0242	0,2048	-0,4732	0,0789	0,0128	0,1066	0,3336	-0,0043	-0,3509	1,0000	-0,0761	-0,1345	-0,1015	0,1754	-0,1988	0,4440	0,4422
MSR	0,1255	0,0788	0,3294	0,2668	0,1297	0,0985	0,9401	0,8862	0,3864	0,0351	0,7438	0,9572	0,6548	0,1506	0,9858	0,1293	0,0000	0,7500	0,5717	0,6703	0,4596	0,4008	0,6499	0,0509
AF	0,1533	-0,2206	0,1091	0,1770	0,0415	0,5889	0,1650	-0,3223	-0,1114	0,0841	0,3745	-0,0382	-0,2659	-0,3107	-0,1129	0,0173	-0,0761	1,0000	0,9703	0,9949	-0,0058	-0,2178	-0,2329	-0,3755
AEF	0,5188	0,3500	0,6471	0,4554	0,3622	0,0063	0,1658	0,6400	0,7244	0,1038	0,8729	0,8729	0,2572	0,1824	0,8356	0,9421	0,7500	0,0000	0,0000	0,0000	0,9906	0,3562	0,3448	0,1028
N	0,2422	-0,2699	0,0767	0,1913	-0,0179	0,6441	0,2195	-0,3435	-0,1470	0,1150	0,2842	0,0226	-0,2799	-0,2693	-0,1904	-0,0802	-0,1348	0,9703	1,0000	0,9899	-0,2456	-0,1242	-0,2100	-0,4678
P	0,2035	0,2498	0,7480	0,4191	0,9404	0,0022	0,3524	0,1391	0,5363	0,6292	0,0944	0,9245	0,0985	0,2508	0,4215	0,7369	0,5717	0,0000	0,0000	0,0000	0,2967	0,6015	0,3742	0,0375
K	0,1918	-0,2428	0,0968	0,1848	0,0173	0,6165	0,1888	-0,3339	-0,1273	0,0975	0,3809	-0,0131	-0,2153	-0,2953	-0,1459	-0,0232	-0,1015	0,9949	0,9898	1,0000	-0,1065	-0,1797	-0,2196	-0,4172
Ca	0,4178	0,3024	0,6849	0,4355	0,7424	0,0038	0,4253	0,1502	0,5927	0,6825	0,0975	0,9564	0,1756	0,2061	0,5392	0,9226	0,6702	0,0000	0,0000	0,0000	0,6556	0,4482	0,3523	0,0672
Mg	-0,3732	0,1584	0,0326	-0,1453	0,1515	-0,3136	-0,1911	0,1797	0,1557	-0,0548	-0,0957	-0,2579	0,5960	-0,1777	0,3136	0,4390	0,1754	-0,0058	-0,2456	-0,1063	1,0000	-0,3863	-0,0227	0,4106
Cu	0,1050	0,5048	0,8915	0,5410	0,5228	0,1782	0,4196	0,4485	0,5122	0,1840	0,6882	0,2722	0,0228	0,4536	0,1782	0,0529	0,4596	0,9806	0,2967	0,6556	0,0000	0,0925	0,9244	0,0721
Fe	0,1477	0,2180	0,4098	0,3853	0,3519	0,1736	-0,3179	-0,1423	0,2712	0,0029	-0,2068	-0,0692	0,0492	0,1519	-0,2359	-0,2688	-0,1988	-0,2178	-0,1243	-0,1787	-0,1863	1,0000	0,1538	-0,1616
Mn	0,5342	0,3558	0,0727	0,0935	0,1281	0,4641	0,1719	0,5496	0,2472	0,9904	0,3816	0,7717	0,8370	0,5225	0,3168	0,2518	0,4008	0,3562	0,6015	0,4483	0,0925	0,0000	0,5173	0,4960
Zn	-0,2218	0,0367	-0,2728	-0,4082	-0,1378	-0,4116	0,0678	0,5505	0,6695	0,1470	0,2051	0,1704	0,3828	0,0843	-0,0475	-0,2198	0,4440	-0,2229	-0,2100	-0,2196	-0,0227	0,1538	1,0000	0,3414