

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**  
**MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

**LÉO VIEIRA LEONEL**

**ECOFISIOLOGIA DE ARBÓREAS UTILIZADAS EM  
REVEGETAÇÃO DE ÁREAS ANTROPIZADAS NO ECÓTONO  
CERRADO / AMAZÔNIA**

**São Luís, MA.**  
**2017**

**LÉO VIEIRA LEONEL**

Engenheiro Agrônomo

**ECOFISIOLOGIA DE ARBÓREAS UTILIZADAS EM REVEGETAÇÃO  
DE ÁREAS ANTROPIZADAS NO ECÓTONO CERRADO / AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, da Universidade Estadual do Maranhão como requisito para obtenção do Título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis

**São Luís, MA.  
2017**

Leonel, Léo Vieira.

Ecofisiologia de arbóreas utilizadas em revegetação de áreas antropizadas no ecótono cerrado/ Amazônia / Léo Vieira Leonel. – São Luís, 2017.

98 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis.

1. Recuperação. 2. Antropizado. 3. Fisiologia. 4. Nucleação. 5. Transição. I. Título.

CDU 581.5(811)

**ECOFISIOLOGIA DE ARBÓREAS UTILIZADAS EM REVEGETAÇÃO  
DE ÁREAS ANTROPIZADAS NO ECÓTONO CERRADO / AMAZÔNIA**

**LÉO VIEIRA LEONEL**

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis (Orientador)  
Universidade Estadual do Maranhão/UEMA

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Aragão Catunda  
Universidade Estadual do Maranhão/UEMA

---

Prof. Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo  
Universidade Estadual do Maranhão/UEMA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelas bondades infinitas proporcionadas à minha vida: saúde, proteção, família e amigos.

Aos meus pais, pelos bons ensinamentos e exemplos demonstrados, pelo consolo no momento certo e, pelo imenso amor por mim.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudo durante o curso.

À Universidade Estadual do Maranhão, por ter proporcionado a oportunidade de dar continuidade aos meus estudos.

Ao professor Dr. Fabrício de Oliveira Reis, pela orientação e disponibilidade prestada ao longo do curso, sempre com paciência, amizade e contribuindo com conhecimento científico.

Aos professores, Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo e Dr. Tiago Massi Ferraz, pelo treinamento dado para o uso dos equipamentos de coleta dos dados mensurados e, pelo apoio direto na coleta dos dados.

Aos meus amigos, Ricardo Welder, Adriano Araújo Arruda, Diego Santos, José Antônio e Felipe Reis, pela amizade e ajuda na coleta dos dados mensurados durante o experimento.

À minha esposa Maria Rita da Silva Andrade Leonel, pela ajuda prestada na montagem e coleta dos dados, pelo apoio nas horas difíceis.

À professora Dra. Maria da Guia Taveiro Silva, pela amizade, apoio e aos esclarecimentos prestados.

A todos os amigos do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia.

Ao Marcelo Marinho Viana, pela amizade, companheirismo e apoio prestado.

Ao professor Dr. Paulo Henrique Aragão Catunda, pela amizade, companheirismo e apoio logístico no transporte dos equipamentos.

A todos os professores do Programa em Agroecologia, da Universidade Estadual do Maranhão, Campus João Paulo VI, São Luís/MA.

“Aquele que tem os meus mandamentos e os guarda, esse é o que me ama; e aquele que me ama será amado de meu Pai, e eu o amarei, e me manifestarei a ele”.

João 14:21.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	9
LISTA DE TABELAS .....	11
LISTA DE SIGLAS .....	12
CAPÍTULO I.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Os Biomas Amazônia e Cerrado.....	16
2.1.1 Bioma Amazônia.....	16
2.1.2 Bioma Cerrado .....	17
2.2 Zonas de Transição .....	18
2.3 Recuperação de Áreas Degradadas.....	19
2.3.1 Legislação Brasileira Sobre Recuperação de Áreas Degradadas .....	20
2.4 Ecofisiologia Vegetal.....	22
2.4.1 Estimativa do teor de Clorofila .....	23
2.4.2 Eficiência fotoquímica .....	24
2.4.3 Trocas gasosas.....	26
3 REFERÊNCIAS .....	29
CAPÍTULO II.....	39
Resumo .....	40
1 INTRODUÇÃO.....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
2.1 Localização e caracterização da área experimental .....	43
2.2 Variáveis Climatológicas: Temperatura, Umidade Relativa, Precipitação e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) .....	44
2.3 Caracterizações física e química de solo .....	46
2.4 Instalação e condução do experimento .....	48

2.5 Delineamento Experimental .....	49
2.6 Avaliações Ecofisiológicas .....	52
2.6.1 Viveiro.....	52
2.6.2 Campo .....	52
2.7 Parâmetros ecofisiológicos mensurados .....	54
2.7.1 Eficiência fotoquímica .....	54
2.7.2 Trocas gasosas.....	54
2.7.3 Estimativa do teor de Clorofila .....	54
2.8 Análise estatística .....	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
3.1 Viveiro.....	55
3.1.1 Avaliações Biométricas .....	55
3.1.2 Avaliações Ecofisiológicas .....	56
3.2 Campo.....	58
3.2.1 Avaliações Biométricas .....	58
3.2.2 Avaliações Ecofisiológicas .....	63
3.2.2.1 Primeira avaliação – Fase de adaptação das mudas ao campo, período chuvoso .	63
3.2.3 Segunda avaliação – Fase de pós-adaptação das mudas, período seco.....	67
3.2.4 Terceira avaliação – período seco .....	73
3.2.5 Quarta avaliação - período de transição entre as estações seca e chuvosa.....	77
4 CONCLUSÃO.....	87
5 REFERÊNCIAS .....	88



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Bioma Amazônia.....	16
Figura 2. Bioma cerrado. ....	17
Figura 3. Zona de Transição. ....	18
Figura 4. Mapa de localização do experimento, Imperatriz - MA. ....	43
Figura 5. Valores de temperatura máxima, mínima e umidade relativa, ao longo dos meses de março a outubro de 2016. ....	44
Figura 6. Radiação fotossinteticamente ativa – RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) ao longo dos meses de março a outubro de 2016. ....	45
Figura 7. Dados meteorológicos do município de Imperatriz, precipitação pluviométrica total. ....	46
Figura 8. Croqui da área experimental. T1: Ambiente sombreado com aplicação de hidrogel; T2: Ambiente a pleno sol com aplicação de hidrogel; T3: Ambiente a pleno sol sem aplicação de hidrogel; T4: Ambiente sombreado sem aplicação de hidrogel. ....	47
Figura 9. Preparo do substrato (A), enchimento dos tubetes (B), semente (C) e mudas pronta para plantio (D).....	49
Figura 10. Marcação das covas no formato de triângulo (A); abertura das covas (B); Covas abertas (C) e plantio das mudas com hidrogel (D). ....	50
Figura 11. Estrutura montada com tela de sombreamento 30% de interceptação da radiação solar. Experimento conduzido no município de Imperatriz – MA, 2016. ....	51
Figura 12. Coleta de dados referentes aos parâmetros ecofisiológicos em condições de viveiro. Coleta de dados com o IRGA (A), fluorímetro (B) e SPAD (C), identificação numérica das mudas (D). ....	52
Figura 13. Primeira coleta de dados após trinta dias do plantio das mudas na área experimental, fase correspondente ao período chuvoso (A). Segunda mensuração no campo, fase de transição entre o período chuvoso e seco (B). Terceira mensuração no campo, período seco (C). Quarta mensuração no campo, período de transição entre o seco e chuvoso (D). ....	53
Figura 14. Biometria das mudas utilizadas no experimento - fase de viveiro. ....	56
Figura 15. Parâmetros ecofisiológicos avaliados em condições de viveiro. ....	57
Figura 16. Biometria (altura) das mudas em condições de campo. ....	59
Figura 17. Crescimento em altura das plantas por tratamentos aplicados. ....	60
Figura 18. Biometria (diâmetro) das mudas em condições de campo por tratamento aplicado. ....	61

Figura 19. Biometria (diâmetro) das mudas em condições de campo por tratamento aplicado. .....	62
Figura 20. Avaliação biométrica – Incrementos foliares. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator. ....	63
Figura 21. Interação significativa em os fatores ambientes e espécies, isso para a condutância estomática ( $g_s$ ) e estimativa do teor de clorofila (SPAD). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula na linha e minúscula entre as linhas). ....	67
Figura 22. Interação significativa entre os fatores ambiente e espécie (A, B e C), isso para $A$ , $g_s$ e E; Ambientes e espécies (D), para a razão $C_i/C_a$ ; Hidrogel e espécie (E), para a razão $C_i/C_a$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula para a linha e minúscula entre as linhas). ....	72
Figura 23. Interação significativa em os fatores hidrogel e espécie (A, B, C e D), isso para $g_s$ , $A$ , E e $DPV_{folha-ar}$ ; Ambientes e hidrogel (E e F), para a razão $F_v/F_m$ e PI; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula para a linha e minúscula entre as linhas). ....	77
Figura 24. Interação significativa em os fatores ambiente e hidrogel (A e B), isso para PI e SPAD; Hidrogel e espécie, em relação assimilação fotossintética de $CO_2$ ; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula para a mesma linha e minúscula entre as linhas, isso para a figura 24 A e B. Para a figura 24C, é maiúscula entre as linhas e minúscula na mesma linha). ....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Instrução normativa número 4, de 13 de abril de 2011. ....	21
Tabela 2. Análise química de solo.....	47
Tabela 3. Análise física de solo.....	48
Tabela 4. Características físicas do condicionante de solo utilizado na pesquisa. ....	50
Tabela 5. Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Primeira avaliação – Fase de adaptação das mudas ao campo, período chuvoso. ....	65
Tabela 6. Resultados das interações entre os fatores dos tratamentos.....	65
Tabela 7. Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Segunda avaliação – Fase de pós-adaptação das mudas ao campo. ....	68
Tabela 8. Análise estatística das interações entre os fatores dos tratamentos. ....	69
Tabela 9. Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Terceira avaliação. ....	74
Tabela 10. Resultados das interações entre tratamentos.....	75
Tabela 11. Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Primeira avaliação – Fase de adaptação das mudas ao campo. ....	79
Tabela 12. Análise estatística, resultados das interações entre os fatores dos tratamentos.....	80
Tabela 13. Desdobramentos da interação tripla, significativa para o índice de performance (PI), referente aos fatores ambiente, espécies e condicionantes de solo (hidrogel). ....	84
Tabela 14. Desdobramentos da interação tripla, significativa para o índice de performance (PI), referente aos fatores ambiente, espécies e condicionantes de solo (hidrogel). ....	86
Tabela 15. Desdobramentos da interação tripla significativa para o índice de performance (PI), referente aos fatores ambiente, espécies e condicionantes de solo (hidrogel). ....	87

**LISTA DE SIGLAS**

Assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  – A

Com hidrogel – CH

Condutância estomática –  $g_s$

Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar –  $\text{DPV}_{(\text{folha-ar})}$

Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm

Espécies clímax – C

Espécies pioneiras – P

Espécies secundárias – S

Estimativa do teor de clorofila – SPAD

Giro inglês - GI

Índice de performance – PI

Pleno sol – Ps

Radiação fotossinteticamente ativa – RFA

Razão da concentração intercelular e extracelular de  $\text{CO}_2$  -  $\text{Ci/Ca}$

Sem hidrogel – SH

Sombra – Sb

Transpiração – E

Tratamento – Trat.

## **CAPÍTULO I**

---

## 1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais desempenham importantes funções ambientais, no entanto, nas últimas décadas, os mesmos têm passado por profundas mudanças em sua composição, acarretando sérios problemas socioambientais. Contudo, esses problemas têm-se agravado nas últimas décadas, mediante as ações antrópicas (MELAZO, 2005), como construção de estradas, supressão de florestas, empreendimentos imobiliários, construção de hidrelétricas, ampliação da fronteira agrícola (FARIAS; ZAMBERLAN, 2013), entre outras.

No centro de todos esses distúrbios está o homem, sendo o grande causador da destruição de muitos habitats (GOMES, 2008), o que tem levado à extinção de inúmeras espécies da flora e fauna (PIXOTO, 2017 BRASIL, 2017a), sendo que, muitas dessas espécies nem chegaram a ser catalogadas.

O reflexo dessas ações impensadas frente aos ambientes naturais vem acarretando consequências negativas no próprio homem, o qual tem buscado formas de mitigar essa exploração frente aos ecossistemas, direcionando para um desenvolvimento sustentável (CHAVES; RODRIGUES, 2006).

Na busca por melhores condições socioambientais, o homem desenvolveu técnicas que possam tornar esses ambientes antes antropizados, a uma condição não degradada (BRASIL, 2012). Em alguns casos, essa obrigação em recuperar ambientes degradados é uma exigência imposta pelos órgãos ambientais.

Dentre as inúmeras técnicas utilizadas em recomposição de áreas degradadas, a revegetação é uma das opções a serem adotadas (ROVEDDER; ELTZ, 2008). A técnica se baseia em plantio de espécies vegetais (OLIVEIRA et al., 2015), sendo que, deve-se buscar espécies de ocorrência na região de entorno do empreendimento, já que, as mesmas possuem melhor adaptação às condições ambientais locais.

A revegetação está embasada na Instrução Normativa nº 5, de 8 de setembro de 2009 (BRASIL, 2009), a qual dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes - APP e da Reserva Legal, instituídas pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 e, revisada a partir do novo Código Florestal Brasileiro, lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

Esses ambientes reflorestados desempenham importantes funções na estabilização dos ecossistemas, assim como na conservação da biodiversidade (FERREIRA, 2006). Dentre as importantes funções desempenhadas ao ecossistema, cita-se: distribuição pluviométrica uniforme e gradativa, diminuição dos impactos das gotas de água sobre a superfície do solo, diminuição da erosão nas margens dos cursos d'água (BOTELHO et al., 1995), redução dos

efeitos de enchentes, manutenção da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos, contribuindo na proteção e manutenção da fauna, entre outras.

O reestabelecimento do equilíbrio de áreas naturais perturbadas durante e após a construção de empreendimentos, tem sido uma medida moderna e imposta pelos órgãos fiscalizadores e pela sociedade, uma vez que, o meio ambiente é um bem comum a todos (BRASIL, 1988).

Neste sentido, a revegetação com espécies arbóreas nativas é sem dúvida umas das técnicas mais usadas e indicadas em projetos de recuperação de áreas degradadas. No entanto, sua eficácia está diretamente relacionada na escolha correta das espécies adaptadas às condições locais (MELOTTO et al., 2009). Essas espécies vegetais estão distribuídas em três grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e clímax), sendo que, cada grupo tem exigências diferentes quanto à radiação solar (SANTOS et al., 2004).

Essas espécies, quando plantadas nas áreas em processo de recuperação, ficam expostas a vários fatores estressantes relacionados às condições edafoclimáticas. O estresse dessas plantas pode ser reduzido mediante à técnica adotada na recomposição do ambiente degradado. Neste sentido, a nucleação de Anderson (ANDERSON, 1953) proporciona às espécies uma interação positiva, sendo que, as espécies pioneiras dão condições melhores ao desenvolvimento das secundárias, estas por sua vez, favorecem as climáticas, tidas como espécies de sombra (SANTOS et al., 2004).

Sob condições naturais de campo, as plantas expressam algumas características típicas de cada tipo de estresse acometido. Esse fato pode ser gerado por fatores bióticos e abióticos (ARAUJO, 2008), porém, em alguns casos, não perceptivos ao homem. Neste sentido, a ecofisiologia vem de encontro a essas questões, proporcionando a detecção dos estresses nas plantas, isso por meio das alterações ocorridas nos parâmetros ecofisiológicos.

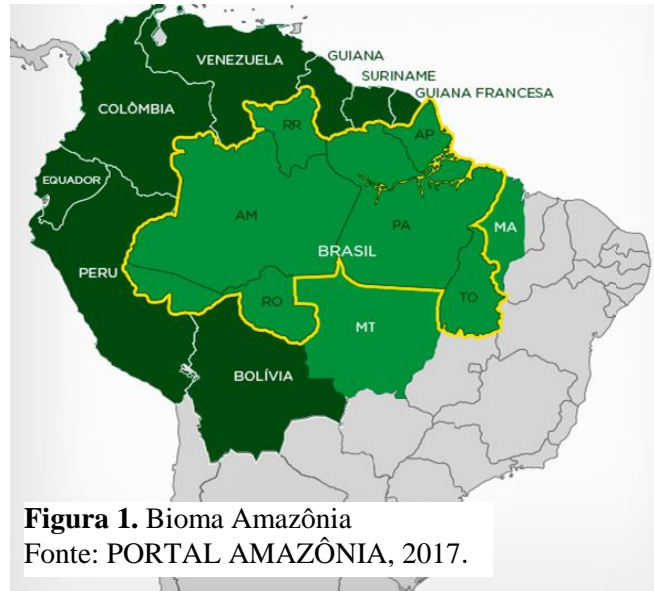
Mediante ao exposto, o experimento objetivou avaliar o comportamento ecofisiológico de espécies vegetais arbóreas utilizadas em revegetação de áreas antropizadas no ecótono Cerrado / Amazônia.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Os Biomas Amazônia e Cerrado

#### 2.1.1 Bioma Amazônia

A Amazônia (figura 1) é o maior bioma brasileiro (CARVALHO Jr., 1998), tendo uma área de 4.196. 943 milhões de km<sup>2</sup>, sendo composto por uma enorme diversidade de habitats, os quais são habitados por uma vasta representação da flora e fauna. A magnitude do bioma é impressionante, no qual pode-se destacar o maior rio e a maior reserva florestal do planeta, sendo



**Figura 1.** Bioma Amazônia  
Fonte: PORTAL AMAZÔNIA, 2017.

local de abrigo para mais de um terço das espécies existentes no mundo. Porém, apesar de sua magnitude, é um ambiente delicado (BRASIL, 2017b) e de baixa resiliência.

A floresta sobrevive da ciclagem de seu próprio material orgânico, em meio a um ambiente úmido, com índices pluviométricos elevados. Qualquer interferência no ambiente pode trazer danos irreversíveis ao seu equilíbrio (WWF-BRASIL, 2015). O Bioma Amazônia está distribuído em nove países: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela (AMAZÔNIA, 2009). A Amazônia destaca-se ainda por contribuir para a estabilização do clima mundial (NETTO; OLIVEIRA, 2008).

A floresta contribui com 2.500 espécies de árvores, o que corresponde a um terço da madeira tropical do planeta, ela é responsável por 30 mil das 100 mil espécies de plantas existentes na América Latina. Estima-se que a floresta possui um estoque de madeira em torno de 60 bilhões de metros cúbicos em tora de valor comercial (WWF-BRASIL, 2015).

A bacia do Rio Amazonas drena uma área correspondente a 6 milhões de km<sup>2</sup>, sendo alimentada por cerca de 1.100 afluentes, o que corresponde à maior bacia hidrográfica do planeta. O Rio Amazonas lança no Oceano Atlântico cerca de 175 milhões de litros d'água a cada segundo (BRASIL/MMA, 2015a). A bacia drena sete países e corresponde a quase 40% da América do Sul e, por suas dimensões, é considerado o maior compartimento de água doce superficial do planeta (FILHO; TOMASELLA; TRANCOSO, 2007).

O bioma Amazônia é um dos mais ricos em recursos naturais do mundo: possui grande estoque de madeira, borracha, castanha, peixe, minérios e outros. A região apresenta



baixa densidade demográfica (dois habitantes por km<sup>2</sup>), no entanto, crescente urbanização (WWF-BRASIL, 2015). Devido a sua importância, o bioma carece de maior atenção por parte das políticas públicas, priorizando a sua conservação.

### 2.1.2 Bioma Cerrado

A região central do Brasil é composta por um mosaico de vegetação, solo, clima e topografia bem heterogêneos (WWF-BRASIL, 2015). É nessa região que se encontra o segundo maior bioma da América do Sul, o Cerrado, o qual ocupa uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup>, 22% do território brasileiro (figura 2). O bioma incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e



**Figura 2.** Bioma cerrado.

Fonte: WWF-BRASIL, 2016.

Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas. O Cerrado possui um elevado potencial aquífero, sendo ele é responsável pelas três maiores bacias hidrográficas da América do Sul – Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata -, o que contribui para o aumento da biodiversidade (BRASIL/MMA, 2015a).

O bioma é considerado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, apresentando extrema abundância de espécies endêmicas e, uma excepcional perda de habitat (FERREIRA; FERREIRA; FERREIRA, 2004). Levando em consideração a diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas catalogadas, cerca de 199 espécies de mamíferos, 837 espécies da avifauna, 1200 espécies de peixes, 180 espécies de répteis, 150 espécies de anfíbios, além do fato que o Cerrado é o abrigo de 13% das borboletas, 35% das abelhas e 23% dos cupins (BRASIL/MMA, 2015a; MUELLER; MARTHA JÚNIOR, 2008).

O Cerrado é composto por uma diversidade de fisionomias na constituição de suas paisagens, que vão desde o cerradão (com árvores altas e boa densidade), até o campo sujo e campo limpo (tendo gradativa redução da densidade arbórea) (SCARIOT et al., 2005). O bioma apresenta ao longo das nascentes e rios, uma vegetação com características bem específicas, conhecidas como florestas de galeria ou matas ciliares. Essa heterogeneidade

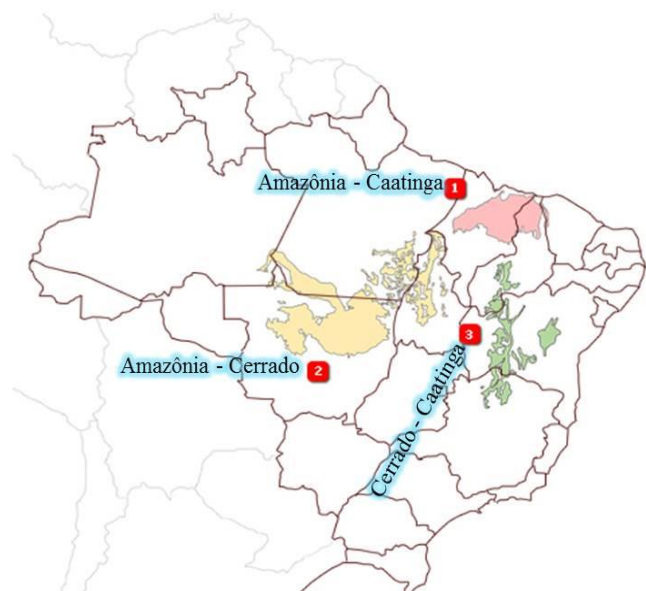
abrange muitas comunidades de mamíferos e de invertebrados, além de uma importante diversidade de microrganismos, tais como fungos associados às plantas da região (WWF-BRASIL, 2015).

As diferentes fisionomias apresentadas pelo bioma proporciona uma gama de espécies com potenciais de uso medicinal, em torno de 220 espécies e mais 416 indicadas na recuperação de solos degradados, podendo ser empregadas como barreiras contra o vento, proteção contra a erosão, ou para criar habitat de predadores naturais de pragas, além de ser fonte para mais de 10 tipos de frutos comestíveis e comercializados pela população local nos centros urbanos (BRASIL/MMA, 2015a).

Estudos recentes apontam que inúmeras espécies de plantas e animais estão em risco de extinção, sendo que, 20% das espécies nativas e endêmicas já não ocorram em áreas protegidas e que pelo menos 137 espécies de animais que ocorrem no Cerrado estão ameaçadas de extinção. Depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações antrópicas. Nas últimas décadas, o processo de degradação do Cerrado, agravou-se ainda mais devido à expansão da fronteira agrícola (QUEIROZ, 2009), produção de carvão, entre outros. Embora o reconhecimento de sua importância biológica, o Cerrado possui a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral, em torno de 8,2 de seu território (BRASIL/MMA, 2015a).

## 2.2 Zonas de Transição

As zonas de transição são áreas que apresentam características de duas ou mais fisionomias vegetais diferentes, esses ambientes também são conhecidos como região de ecótono. Esse mosaico proporcionado pelos diferentes tipos de vegetação é uma característica bastante comum existente entre os biomas brasileiros. Segundo a WWF-BRASIL (2015), o país possui três zonas formadas entre os diferentes biomas



**Figura 3.** Zona de Transição.  
Fonte: WWF-BRASIL, 2017.

(figura 3), destacando as fitofisionomias transitórias entre o Cerrado e a Amazônia, com área de 414.007 km<sup>2</sup>, a qual envolvendo as florestas secas de Mato Grosso e as florestas de babaçu do Maranhão; a zona de transição Amazônia-Caatinga, com área de 144.583 km<sup>2</sup> e a zona

encontrada entre a Caatinga e o Cerrado, com 115.108 km<sup>2</sup> de área. Essas áreas apresentam elevada biodiversidade, o que as tornam um importante corredor gênico, ligando as diferentes fitofisionomias que compõem a flora brasileira.

### **2.3 Recuperação de Áreas Degradadas**

O Brasil possui uma dimensão comparada a alguns continentes, o que contribui para uma vasta diversidade de biomas. O País, por possuir vários biomas em seu território, apresenta uma enorme biodiversidade genética, o que proporciona a ele o título de patrimônio natural do planeta, apresentando inúmeras espécies endêmicas, fruto da diversidade de espécies e habitats encontrados nos biomas. Contudo, esse patrimônio natural está ameaçado pela antropogênese (ocupação humana), processo este que tem acontecido de forma descontrolada, sem planejamento, desconsiderando as possíveis consequências desse processo para o meio ambiente (SANTOS et al., 2004).

A interferência do homem sobre o meio ambiente traz consequências prejudiciais aos recursos naturais do planeta. Os setores industriais, imobiliários, a construção de estradas, a monocultura agrícola, a pecuária e a mineração são algumas das atividades antrópicas que mais impactam o meio ambiente, causando danos aos recursos hídricos e edáficos e na biodiversidade da flora e fauna. A recuperação desses ambientes degradados é uma tentativa de mitigar um dano, sendo que, na maioria das vezes, poderia ser evitado (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

Alguns ambientes que sofreram a supressão da vegetação e que foram abandonados apresentam baixa capacidade de autorecuperação, carecendo de projetos de restauração florestal para sua adequação (IANNELLI-SERVIN, 2007). Uma das primeiras etapas nos projetos de recuperação consiste na avaliação do potencial de regeneração pelo banco ou chuva de sementes. Contudo, há casos em que a resiliência da área já foi afetada e os procedimentos indicados é a restauração por meio do plantio de mudas de espécies locais (KAGEYAMA; GANDARA, 2000), técnica conhecida como revegetação, método de regeneração mais praticado (SMITH, 1986).

. O processo de revegetação visa recompor os ambientes que tiveram a vegetação suprimida, dando preferência para as espécies vegetais de ocorrências na região, pois elas possuem melhores características adaptativas para suportar as adversidades ambientais do local degradado (LIMA FILHO; OLIVEIRA, 2007), o que favorecem os índices de pegamento dessas plantas nas áreas em processo de restauração florestal. Os plantios devem

ser heterogêneos, combinando espécies dos diferentes estádios de sucessão: pioneiras, secundárias e clímax (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; GLUFKE, 1999).

O processo de recuperação de áreas degradadas é antigo, no entanto, só recentemente adquiriu um caráter de uma área de conhecimento (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004). Os projetos de recuperação deixam de ser mera aplicação de práticas agronômicas ou silviculturais, para levar em consideração os processos ecológicos envolvidos no ecossistema.

Extraordinárias contribuições para a recuperação de áreas degradadas têm sido obtidas por meio de estudos a respeito da composição florística, estrutura de comunidades, dinâmica de clareiras, regeneração natural e parâmetros estruturais e genéticos de populações (RODRIGUÊS; GANDOLFI, 2001).

Informações relacionadas a respeito da fitossociologia, autoecologia de espécies, aspectos silviculturais de coleta de sementes, produção de mudas e conhecimentos sobre o comportamento sucessional das espécies usadas em plantio de recuperação, são informações relevantes para o embasamento de pesquisas sobre recuperação de áreas degradadas (FONSECA et al., 2001).

Ao propor um projeto de recuperação de áreas degradadas, podem ser adotadas diversas práticas em sua execução, como: Isolamento da área, retirada dos fatores de degradação, eliminação seletiva ou desbaste de espécies competidoras, adensamento de espécies, implantação de consórcio de espécies, indução da regeneração natural, transferência ou transplante de propágulos, aproveitamento da camada superficial do solo (serapilheira), implantação de espécies pioneiras atrativas à fauna, enriquecimento com espécies de interesse econômico e semeadura a lanço (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001; ARAKI, 2005).

### **2.3.1 Legislação Brasileira Sobre Recuperação de Áreas Degradadas**

O processo de recuperação de áreas degradadas está intimamente ligado à ciência da restauração ecológica. Na prática, se tem como objetivo o restabelecimento de um ecossistema degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado e restaurado, quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais (BRASIL/MMA, 2015b). A natureza, por meio de seus ciclos sucessionais e minerais consegue se desenvolver harmoniosamente.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu art. 2º, distingue, para seus fins, um ecossistema “recuperado” de um “restaurado”, da seguinte forma: Recuperação - restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada,

que pode ser diferente de sua condição original; Restauração - restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada ao mais próximo possível da sua condição original (BRASIL/MMA, 2015b).

### 2.3.1.1 Base Legal

A obrigatoriedade de recuperar as áreas degradadas encontra respaldo na Constituição Federal de 1988, em seu art. 225. O Artigo 225 relata que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado - bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida -, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Além da Constituição Federal, os governantes buscam a conservação dos ambientes naturais por meio de leis complementares, como é o caso da instrução normativa número 4, de 13 de abril de 2011 (tabela 1), a qual rege sobre os procedimentos necessários para a recuperação de áreas antropizadas.

**Tabela 1.** Instrução normativa número 4, de 13 de abril de 2011.

Art. 1º	Estabelecer procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD ou Área Alterada;
Art. 6º	Quando for proposta a implantação direta de espécies vegetais, sejam por mudas, sementes ou outras formas de propágulo, deverão ser utilizadas espécies nativas da região na qual estará inserido o projeto de recuperação, incluindo-se, também, aquelas espécies ameaçadas de extinção, as quais deverão ser destacadas no projeto;
Art. 8º	As espécies vegetais utilizadas deverão ser listadas e identificadas por família, nome científico e respectivo nome vulgar;
Art. 9º	Na propriedade ou posse do agricultor familiar, do empreendedor familiar rural ou dos povos e comunidades tradicionais, poderão ser utilizados Sistemas Agroflorestais – SAF, desde que devidamente justificado no PRAD Simplificado;
Art. 12.	Todos os tratos culturais e intervenções que se fizerem necessários durante o processo de recuperação das áreas degradadas ou alteradas deverão ser detalhados no PRAD e no PRAD Simplificado; Parágrafo único. Quando necessário o controle de espécies invasoras, de pragas e de doenças deverão ser utilizados métodos e produtos que causem o menor impacto possível, observando-se técnicas e normas aplicáveis a cada caso.

Art. 13.	O monitoramento e conseqüente avaliação do PRAD e do PRAD Simplificado é de 03 (três) anos após sua implantação, podendo ser prorrogado por igual período;
Art. 17.	Ao final da execução do PRAD, deverá ser apresentado Relatório de Avaliação com indicativos que permitam aferir o grau e a efetividade da recuperação da área e contemplem a recuperação das funções e formas ecossistêmicas no contexto da bacia, da sub-bacia ou da microbacia.

**Fonte:** BRASIL/MMA/IBAMA (2011).

## 2.4 Ecofisiologia Vegetal

A ecofisiologia estuda o funcionamento dos organismos vegetais e como eles respondem às mudanças em seus ambientes naturais (RIBEIRO, 2017). As informações obtidas por meio da ecofisiologia possibilitam o diagnóstico do estado nutricional e fisiológico dos vegetais e, como as plantas respondem às diversas condições promotoras de estresse (SILVA et al., 2011). A detecção do estresse na planta possibilita a tomada de decisão em relação aos tratamentos culturais que serão aplicados na área em processo de recomposição florestal.

Após esse diagnóstico, têm-se as espécies vegetais que melhor respondem aos diferentes locais em processo de recuperação, o que ratifica a importância da seleção de espécies vegetais adaptadas às condições edafoclimáticas locais (MELOTTO et al., 2009). A boa adaptação das espécies a esses locais proporcionam a redução do tempo de conclusão do projeto e, conseqüentemente a redução dos custos finais.

O conhecimento do comportamento das espécies vegetais frente aos estresses ambientais visa à compreensão das respostas fisiológicas aos diferentes estímulos físicos e biológicos, como também suas adaptações evolutivas para superá-las (PEARCY, 1987). Deste modo, pesquisas relacionadas à ecofisiologia das espécies nativas usadas na recomposição florestal podem auxiliar na adequação das metodologias de restauração visando garantir o sucesso dessas ações e a perpetuação das áreas restauradas, proporcionando melhor compreensão das relações ecológicas que formam as florestas (IANNELLI-SERVIN, 2007). O mesmo autor relata que os dados obtidos nessas pesquisas podem auxiliar na escolha das espécies para cada tipo de ambiente a ser restaurado, dada à flexibilidade em se adaptarem às variações ambientais. Essas informações contribuem para o esclarecimento da dinâmica de sucessão nas florestas (PEZZOPANE et al., 2002).

### 2.4.1 Estimativa do teor de Clorofila

As características ecofisiológicas das espécies se alteram de acordo com os diferentes estádios de sucessão e com a duração do período de vida das espécies e essas alterações podem ser indicadas pelo metabolismo primário de Nitrogênio (N) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Dentre os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, o nitrogênio é sem dúvida e amplamente reconhecido como um fator chave no funcionamento dos ecossistemas terrestres, determinando o desempenho das plantas e a distribuição das espécies (SCHIMANN et al., 2008), desempenhando um papel fundamental nos processos ecológicos, tais como produtividade, ciclagem de carbono e nutrientes no solo (VITOUSEK et al., 2002).

O N é essencial na vida do vegetal, faz parte da síntese de vários componentes celulares, sua falta ou deficiência pode afetar drasticamente os processos envolvidos na fotossíntese, provocando estresses na planta e, conseqüentemente redução dos pigmentos cloroplastídicos. Dentre os pigmentos vegetais, Marengo e Lopes (2009) relatam que as clorofilas são as responsáveis pela captação de radiação solar que durante o processo de fotossíntese é convertida em energia química na forma de ATP e NADPH.

Como forma de avaliar o estado nutricional das plantas, é imprescindível a determinação dos teores de clorofila da folha, pois, as atividades fotossintéticas das plantas dependem da capacidade de absorção de luz. Essa determinação dos pigmentos geralmente é feita por meio da extração em laboratórios, a qual é demorada e dispendiosa, além de causar a destruição de parte do vegetal, o que leva à necessidade de procedimentos práticos, de baixo custo, rápidos, precisos e sem serem destrutivos (SALLA; RODRIGUES; MARENCO, 2007).

Com o objetivo de tornar o processo mais dinâmico e não destrutivo, o teor relativo de clorofila passou a ser mensurado por meio do clorofilômetro ou simplesmente SPAD (*soil plant analysis development*), um método alternativo aos procedimentos convencionais. O clorofilômetro é um instrumento portátil que mede o grau de enverdecimento da planta em unidades SPAD (SALLA; RODRIGUES; MARENCO, 2007).

O clorofilômetro permite estimar, de forma rápida e barata o teor de clorofila nas folhas das plantas e, com isto, pode contribuir para a suplementação eficiente de fertilizantes nitrogenados (SANT'ANA et al., 2010). De acordo com Argenta et al. (2001), o clorofilômetro é um equipamento muito difundido na diagnose nutricional dos teores de nitrogênio e de clorofila nas folhas em várias culturas.

Mesmo o clorofilômetro (SPAD) sendo um método bastante eficaz na estimação do teor de clorofila nas folhas dos vegetais, faltam estudos para relacionar os valores de SPAD

aos teores reais de clorofila da folha, principalmente quando se faz comparação desses valores com espécies arbóreas nativas (SALLA; RODRIGUES; MARENCO, 2007).

Morais et al. (2011) ao avaliar o uso de dendezeiro em sistema agroflorestal, relatam a importância do SPAD no diagnóstico nutricional da cultura. Os mesmos autores citam vários trabalhos que também utilizam o equipamento na diagnose nutricional de nitrogênio em diferentes culturas, como a do milho (ARGENTA et al., 2001; ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2004; ZOTARELLI et al., 2003; ROCHA et al., 2005; GODOY et al., 2007), cafeeiro (GODOY et al., 2008; REIS et al., 2006), feijoeiro (SILVEIRA et al., 2003), trigo (SENA JÚNIOR et al., 2008), algodoeiro (NEVES et al., 2005), batata (GIL et al., 2002), pimentão (GODOY et al., 2003), tomateiro (GUIMARÃES et al., 1999), mamoeiro (NETTO et al., 2002), capim-aruaana (JÚNIOR; MONTEIRO, 2006) e plantas ornamentais (DEMOTES-MAINARD et al., 2008).

O clorofilômetro por ser um instrumento portátil e de fácil manuseio, pode ser conduzido ao campo, proporcionando o diagnóstico rápido do teor de clorofila presente nas plantas, isso sem causar a destruição do tecido foliar (ARGENTA et al., 2001). Segundo Morais et al. (2011), o uso do equipamento favorece na redução de gastos e de tempo, já que não é preciso realizar todas as análises químicas, tornando o manejo da adubação mais eficiente e, ao mesmo tempo, disponibilizando os nutrientes na época de maior demanda pelo vegetal.

O teor de clorofila é mensurado pelo clorofilômetro mediante a emissão de um feixe de luz, o qual passa através da amostra da folha e atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos (ARGENTA et al., 2001; DANIEL et al., 2016). Por meio do conversor A/D, esses sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais (MINOLTA, 1989), sendo usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD, o qual é apresentado no visor do equipamento.

#### **2.4.2 Eficiência fotoquímica**

Os vegetais são seres autotróficos, ou seja, são capazes de produzir seu próprio alimento. Eles conseguem produzir seu alimento por meio da fotossíntese, processo este que envolve a síntese de carboidratos, sendo o gás carbônico e a água os precursores. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), a fotossíntese é a responsável pela geração da energia utilizada pelos organismos que habitam o planeta terra.

No processo fotossintético, os cloroplastos são os pigmentos responsáveis pela transformação da energia solar em energia química, o qual apresenta a coloração verde, isso



em função da presença da clorofila, a qual absorve a luz na faixa vermelho e azul (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A eficiência fotossintética depende diretamente da concentração de pigmentos fotossinteticamente ativos, os quais sob alta radiação solar se tornam um fator limitante (LARCHER, 2006). O excesso de luz que incide sobre os vegetais pode causar a fotoinibição (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; GONÇALVES et al., 2010; GRANDIS, 2010).

A fotoinibição compromete o funcionamento do aparato fotossintético, o que acarreta na redução da produção de fotoassimilados, interferindo no desenvolvimento da planta. A fotoinibição pode ser ocasionada pelo excesso de luz que chega sob a superfície foliar das plantas (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009), assim como pela alta temperatura (DIAS; MARENCO, 2007).

Segundo Araújo e Deminicis (2009), as plantas sob condições de campo estão sujeitas a estresses, seja pela baixa disponibilidade hídrica, elevadas temperaturas ou mesmo pelos altos níveis de irradiância, fatores estes que podem afetar diretamente os processos fotossintéticos.

Para evitar a fotoinibição e possíveis problemas ao fotossistema II, a planta dissipa o excesso de energia absorvida, no entanto, a eficiência quântica do processo fotossintético é reduzida. A dissipação pode se dar na forma de calor ou por meio da reflexão da energia luminosa, processo este conhecido como fluorescência (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; GONÇALVES et al., 2010). A fluorescência pode ser avaliada de várias maneiras, porém, um dos métodos mais utilizados é mediante a eficiência quântica máxima do fotossistema II, ou seja, através da relação entre a fluorescência variável ( $F_v$ ) e a fluorescência máxima ( $F_m$ ).

A razão  $F_v/F_m$  está relacionada à energia luminosa absorvida pelas clorofilas que é utilizada no transporte de elétrons (MARENCO et al., 2014), sendo esta relação uma importante ferramenta na detecção de alterações na capacidade fotossintética das plantas em decorrência de estresse (CRUZ et al., 2009; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; SILVA, et al., 2015), o qual pode ser ocasionado por fatores bióticos e abióticos (DIAS; MARENCO, 2007).

Os valores considerados bons para a relação  $F_v/F_m$  podem variar de autor para autor, pois, para SILVA et al., (2015), valores superiores a 0,75 pode configurar plantas sem sintomas de estresse, já Osmond (1994) considera valores aceitáveis acima de 0,78, no entanto, Gonçalves et al. (2010) relatam que valores inferiores a 0,83 podem caracterizar plantas com sintomas de estresse. Para Martinazzo et al. (2013), a razão  $F_v/F_m$  não é um parâmetro confiável na detecção de estresse.

Outro importante parâmetro ecofisiológico usado na detecção de estresse em plantas é o índice de performance - PI, o qual desempenha um importante papel na avaliação do fluxo de elétrons entre os fotossistemas I e II (YUSUF et al., 2010; MARTINAZZO et al., 2013; PERBONI et al., 2015). O PI avalia a energia dissipada ou perdida durante o transporte de elétrons no processo fotossintético (CLARK, et al., 2000), sendo um dos parâmetros ecofisiológicos mais sensíveis na detecção de estresse (CHRISTENA, et al., 2007; GONÇALVES; SILVA; GUIMARÃES, 2009; GONÇALVES et al., 2010; HURTER, 2011; MARTINAZZO et al., 2013; SCHOCK et al., 2014).

### **2.4.3 Trocas gasosas**

O processo fotossintético acontece na parte aérea dos vegetais, principalmente nas folhas. No entanto, para que o processo aconteça se faz necessária a presença dos elementos minerais e a água, os quais estão disponíveis no solo. O transporte desses elementos acontece mediante os vasos condutores, sendo os vasos xilemáticos os responsáveis por levar essa solução das raízes à parte aérea das plantas (LACERDA, 2007).

Esses elementos minerais são levados até à parte aérea dos vegetais por meio da água translocada nos vasos condutores, sendo essa direcionada do solo à parte aérea das plantas mediante o déficit de pressão, ou seja, a água tende a se deslocar do meio hipotônico para o hipertônico, ou pela pressão negativa gerada no xilema por causa da transpiração (LACERDA, 2007).

Para que a água possa chegar até as folhas, é necessário que as plantas percam água para o ambiente, processo conhecido como transpiração. Nesse processo, os estômatos são os responsáveis pelo controle do fluxo de água no interior do vegetal. Os estômatos estão presentes nas folhas, sua abertura ou fechamento são controlados por fatores ambientais, tanto da atmosfera como do solo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Por meio da transpiração, a planta perde grande quantidade de água para a atmosfera. Apesar de a transpiração parecer ser um processo ruim para o desenvolvimento dos vegetais, ela contribui para o crescimento das plantas. É através da transpiração que a água se desloca no xilema até atingir as folhas, daí para a atmosfera. A transpiração é a responsável pelo resfriamento das folhas, que acontece devido à perda do vapor de água (MARENCO; LOPES, 2009). O problema da transpiração está relacionado com a disponibilidade hídrica presente no solo, sua deficiência pode acarretar na desidratação do vegetal. Para evitar a perda excessiva de água para a atmosfera, o mecanismo de defesa se baseia no fechamento estomático (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; RIBEIRO, 2010).

Os vegetais vivem um constante dilema para sua sobrevivência, pois, se os estômatos ficarem abertos eles perdem água para a atmosfera, podendo causar a sua desidratação ou mesmo levá-lo à morte. Outra opção que poderia ser adotada pela planta, seria manter os estômatos fechados, contudo, as trocas gasosas entre a planta e a atmosfera seriam comprometidas, sendo esse processo de suma importância para as trocas de calor entre a planta e o ambiente (BORGES, 2016).

Com o fechamento das células estomáticas, a quantidade de dióxido de carbono disponível para a fotossíntese é menor (LARCHER, 2006; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; TAIZ: ZEIGER, 2013), o que levaria à redução na produção de fotoassimilados (SILVA, 2013), conseqüentemente, diminuindo as taxa de crescimento das plantas (TAIZ: ZEIGER, 2013).

Na natureza, os vegetais estão sujeitos a todos os intemperies, condições estas que colocam-os sob estresse, seja por déficit hídrico (SILVA et al., 2014), elevada temperatura (SILVA, 2013), ou pelo excesso de radiação luminosa (MARENCO; LOPES, 2009; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Neste sentido, a ecofisiologia possibilita compreender com maior clareza os processos envolvidos nas respostas fisiológicas das plantas (PEREIRA, 2010) e, por meio dos parâmetros ecofisiológicos, têm-se a capacidade de diagnosticar se uma planta encontra-se com algum grau de estresse. Essas informações são importantes para as tomadas de decisões em relação aos tratos culturais que serão indicados para as espécies usadas na recuperação dos ambientes antropizados.

O conhecimento a respeito do comportamento das espécies vegetais a serem usadas nos programas de recuperação de áreas degradadas, dita a eficiência ou não dos mesmos, pois sua efetividade depende diretamente do seu comportamento ecofisiológico nesses ambientes em restauração (IANNELLI-SERVÍN, 2007). Essas informações proporcionam à correta indicação das espécies e como elas serão distribuídas no campo.

Cada espécie vegetal possui um metabolismo próprio, o que confere a elas sua adaptação aos mais variados ambientes, daí a importância de se intercalar os diferentes grupos sucessionais no processo de restauração florestal.

O grupo das espécies pioneiras desempenha um importantíssimo papel na estabilidade local, elas conseguem se adaptar aos mais variados tipos de solos e tem preferência por áreas abertas com elevada irradiância. Apresenta maior flexibilidade fotossintética às mudanças nos níveis de luz (IANNELLI-SERVÍN, 2007), o que lhes conferem as maiores taxas de fotossíntese (GRANDIS, 2010), assim como maior densidade

de células estomáticas (FERMINO JUNIOR et al., 2004). Apresenta também maiores índices de transpiração e condutância estomática (TONELLO; FILHO, 2012).

As espécies pioneiras possuem crescimento rápido (RODRIGUES et al., 2009), o que proporciona uma rápida cobertura do solo, contribuindo para a formação de um micro-habitat, assim, favorecendo o estabelecimento das espécies tolerantes ao sombreamento.

O grupo sucessional das secundárias se estabelece em ambientes de meia luz, possuem crescimento inferior ao das pioneiras, no entanto, apresenta maior tempo de vida. Já o grupo das climácicas possui melhor adaptação em ambientes sombreados, isso na sua fase juvenil (TONELLO; FILHO, 2012), contudo, quando adultas, são elas que dominam as florestas maduras.

As espécies pertencentes ao grupo das climácicas se caracterizam por apresentar crescimento lento, sua estrutura é constituída por altos teores de lignina (GRANDIS, 2010), podendo viver por mais de séculos. São as espécies tidas como madeira de lei, pois apresentam boas características de resistência e durabilidade, o que confere o seu uso nos mais variados segmentos da construção.

Segundo Tonello e Filho (2011), as características intrínsecas do ambiente têm influência direta nos parâmetros ecofisiológicas, como: condutância estomática, fotossíntese e transpiração. Nesse sentido, o relacionamento entre os grupos sucessionais favorece as trocas gasosas entre o solo-planta-atmosfera, pois as plantas nessas condições encontram-se mais aclimatadas, o que contribui para a permanência dos estômatos abertos por mais tempo, auxiliando na regulação da temperatura interna mediante a transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A técnica escolhida no processo de recomposição florestal influencia diretamente o comportamento ecofisiológicos das espécies vegetais envolvidas. Neste sentido, a nucleação de Anderson (ANDERSON, 1953) contribui positivamente no estabelecimento das espécies mais exigentes em condições ambientais amenas, como é o caso dos grupos ecológicos das secundárias e climácicas. Pelo fato de não haver restrição no funcionamento do aparato fotossintético dessas plantas, o seu desenvolvimento é melhor otimizado, o que favorece na conclusão dos projetos de recuperação de áreas degradadas.

### 3 REFERÊNCIAS

AMAZÔNIA 2009. **Áreas Protegidas e Territórios Indígenas**. Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (RAISG). 2009.

ANDERSON, M. L. Spaced - Group planting. **Unasyuva**, Rome, v. 7, n. 2, p. 61-70, 1953.

ARAKI, D.F. **Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para a recuperação de áreas degradadas**. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Esalq, Piracicaba, SP, 2005. 150 p.

ARAUJO, L. C. de. **Influência da disponibilidade de água no desenvolvimento de plantas de capim-marandu e milho: cultivo solteiro e consorciado**. 2008. 97 f. Dissertação (mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba - SP, 2008.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p.158-167, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, F. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, v. 34, n.5, p.1379-1387, 2004.

BORGES, J. De S. **Proteômica quantitativa e metabolômica de híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*, tolerante e susceptível ao déficit hídrico**. 2016. 124 f. Tese (doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2016.

BOTELHO, S.A; DAVIDE, A. C.; PRADO, N. S.; FONSECA, E. M. B. F. **Implantação de mata ciliar. Companhia Energética de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CEMIG, UFLA, 1995. 28 p.

BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Presidência da República – Casa Civil – Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília – DF, 1988.

BRASIL, Gabinete do Ministro – Instrução normativa Nº 5, dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes e da Reserva Legal instituídas pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União** – Seção 1, Nº 172, Brasília – DF, 2009.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Amazônia**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 19 mar 2017a.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Espécies Ameaçadas de extinção**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/especies-ameacadas-de-extincao>>. Acesso em: 19 mar 2017b.

BRASIL, Presidência da República - Casa Civil – Subchefia para assuntos jurídicos. Decreto Nº 7.830, **Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências**. Brasília – DF, 2012.

BRASIL/MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Biomass Brasileiros - Amazônia**. Brasília/DF. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 10 jun 2015a.

BRASIL/MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Brasília/DF. <<http://www.mma.gov.br/destaques/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>>. Acessado em: 15 jun 2015b.

BRASIL/MMA/IBAMA, Ministério do Meio Ambiente - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução normativa Nº 4. Elaboração de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD ou Áreas Alteradas**, Brasília/DF, 2011.

CARVALHO Jr, J. A. Combustion completeness in a rainforest clearing experiment in Manaus, Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, n. 11, p. 13195-13199, 1998.

CHAVES, M. do P. S. R.; RODRIGUES, D. C. B. Desenvolvimento sustentável: limites e perspectivas no debate contemporâneo. **Interações – Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 8, n. 13, p. 99-106, 2006.

CHRISTENA, D.; SCHÖNMANN, S.; JERMINI, M.; STRASSER, R. J.; DÉFAGO, G. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca

disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, p. 504-514, 2007.

CLARK, A. J.; LANDOLT, W.; BUCHER, J. B.; STRASSER, R. J. Beech (*Fagus sylvatica*) response to ozone exposure assessed with a chlorophyll a fluorescence performance index. **Environmental Pollution**, v. 109, p. 501-507, 2000.

CRUZ, M. do C. M. D. A.; SIQUEIRA, D. L. de; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. (2009) Fluorescência da clorofila *a* em folhas de tangerineira ‘Ponkan’ e limeira ácida ‘Tahiti’ submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 3:896-901.

DANIEL, E. da S.; AMARANTE, C. V. T. do.; MARTIN, M. S. de.; MIQUELLUTI, D. J.; CAMPOS, M. L. Relação entre o teor absoluto e relativo de clorofila em folhas de vimeiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 307-312, 2016.

DEMOTES-MAINARD, S.; BOUMAZA, R.; MEYER, S.; CEROVIC, Z. G. Indicators of nitrogen status for ornamental woody plants based on optical measurements of leaf epidermal polyphenol and chlorophyll contents. **Scientia Horticulturae**, v. 115, p. 377-385, 2008.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J.C.B. **Recomposição de matas ciliares**: orientações básicas. São Paulo, SP, IF, n.4, p. 14, 1990. (Série Registros).

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesq. Agropec. Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.

FARIAS, G. M. de.; ZAMBERLAN, C. O. Expansão da fronteira agrícola: impacto das políticas de desenvolvimento regional no centro oeste brasileiro. **Rev. Bras. Planej. Desenvolvimento**, v. 2, n. 2, p. 58-68, 2013.

FERMINO JUNIOR, P. C. P.; PAULILO, M. T. S.; REIS, A.; SANTOS, M. Espécies pioneiras e clamácicas da floresta ombrófila densa: Anatomia foliar comparada. **INSULA**, Florianópolis, n. 33, p. 21-37, 2004.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E; FERREIRA, N. C. Remaining Vegetation Cover in Goiás: **Distribution, Ecological Feasibility, and Monitoring**. Goiânia. 2004.

FERREIRA, W. C. **Estabelecimento de mata ciliar em áreas degradada e perturbada**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras, MG, 2006.

FILHO, A. C.; TOMASELLA, J.; TRANCOSO, R. Amazônia, desflorestamento e água. **In Ciência Hoje**, V. 40, n. 239, p. 30-37, 2007.

FONSECA, C. E. L.; RIBEIRO, J. F.; SOUZA, C. C.; REZENDE, R. P.; BALBINO, V. K. Recuperação da vegetação de Matas de Galeria: estudos de caso no Distrito Federal e Entorno. In: José Felipe Ribeiro; Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca; José Carlos Souza Silva. (Org.). Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Embrapa Cerrados. Brasília, DF, 2001. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 1 ed. Vol.1. p. 815-870.

GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GLUFKE, C. **Espécies florestais recomendadas para recuperação de áreas degradadas**. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. 48p.

GODOY, L.J.G.; SANTOS, T.S.; VILLAS BÔAS, R.L.; JÚNIOR, J.B.L. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 217-226, 2008.

GODOY, L.J.G.; SOUTO, L.S.; FERNANDES, D.M.; VILLAS BÔAS, R.L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.38-44, 2007.

GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 1049-1056, 2003.

GOMES, H. A caminhada do homem e a questão ambiental. **Fragmentos de Cultura**, Goiânia, v. 18, n. 3/4, p. 265-281, 2008.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E.; GUIMARÃES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de *Garapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 89-98, 2010.

GONÇALVES, J. F. de C.; SILVA, C. E. M. da.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.



GRANDIS, A. **Respostas fotossintéticas e de crescimento da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevada concentração de CO<sub>2</sub>**. 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H.; MONNERAT, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, v.58, n.1, p.209-216, 1999.

HURTER, C. M. **Estresses abióticos em plantas transformadas e não transformadas de tomate ‘Micro-Tom’ com diferentes expressões da sHSP22 mitocondrial**: Efeito do alagamento e de ciclos de alta e baixa temperatura. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011, 96 p.

IANNELLI-SERVÍN, C. M. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da Mata Atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo**. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2007.

JÚNIOR, J.L.; MONTEIRO, F.A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-aruaana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 30, p. 829-837, 2006.

KAGEYAMA, P.Y., GANDARA, F.G. Recuperação de Áreas Ciliares . In: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H.F. ; **Matas Ciliares : Conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 289 – 312p. 2000.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, SP: Rima, 2006. 531 p.

LACERDA, C. F de. **Relações solo-água-planta em ambientes naturais e agrícolas do nordeste brasileiro**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2007. 79 f.

LIMA FILHO, M; OLIVEIRA, V. P. S. **Projeto de revegetação de área degradada à margem do Rio Paraíba do Sul**. UPEA/CEFET Campos, 2007.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. DOS S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F. DE; SANTOS, J. K. DA S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 786-799, 2014.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V. de; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 35-41, 2013.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; GONTIJO NETO, M. M.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; SILVA, V. P. da. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3º ed., Viçosa: UVF, 2009. 486 p.

MELAZO, G. C. Percepção ambiental e educação ambiental: uma reflexão sobre as relações interpessoais e ambientais no espaço urbano. **Olhares & Trilhas**, Uberlândia, ano VI, n. 6, p. 45-51, 2005.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions. 1989. 22p.

MORAIS, R. R. de; TEIXEIRA, P. C.; LIMA, W. A. A. de; ROCHA, R. N. C. da; CASTELLANI, D. C.; SILVA, A. C. da. **Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de macro e micronutrientes em folíolos de dendezeiro em sistema agroflorestal**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. Anais... Belém, PA : SBSAF : Embrapa Amazônia Oriental: UFRA : CEPLAC : EMATER : ICRAF, 2011.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. In: Faleiro, F. G.; Farias Neto, A. L. (Org) **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, 2008. Embrapa Cerrados, cap. 4, p 105 – 172.

NETTO, A. T.; OLIVEIRA, J. A. **Amazônia Brasil**. São Paulo: Amazonia.br, 2008.

NETTO, A.T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; YAMANISHI, O.K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 14, n. 3, p. 203-210, 2002.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.; MARTINS, F.A.D.; PÁDUA, T.R.P.; PINHO, P.J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.40, n.5, p.517-521, 2005.

OLIVEIRA, A. P. G.; MARCÍLIO, G. S.; MENDES, D. F.; SOUZA, T. da S. de.; AMARAL, A. A. do. Revegetação, remediação e uso de geotécnicas para recuperação de ambientes degradados. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 212-225, 2015.

OSMOND, C. B. (1994) What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: Baker NR, Bowyer JR. (Ed.). Photoinhibition of photosynthesis, from molecular mechanisms to the field. pp 1-24. **Scientific Publishers**, Lancaster, United Kingdom.

PEARCY, R.W. Photosynthetic gas exchange responses of Australian tropical forest trees in canopy, gap and understory micro-environments. **Functional ecology**, v.1, p. 169. 1987.

PEIXOTO, R. Extinção da fauna e da flora. **Meio Ambiente**. Disponível em: < <http://meioambientebioetica.blogspot.com.br/2011/01/extincao-da-fauna-e-da-flora.html>>. Acesso em: 19 de mar. 2017.

PERBONI, A. T.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Baixas temperaturas sobre a fluorescência da clorofila a em plantas de diferentes híbridos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 215-222, 2015.

PEREIRA, A. A. **Efeito do estresse hídrico na expressão de genes da subfamília HD-Zip I em soja [*Glycine max* (L) Merrill]**. 2010. 39 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2010.

PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, G.G., REIS, M.G.F., HIGUCHI, P.H., POLLI, H.Q. Ecophysiological characterization of some tree species in a secondary seasonal semideciduous forest in the domain of the Atlantic Forest. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.2, p.273-281, 2002.

PORTAL AMAZÔNIA. **Amazônia Legal**. Disponível em: < <http://portalamazonia.com/>>. Acesso em: 19 de mar. 2017.

QUEIROZ, F.A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do Cerrado. **Soc. Nat.** v. 21, n. 2, p. 193-209, 2009.

REIS, A.R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v.65, n.1, p.163- 171, 2006.

RIBEIRO, I. L. A. da C. **Proteômica de cana-de-açúcar em condições de estresse hídrico**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2010.

RIBEIRO, K. D. K da F. **Ecofisiologia**. Mundo Educação. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/ecofisiologia.htm>>. Acesso em: 11 abr 2017.

ROCHA, R.N.C., GALVÃO, J.C.C., TEXEIRA, P.C., MIRANDA, G.V., AGNES, E.L., PEREIRA, P.R.G., LEITE, U.T. Relação do índice SPAD determinado pelo clorofilômetro com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.161-171, 2005.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. de F. (Eds) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, P. 235-248, 2001.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de Florestas Ciliares. In Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. EDUSP/FAPESP 3 ed., p. 235-247, 2004.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Florest. **Biological Conservation**, v. 12, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F. Revegetação com plantas de cobertura em solos arenizados sob erosão eólica no Rio Grande do Sul. Seção VI – Manejo e conservação do solo e da água. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 315-321, 2008.

SALLA, L.; RODRIGUES, J.C.; MARENCO, R.A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 159-161, 2007.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B. dos; SILVEIRA, P. M. da. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesq. Agropec. Trop.** Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496. 2010.

SANTOS, E.V.; FERREIRA, L.A.B.; LAMBERT, D.; SOUZA, C. L.; MENDES, E.A.P.; FERREIRA, I.M. A ocupação do bioma Cerrado: da expansão da fronteira agrícola aos dias atuais. In: **Anais do VII Simpósio de História**. Repensando o fazer histórico. Catalão – UFG, 2004.

SANTOS, J. H. da S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da.; SOUZA, A. L. de. SANTOS, E. de S.; MEUNIER, I. M. J. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004.

SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 2005.

SCHIMANN, H., PONTON, S., HATTENSCHWILER, S., FERRY, B., LENS, R., DOMENACH, A.M., ROGGY, J.C. Differing nitrogen use strategies of two tropical rainforest late successional tree species in French Guiana: Evidence from <sup>15</sup>N natural abundance and microbial activities. **Soil Biology & Biochemistry**. 2008. v. 40. p. 487–494.

SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pião-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2014.

SENA JÚNIOR, D.G.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M.; SANTOS, N.T.; KHOURY JÚNIOR, J.K. Discriminação entre estágios nutricionais na cultura do trigo com técnicas de visão artificial e medidor portátil de clorofila. **Eng. Agríc.**, v.28, n.1, p.187-195, 2008.

SILVA, P. E. de M.; SANTIAGO, E. F.; SILVA, E. M. da.; SÚAREZ, Y. R.; DALOSO, D. de M. Fluorescência da clorofila-a e variação da simetria como ferramentas de investigação de plantas sob estresse. **IDESIA** (chile), v. 29, n. 3, p. 45-52, 2011.

SILVA, I. M. de A. **Efeito do déficit hídrico sobre a expressão gênica e morfofisiologia em *Eucalyptus* spp.** 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2013.

SILVA, M. de A.; SANTOS, C. M. dos.; VITORINO, H. dos S.; RHEIN, A. F. de L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n. 9, p.1083-1087, 2003.

SMITH, D.M. **The practice of silviculture**. 8 ed. John Wiley, New York, 1986. 527p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5<sup>a</sup> ed. Porto Alegre; Artmed, 2013. 918 p.

TONELLO, K. C.; FILHO, J. T. Mudança de escala da transpiração foliar e condutância estomática de dois clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função de variáveis ambientais. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 253-264, 2011.

TONELLO, K. C.; FILHO, J. T. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 85-101, 2012.

VITOUSEK, P.M., CASSMAN, K.; CLEVELAND, C., CREWS, T., FIELD, C.B., GIMM, N.B., HOWARTH, R.W., MARINO, R., MARTINELLI, L., RASTETTER, E.B., SPRENT, J.I. Towards an ecological understanding of biological nitrogen fixation. **Biogeochemistry**, Dordrecht, 2002. v. 57, n. 1, p. 1-45.

WWF-Brasil, **Bioma Amazônia**. Disponível em:

<[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/biomas/bioma\\_amazonia/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_amazonia/)>. Acesso em: 12 jun 2015.

WWF-Brasil, **Cerrado**. Disponível em: <

[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/biomas/bioma\\_cerrado/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_cerrado/)>. Acesso em: 16 set 2016.

WWF-Brasil, **Zonas de Transição**. Disponível em: <

[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/biomas/bioma\\_transicao/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_transicao/)>. Acesso em: 02 abr 2017.

YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N. B. Overexpression of  $\gamma$ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.

ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1117-1122. 2003.

## **CAPÍTULO II**

---

# **ECOFISIOLOGIA DE ARBÓREAS UTILIZADAS EM REVEGETAÇÃO DE ÁREAS ANTROPIZADAS NO ECÓTONO CERRADO / AMAZÔNIA**

**Autor: Léo Vieira Leonel**

**Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis**

## **Resumo**

Na busca por conforto e capital, o homem vem moldando o Planeta Terra conforme as suas necessidades, o que tem acarretado ao ambiente profundas mudanças ao longo do tempo, levando à degradação de muitos habitats e, com isso, a extinção de espécies da fauna e flora. Porém, nas últimas décadas tem-se buscado mitigar os danos causados frente à natureza, tornando suas ações mais sustentáveis e, ao mesmo tempo, focando recuperar alguns desses habitats antes perturbados. Para recuperar esses ambientes, a técnica mais utilizada é a revegetação, prática que consiste no plantio de espécies arbóreas, priorizando as espécies nativas da região. No entanto, das muitas espécies utilizadas na recomposição florestal, algumas são de difícil adaptação, o que ocasiona altas taxas de mortalidade. Pensando nessa problemática, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar o comportamento ecofisiológico de arbóreas utilizadas em revegetação de áreas antropizadas no ecótono Cerrado / Amazônia. O experimento foi conduzido no município de Imperatriz, localizado na região sul do Maranhão. O delineamento experimental foi o fatorial 3 x 2 x 2, com 5 repetições. O experimento avaliou 3 fatores referentes às espécies arbóreas (espécies pioneiras, secundárias e clímax), 2 fatores de plantio (Plantio com hidrogel e sem hidrogel) e 2 fatores relacionados à luz (plantio à pleno sol e à sombra). Foram instalados 32 núcleos, cada núcleo foi composto por 3 mudas distribuídas nos diferentes grupos sucessionais. Foram utilizadas 96 mudas, dessas, 32 pioneiras, 32 secundárias e 32 climáticas. Os parâmetros ecofisiológicos avaliados no viveiro apresentaram diferença estatística, sendo que os resultados estão relacionados às características individuais de cada espécie, pois, todas estavam sob as mesmas condições edafoclimáticas. Já para os dados relacionados ao campo, os piores resultados foram observados na 3ª avaliação, o que pode ter sido influenciado pela baixa pluviometria ocorrida no período. Dentre as espécies estudadas na pesquisa, a *A. fraxinifolium* foi a que apresentou a melhor plasticidade fenotípica, o que proporcionou a sua adaptação às diferentes condições avaliadas. Em relação ao condicionante de solo, o seu uso foi mais eficaz para o desenvolvimento das mudas no período de estiagem e nas áreas a pleno sol. A ecofisiologia se apresentou como uma excelente ferramenta na detecção de possíveis estresses ocasionada nas mudas quando expostas às condições naturais de campo.

**Palavras-chave:** Recuperação. Antropizado. Fisiologia. Nucleação. Transição.



## 1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do homem no Planeta Terra, ele começou a moldá-lo conforme as suas necessidades. As ações do homem frente à natureza têm modificado muitos ambientes naturais. No entanto, essas ações têm se tornado insustentáveis e destrutivas (ALBURQUERQUE, 2007), ocasionando inúmeras mudanças nos habitats naturais, consequentemente, levando à extinção de espécies da flora e fauna (PEIXOTO, 2017; BRASIL, 2017), muitas das quais nem chegaram a ser catalogadas (MATA ATLÂNTICA NEW, 2017).

As ações degradantes só foram intensificadas nos últimos séculos, principalmente após a revolução industrial. As novas tecnologias proporcionaram o avanço do homem frente aos ambientes naturais. Esta intensificação foi impulsionada ainda mais pela revolução verde (NUNES, 2007), tendo os novos pacotes tecnológicos como o principal agravante.

Outro fator que agravou a destruição dos ambientes naturais foi o aumento demográfico. Com o aumento da população mundial, houve a necessidade de supressão da vegetação natural para dar lugar às habitações, aberturas de estradas, construção de grandes empreendimentos (refinarias de petróleo, hidrelétricas) e, à abertura de novas áreas para a produção agrícola (FARIAS; ZAMBERLAN, 2013), tais práticas ocasionaram impactos negativos aos ambientes naturais (PAULO, 2010).

Dentre as perturbações antrópicas, o desmatamento está entre as formas mais drásticas de degradação do meio ambiente (ABREU, 2014). O bioma Mata Atlântica foi o que mais sofreu com o desmatamento, sua exploração vem desde a era colonial (BARRETO; CEZAR, 2012). Estima-se que hoje o bioma possui apenas 7% de sua cobertura original (MOCHI JUNIOR, 2014). Assim como a Mata Atlântica, o bioma Cerrado e Amazônia tem sido alvo de desmatamento, intensificado nas últimas décadas.

Algumas dessas áreas sem vegetação estão localizadas em encostas de morros ou margeando os corpos hídricos, expondo-os aos processos erosivos (MIGUEL; SANTOS, 2007; SOUSA et al., 2013), o que agrava o arraste de solo, minerais e matéria orgânica, sendo esses materiais depositados geralmente nos leitos dos rios, ocasionando o assoreamento e contaminação das águas superficiais e subterrânea (MIGUEL; SANTOS, 2007), matando a vida marinha e intoxicando o ser humano.

Com o avanço da fronteira agrícola para o Cerrado e, posteriormente para a Amazônia, os problemas socioambientais do país têm-se agravado (SANTOS; DINIZ, 2004; SOUZA et al., 2010; WEIHS; SAYAGO, 2015). Ocorre que muitas dessas áreas antes florestadas, após o desmatamento são abandonadas (CAMARGO, 2004; HENTZ et al., 2013),

algumas vezes pelo fato do solo não oferecer condições físicas ou químicas para a agricultura, fruto de práticas inadequadas e predatória dos recursos naturais (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Para diminuir os impactos gerados pela ação antrópica, muitas dessas áreas precisam ser recompostas (HENTZ et al., 2013), ou seja, faz-se necessário a implantação de técnicas específicas para recuperação dessas áreas degradadas.

Nos dias atuais, a técnica mais usada para recuperação de áreas antropizadas é a revegetação (ROVEDDER; ELTZ, 2008). A técnica consiste no plantio de espécies vegetais de porte arbóreo, intercalando os diferentes grupos sucessionais: o grupo das espécies exigentes em luz e o grupo das espécies tolerantes à sombra (SILVA, 2010). Essa relação entre os grupos sucessionais é importante, pois cada grupo possui exigências diferentes quanto ao tipo de solo, luz e espaço.

As espécies tolerantes à luz (pioneiras) apresentam crescimento rápido (CAMARGO, 2004; SILVA, 2010; ACABORA; MALTONI; CASSIOLATO, 2011), se adaptam bem a condições de solos degradados e de baixa fertilidade. De acordo com Pereira e Rodrigues (2012), as espécies pioneiras proporcionam a proteção do solo e condições microclimáticas necessárias ao estabelecimento dos grupos sucessionais subsequentes.

Essas espécies quando expostas às condições de campo, são acometidas por fatores estressantes, sendo que é inerente às plantas responderem a qualquer tipo de estresse (SILVA, 2015), os quais estão relacionados a fatores bióticos e abióticos (ARAUJO, 2008).

O diagnóstico desses estresses é de fundamental importância para as devidas tomadas de decisões. Neste sentido, a ecofisiologia pode ser uma das melhores ferramentas para o diagnóstico desse estresse acometido pelas plantas.

Conforme o grau de estresse provocado nos vegetais, eles se comportam de forma específica, buscam rotas alternativas para driblar ou adaptam-se às novas condições impostas, o que geram profundas alterações no metabolismo das células vegetais (BETONI, 2009). Essas alterações são expressas mediante os parâmetros ecofisiológicos.

Os avanços tecnológicos possibilitaram mensurar o grau de estresse nos vegetais. Sendo que, para cada parâmetro ecofisiológico existe um nível aceitável, valores superiores ou inferiores a este nível, configura-se planta com estresse.

Mediante ao exposto, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar o comportamento ecofisiológico de arbóreas utilizadas em revegetação de áreas antropizadas no ecótono Cerrado / Amazônia.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

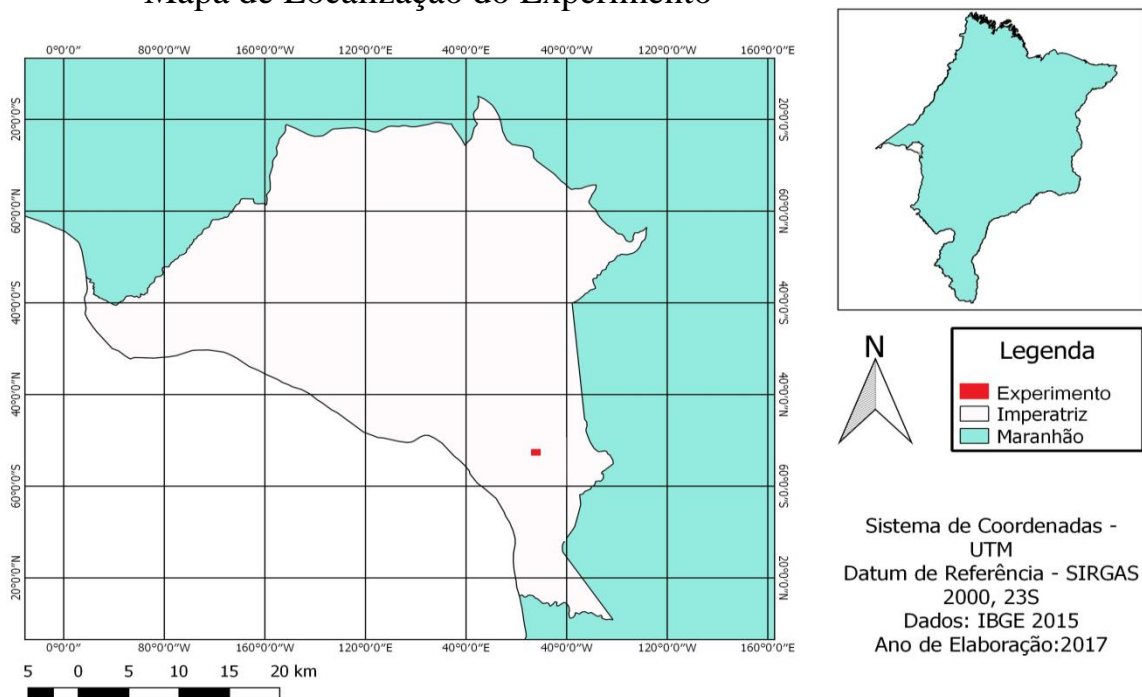
O experimento foi conduzido no município de Imperatriz, sob as coordenadas geográficas 5°28'42.56" S - 47°27'22.19" O, localizada na região sul do Estado do Maranhão (figura 4). O município possui área de 1.368,987 km<sup>2</sup>, com uma população de 253.123 habitantes (IBGE, 2015), estando situado a 639 km da capital São Luís.

O município está localizado à margem direita do rio Tocantins, o qual separa os estados do Maranhão e Tocantins. A região possui clima tropical (Aw), classificação climática proposta por Köppen-Geiger. Há duas estações bem definidas, a chuvosa que vai de dezembro a abril, e a seca de maio a novembro (IMPERATRIZ, 2017).

A cidade de Imperatriz está localizada em uma região de ecótono entre os dois maiores biomas brasileiros, o Cerrado e Amazônia. Por sua localização, Imperatriz apresenta uma alta diversidade paisagística, ora com vegetação típica do Cerrado, ora com característica da floresta amazônica, o que lhe confere o título de Portal da Amazônia (IMPERATRIZ, 2017).

O experimento em questão foi instalado em uma área antes florestada. Além da supressão da vegetação, o local sofreu outras ações antrópicas, como por exemplo, aterro com material argiloso, objetivando o nivelamento do terreno.

#### Mapa de Localização do Experimento

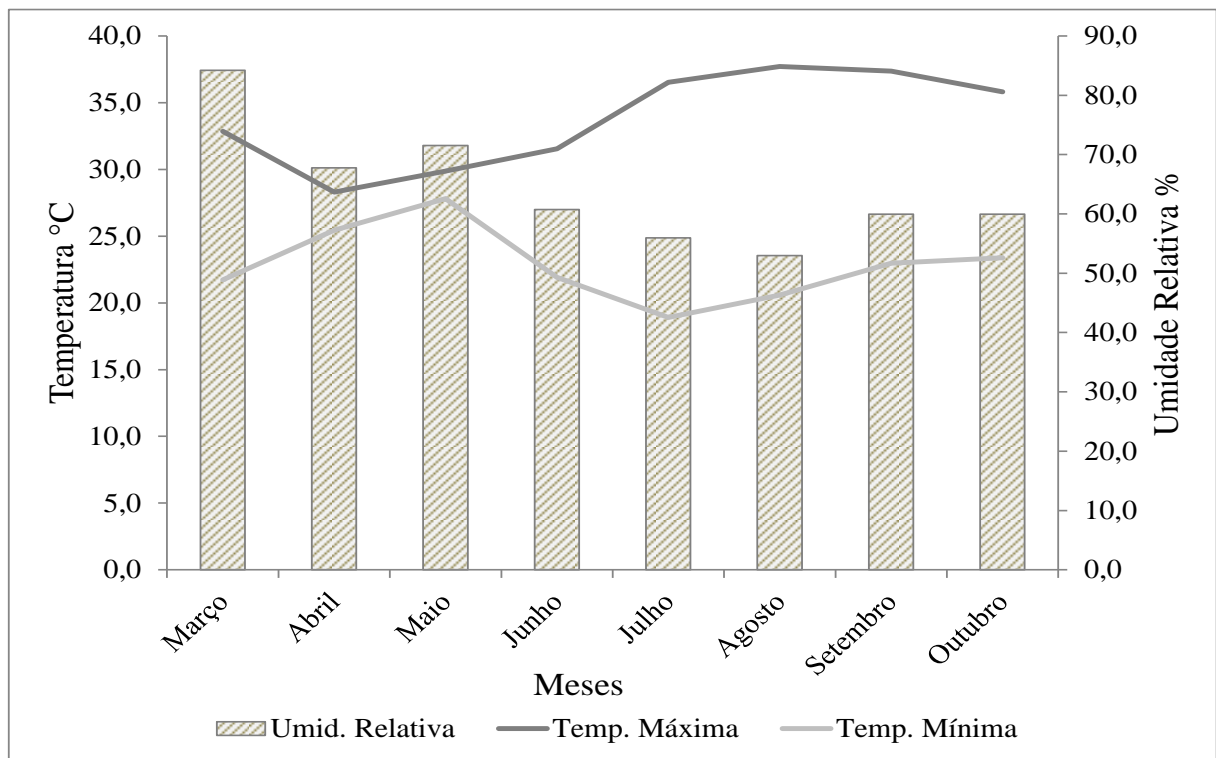


**Figura 4.** Mapa de localização do experimento, Imperatriz - MA.

## 2.2 Variáveis Climatológicas: Temperatura, Umidade Relativa, Precipitação e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)

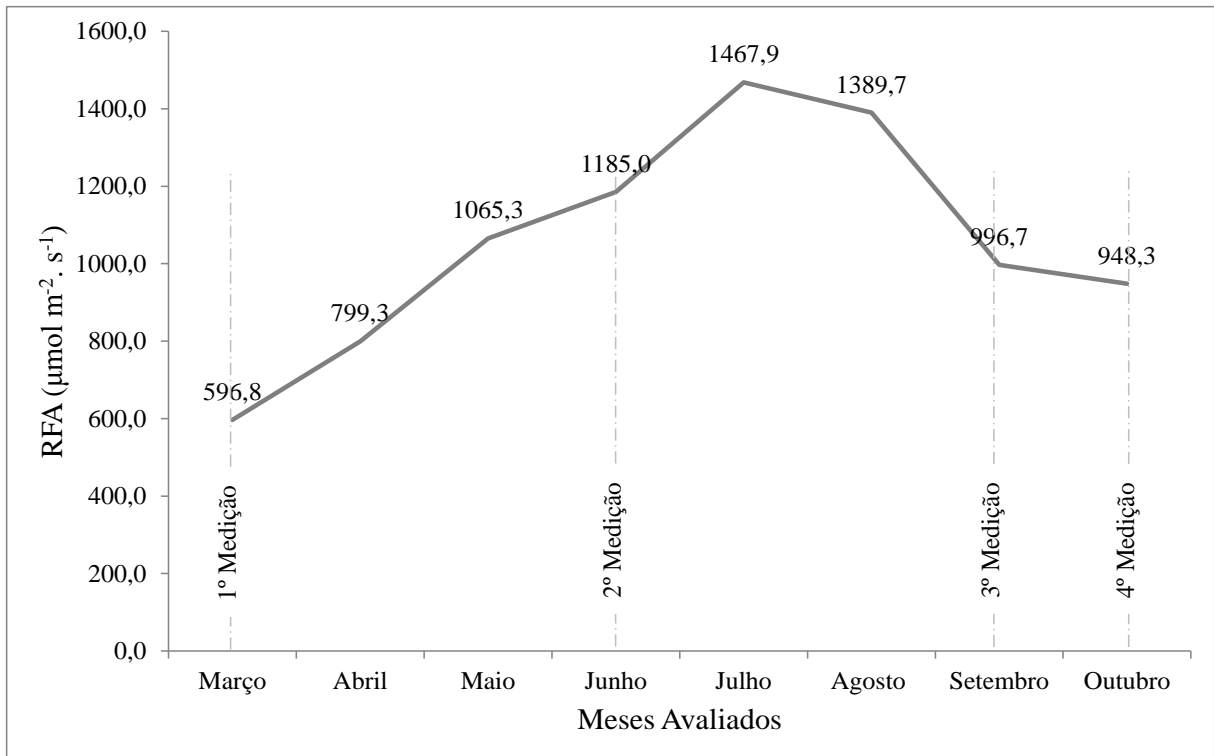
Na área experimental foi instalado uma mini estação meteorológica WatchDogs, a qual possuem internamente sensores que medem e armazenam valores de temperatura, umidade relativa e, externamente há um sensor de luz acoplado à mini estação, o qual capta a radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Por meio dos dados mensurados, observou-se que a temperatura e umidade relativa do ar ao longo dos meses avaliados, oscilaram entre a temperatura mínima de 18,9 a 27,8 °C e máxima de 28,3 a 37,7 °C, enquanto que a umidade relativa variou de 53 a 71,5% (figura 5).



**Figura 5.** Valores de temperatura máxima, mínima e umidade relativa, ao longo dos meses de março a outubro de 2016.

Os dados referentes à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) ocorrida no período oscilou entre os valores médios mínimo de  $596,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e máximos de  $1467,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , isso para os meses de março e julho, respectivamente (figura 6).

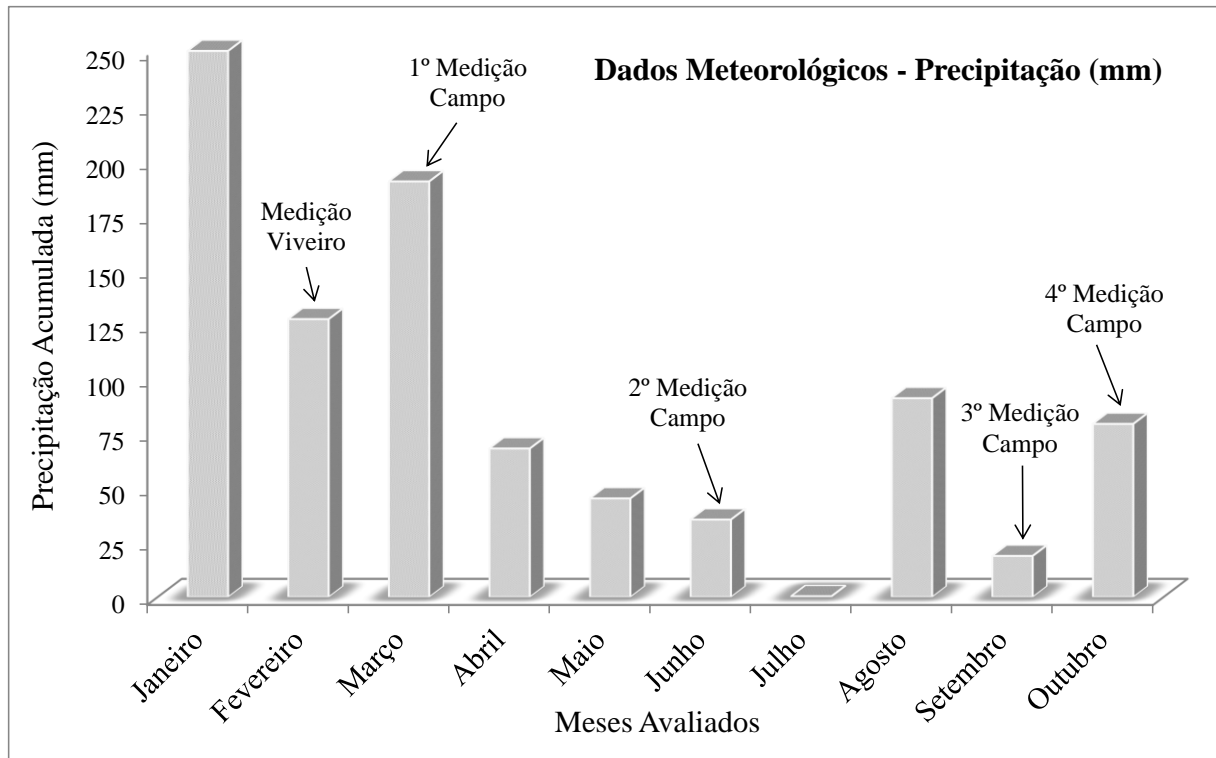


**Figura 6.** Radiação fotossinteticamente ativa – RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) ao longo dos meses de março a outubro de 2016.

Além dos dados climáticos fornecidos pela mini estação meteorológica, buscou-se dados oficiais fornecidos por empresas de monitoramento do clima localizadas próximas à região de instalação do experimento.

Mediante os dados climáticos fornecidos pelo banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa – BDMEP, estação meteorológica de Imperatriz – MA (OMM: 82564), pode-se fazer algumas considerações: A precipitação durante o presente estudo oscilou entre 250,7 mm a 0,4 mm, isso para os meses de janeiro e julho, respectivamente (figura 7).

O mês de janeiro foi o mais chuvoso (250,7 mm), tendo redução gradativa para os meses subsequentes, atingindo as piores médias no mês de julho (0,4 mm), período crítico para o desenvolvimento dos vegetais, pois, além da precipitação e umidade relativa do ar baixa, a temperatura encontrava-se em níveis elevados. Segundo Silva (2013), os atributos climáticos têm influência direta no processo produtivo, afetando o desenvolvimento das mudas no campo.

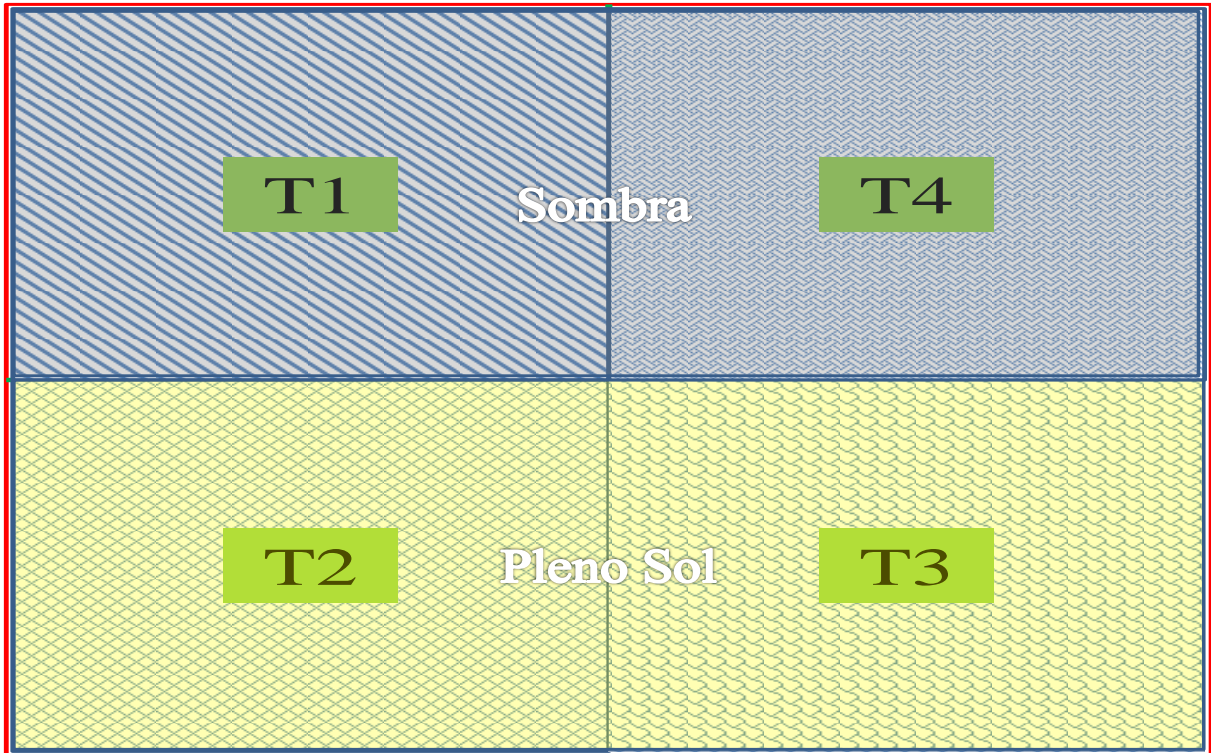


**Figura 7.** Dados meteorológicos do município de Imperatriz, precipitação pluviométrica total. Fonte: INMET/BDMEP, 2016.

### 2.3 Caracterizações física e química de solo

A área total do experimento foi subdividida em quatro subáreas (figura 8), correspondendo aos tratamentos aplicados. Para compor a amostra de solo enviada ao laboratório, foram coletados 8 pontos aleatórios em zig-zag, a uma profundidade de 20 cm, posteriormente, as amostras simples foram homogeneizadas, sendo retirada uma amostra composta contendo 300 g de solo.

As amostras de solos foram enviadas ao Laboratório de Química de solos – Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, São Luís – MA.



**Figura 8.** Croqui da área experimental. T1: Ambiente sombreado com aplicação de hidrogel; T2: Ambiente a pleno sol com aplicação de hidrogel; T3: Ambiente a pleno sol sem aplicação de hidrogel; T4: Ambiente sombreado sem aplicação de hidrogel.

Na tabela 2, consta a análise química de solo do experimento. De modo geral, o PH do solo situou-se na faixa ácida, em torno de 4,1. Em relação ao alumínio trocável, foi constatado a sua presença (3,8 mmol/dm<sup>3</sup>). O alumínio não é um bom indicativo de qualidade de solo, pois ele é tóxico para a maioria dos vegetais. Já a saturação por base (V%) ficou na faixa acima de 50%, sendo classificado como solo eutrófico.

**Tabela 2.** Análise química de solo

ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO - Resultados Analíticos do Solo													
MO	PH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	Al	H	CTC	Na/CTC	Al/Al+SB	V
g/dm <sup>3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mg/dm <sup>3</sup>				mmol/dm <sup>3</sup>						%	
9,5	4,1	17	4,45	24,5	13,3	7,0	49,2	3,8	37,3	90,2	7,8	8	55,1

Análise química de solo - experimento instalado no município de Imperatriz – MA.

Matéria orgânica – MO; Potencial de hidrogênio – PH; Fósforo – P; Potássio – K; Cálcio – Ca; Magnésio – Mg; Sódio – Na; Soma de bases – SB; Alumínio trocável – Al; Hidrogênio – H; Capacidade de troca de cátions – CTC; Saturação por bases – V.

A matéria orgânica presente no solo (9,5 g/dm<sup>3</sup>) contribui decisivamente no desenvolvimento das plantas, ela é a responsável pelo aumento das trocas gasosas, já que

melhora a estrutura física do solo. Em solos argilosos, por exemplo, a matéria orgânica desagrega as partículas de argila, favorecendo a infiltração de água no solo, melhora a estrutura química, disponibilizando de forma gradativa os elementos minerais essenciais ao desenvolvimento das plantas, tem efeito tampão, reduzindo as variações do PH na solução do solo.

Em relação à caracterização física, o solo foi classificado apresentado textura franca arenosa (tabela 3). Esse tipo de solo é bem característico na região de montagem do experimento.

**Tabela 3.** Análise física de solo

Composição Granulométrica				Condutividade de a 25°C mmhos/cm	H <sub>2</sub> O na pasta de saturação %	TEXTURA
AREIA GROSSA (2-0,2 mm)	AREIA FINA (0,02-0,05 mm)	SILTE (0,05-0,002 mm)	ARGILA (<0,002 mm)			
2	53	31	14	0,068	28,1	Franco Arenoso

Análise física de solo - experimento instalado no município de Imperatriz – MA.

Na área do experimento não foi aplicado nenhum procedimento objetivando corrigir as características físicas ou químicas de solo. A única intervenção ocorrida foi a abertura das covas e posterior plantio das plantas.

## 2.4 Instalação e condução do experimento

As mudas utilizadas no experimento são provenientes de espécies nativas da região, e foram doadas pelo Consórcio Estreito Energia – CESTE, localizado no município de Estreito - MA. As mudas foram produzidas em condições de viveiro com cobertura (tela de sombreamento) de 50% de interceptação de luz. A produção das mudas foi realizada em estrutura suspensa, utilizando tubetes plásticos com capacidade volumétrica de 175 cm<sup>3</sup>, sendo os mesmos acondicionados em bandejas de 54 células.

A produção e desenvolvimento das mudas no viveiro ocorreu de agosto de 2015 a fevereiro de 2016. O substrato utilizado na produção foi composto por cama de aviário (10 kg), areia (50 kg), NPK (4 14 8) (2,5 kg), barro vermelho (subsolo) (110 kg), substrato comercial (Bioplant) (32 kg), fosfato de rocha (3 kg) (figura 13A). Após o preparo do substrato (homogeneização dos insumos), foi feito o enchimento dos tubetes (figura 13B), e a organização das bandejas dentro do viveiro telado. Os tubetes receberam a primeira rega (microaspersão) e posteriormente o semeio das sementes (figura 13C).





**Figura 9.** Preparo do substrato (A), enchimento dos tubetes (B), semeio (C) e mudas pronta para plantio (D).

## 2.5 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi o fatorial triplo  $3 \times 2 \times 2$ , com 5 repetições. O experimento avaliou plantas arbóreas pertencentes aos 3 grupos ecológicos (pioneira, secundária e clímax), dois fatores de plantio (Plantio com hidrogel e sem hidrogel) e mais 2 fatores referentes à luz: pleno sol e à sombra.

O experimento foi composto por 32 núcleos (Anderson, 1953), cada núcleo constituído por 3 espécies (cada espécie representando um grupo sucessional diferente) (figura 10), totalizando 96 mudas, sendo: 32 indivíduos da espécie *Guazuma ulmifolia* Lam (pioneira), 32 indivíduos da espécie *Astronium fraxinifolium* Schott (secundária) e 32 indivíduos da espécie *Cariniana rubra* Gardner ex Miers (clímax). Desse quantitativo, apenas 60 mudas foram avaliadas mediante os parâmetros ecofisiológicos e suas respectivas biometrias. As 36 mudas não avaliadas fizeram parte do efeito de borda.

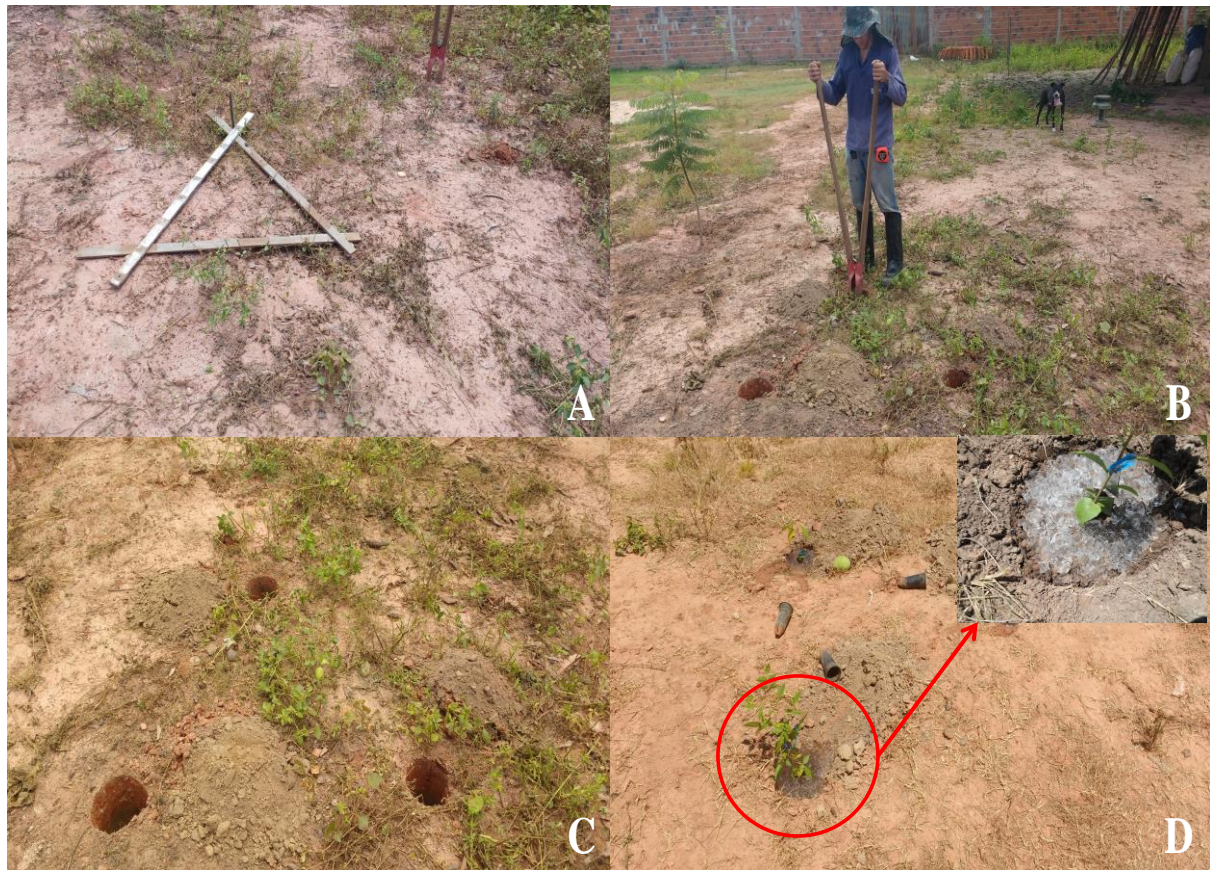
O condicionante de solo (hidrogel) utilizado na presente pesquisa foi o Hydroplan-EB/HyB (tabela 4). No ato do plantio das mudas foi utilizado um litro do produto já hidratado. Sendo o mesmo misturado ao solo que iria preencher a cova, após a homogeneização, foi colocado um pouco da mistura no fundo da cova e a muda fixada no centro, sendo preenchidos os espaços em suas laterais.



**Tabela 4.** Características físicas do condicionante de solo utilizado na pesquisa.

Características Físicas	
Aparência:	Pó branco
Tamanho da partícula:	< 1mm
Absorção teórica (g para 1 g):	500
Absorção prática (g para 1 g):	350
Absorção de água marinha (g para 1 g):	40
pH de água absorvida:	Neutro
Peso específico (em g/cm <sup>3</sup> ):	1:1
Peso específico aparente:	0,8
Tempo de absorção para 60% de equilíbrio (em minutos)	30
Estabilidade do produto seco (em anos)	5
Estabilidade do produto dilatado em solo de areia (em anos)	4

Fonte: Hydroplan-EB, 2017.



**Figura 10.** Marcação das covas no formato de triângulo (A); abertura das covas (B); Covas abertas (C) e plantio das mudas com hidrogel (D).

As demarcações das covas foram auxiliadas com um triângulo equilátero de madeira, tendo 1 metro de comprimento em cada lado (figura 10A). Após a demarcação das covas, elas foram abertas com o auxílio de cavadeira manual (figura 10B). As covas foram abertas com as seguintes dimensões: 25 cm de largura por 40 cm de profundidade.



Para a coleta dos dados ecofisiológicos, foi levada em consideração a terceira folha completamente expandida e madura do ramo principal, contada do ápice para a base. Essa mesma folha foi usada para a coleta de todos os parâmetros ecofisiológicos avaliados no experimento, ressaltando que ela se manteve conectada na planta.

Os tratamentos avaliaram a tolerância das mudas quanto ao desenvolvimento sob a tela de sombreamento e a pleno sol. Para avaliar as mudas sob a sombra, foi construído um telado com 3,50 m de altura e 25 metros de comprimento por 12 metros de largura, totalizando 300 m<sup>2</sup> de área coberta com tela de sombreamento em malha GI 30% de interceptação de luz (figura 11).



**Figura 11.** Estrutura montada com tela de sombreamento 30% de interceptação da radiação solar. Experimento conduzido no município de Imperatriz – MA, 2016.

## 2.6 Avaliações Ecofisiológicas

### 2.6.1 Viveiro

A avaliação das mudas no viveiro ocorreu no dia 02 de fevereiro de 2016, data em que as mesmas foram mensuradas quanto ao seu desenvolvimento em altura e diâmetro, na ocasião, também foram coletados os dados ecofisiológicos (trocas gasosas, eficiência fotoquímica, estimativa do teor de clorofila) (figura 12A, B e C). No intuito de melhorar o acompanhamento das mudas ao longo da pesquisa, todas elas foram identificadas com uma numeração sequencial, indo de 01 a 96 (figura 12D).



**Figura 12.** Coleta de dados referentes aos parâmetros ecofisiológicos em condições de viveiro. Coleta de dados com o IRGA (A), fluorímetro (B) e SPAD (C), identificação numérica das mudas (D).

### 2.6.2 Campo

#### 2.6.2.1 Implantação do Experimento

O plantio das mudas no campo experimental ocorreu no dia 08 de fevereiro de 2016. No entanto, entre os dias 02 a 08 de fevereiro, as mudas ficaram expostas às condições



naturais, sendo que, o fornecimento de água às mudas foi diminuindo gradativamente, tornando-as mais adaptadas às condições que iriam encontrar no campo.

No ato do plantio das mudas no campo, foi utilizada adubação orgânica (cama de aviário) para todos os tratamentos. Para evitar uma possível fitotoxidez devido o contato direto do sistema radicular com a adubação, foi colocado  $\pm$  5 cm de solo entre a muda e o adubo. Após o plantio das mudas, foi realizado o seu coroamento, objetivando diminuir a competição com ervas daninhas presentes na área.

A primeira etapa de coleta de dados ocorreu no dia 01 de março de 2016, correspondendo ao período de adaptação das plantas ao novo ambiente (figura 13A). A segunda coleta ocorreu no dia 20 de junho de 2016, nesta fase, buscou-se avaliar o comportamento das plantas já estabelecidas na área experimental (figura 13B). A terceira mensuração foi realizada no dia 18 de setembro de 2016 (figura 13C). A quarta etapa de coleta de dados ocorreu no dia 02 de outubro de 2016, nessa fase já havia plantas com mais de 3 metros de altura, bem adaptadas e em pleno desenvolvimento (figura 13D). Todas as etapas de coleta dos dados foram realizadas no período da manhã, compreendido entre 07:00 às 9:00 horas.



**Figura 13.** Primeira coleta de dados após trinta dias do plantio das mudas na área experimental, fase correspondente ao período chuvoso (A). Segunda mensuração no campo, fase de transição entre o período chuvoso e seco (B). Terceira mensuração no campo, período seco (C). Quarta mensuração no campo, período de transição entre o seco e chuvoso (D).

## **2.7 Parâmetros ecofisiológicos mensurados**

### **2.7.1 Eficiência fotoquímica**

A coleta de dados referentes à fluorescência foi realizada em folhas intactas, ligadas à planta e adaptadas previamente ao escuro, por 30 minutos. A fluorescência transiente da clorofila “a” foi medida por meio do fluorômetro portátil não modulado (POCKET-PEA, Hansatech Instruments Ltda. King’s Lynn Norfolk, UK), induzida pela luz vermelha com comprimento de onda de 650 nm, de intensidade de  $3.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

### **2.7.2 Trocas gasosas**

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas no terço médio das folhas totalmente expandidas utilizando um sistema portátil de fotossíntese, analisador de gás infravermelho (IRGA, mod. LI-COR, LI-6400XT, Nebraska, USA). A assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (A), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração (E), razão da concentração intercelular e extracelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) e Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{\text{folha-ar}}$ ), foram medidos sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de  $1.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

### **2.7.3 Estimativa do teor de Clorofila**

A estimativa de clorofila foi avaliada por meio do medidor portátil de clorofila da Minolta (SPAD-502), e os dados foram coletados em folhas totalmente expandidas, foram feitas cinco leituras por folha, sendo anotada a média dessas leituras.

## **2.8 Análise estatística**

Após a coleta dos dados a campo, os mesmos foram tabulados em planilhas de Excel para posteriores análises em softwares específicos. As análises estatísticas foram feitas por meio do software ASSISTAT versão 7.7. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Viveiro

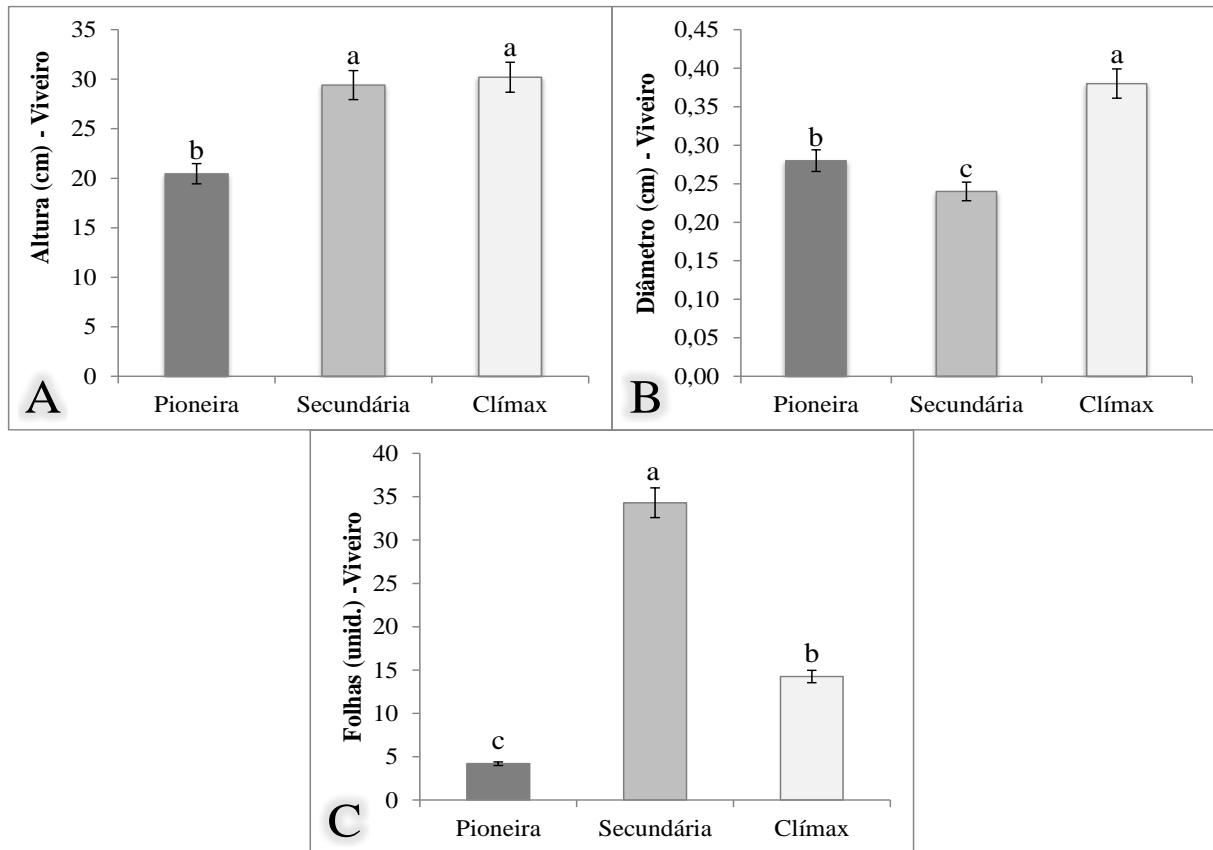
#### 3.1.1 Avaliações Biométricas

A biometria é um importante parâmetro para o diagnóstico de qualidade das mudas, ela retrata o seu crescimento quanto à altura e diâmetro. Neste sentido, ao analisar a figura 14A, percebe-se que as maiores alturas foram constatadas para as espécies pertencentes aos grupos ecológicos das secundárias e climácicas, não diferindo entre si. Já as pioneiras apresentaram o menor crescimento em altura, fato que pode estar relacionado às condições de luz em que elas estavam submetidas, visto que, no viveiro a luz solar era reduzida em 50% devido à tela de sombreamento. Tal fato pode ter contribuído para a redução dos processos fotossintéticos da espécie, afetando assim o seu desenvolvimento.

Resultado divergente foi constatado por Caron et al. (2010), onde os referidos autores ao avaliarem mudas de *Schizolobium parahyba* sob diferentes condições de luz (0, 30, 50 e 70% de sombreamento), observaram que as condições díspares de luz interferiram significativamente no aumento do crescimento das plantas, proporcional à elevação dos níveis de sombreamento. No entanto, os mesmos autores acrescentam que as mudas não devem exceder 45 dias sob níveis elevados de sombreamento, já que pode causar o seu estiolamento, assim comprometendo a qualidade das mudas.

Para o crescimento em diâmetro, a espécie clímax foi a que apresentou as maiores médias. Tal fato pode estar relacionado às condições de luz em que as mudas estavam submetidas, pois os ambientes com menor insolação são os mais favoráveis ao seu desenvolvimento inicial. Dentre as espécies avaliadas, a que apresentou a menor média diamétrica foi a secundária (figura 14B).

Em relação ao número de folhas, o grupo da secundária foi a que apresentou a maior média (34 folhas) (figura 14C). A pioneira obteve apenas 4 folhas em média, porém, vale destacar que a espécie *G. ulmifolia* é a que possui a maior área foliar dentre as demais espécies avaliadas.



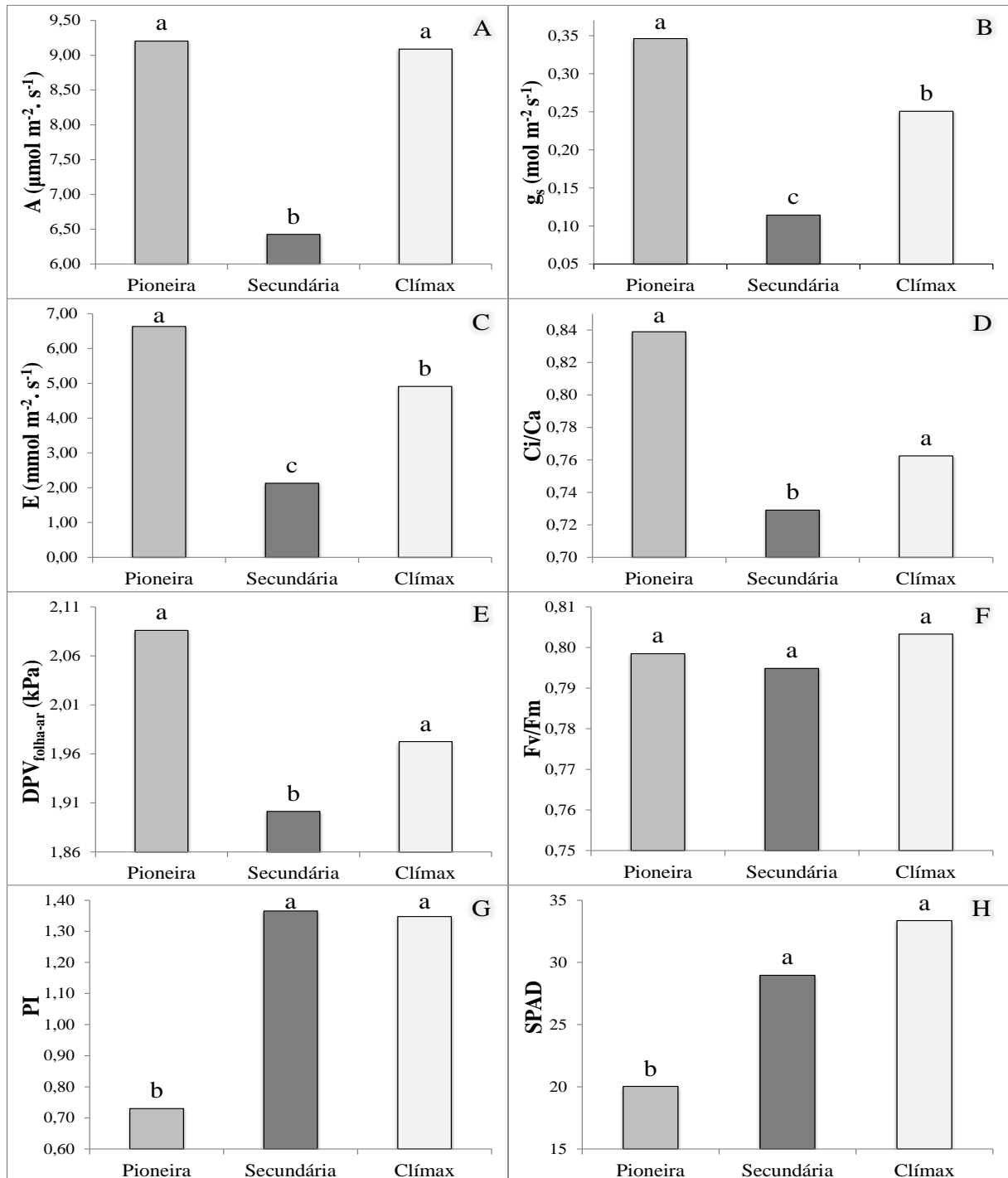
**Figura 14.** Biometria das mudas utilizadas no experimento - fase de viveiro.

### 3.1.2 Avaliações Ecofisiológicas

Em condições de viveiro as mudas estão submetidas às mesmas condições ambientais, no entanto, cada espécie vegetal possui características próprias no que tange sua fisiologia. O metabolismo dessas espécies se comporta de formas diferentes conforme as condições às quais elas estão expostas, o que é perceptivo mediante os parâmetros ecofisiológicos mensurados durante a presente pesquisa.

Ao analisar os resultados, pode-se inferir que as médias para a razão da concentração intercelular e extracelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$ ), assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  (A), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração instantânea (E), índice de performance (PI) e estimativa do teor de clorofila (índice SPAD), apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%. Já as médias para a eficiência quântica máxima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) não diferiram estatisticamente (figura 15F).





**Figura 15.** Parâmetros ecofisiológicos avaliados em condições de viveiro.

Assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) – A; Condutância estomática ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) –  $g_s$ ; Transpiração ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de  $\text{CO}_2$  - Ci/Ca; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (kPa) - DPV<sub>folha-ar</sub>; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI; Estimativa do teor de clorofila – SPAD. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No viveiro as espécies florestais estavam expostas às mesmas condições, de forma que os diferentes resultados encontrados para os parâmetros ecofisiológicos podem estar

relacionados às próprias características fisiológicas de cada espécie. Os vegetais possuem suas estratégias adaptativas às diferentes condições ambientais, essas características são intrínsecas de cada espécie (LARCHER, 2006), podendo ser influenciadas pelas flutuações ambientais (temperatura, umidade relativa, precipitação, etc.) (COSTA; MARENCO, 2007).

A espécie *G. Ulmifolia* representante do grupo das pioneiras foi a que apresentou as maiores médias, destacando os parâmetros ecofisiológicos A,  $g_s$ , E, Ci/Ca,  $DPV_{folha-ar}$  e Fv/Fm (figura 15). No entanto, mesmo a espécie obtendo as maiores médias para os parâmetros entes citados, o PI indica um leve grau de estresse nas condições em que estava submetida, já que houve redução de seu valor em relação às outras espécies (figura 15G). Tal espécie desenvolve-se melhor em ambientes abertos e totalmente expostos à irradiância solar, o que confere o seu uso nas áreas em processo inicial de recuperação.

A razão Ci/Ca obteve as maiores médias para o grupo das pioneiras (figura 15D), esse aumento pode está relacionado a dois fatores: a primeira hipótese é que, com a permanência dos estômatos abertos por mais tempo, a um favorecimento na entrada de  $CO_2$  na célula vegetal, elevando a sua concentração na câmara subestomática. A outra hipótese estaria relacionada a algum processo fotoinibitório da fotossíntese, diminuindo o consumo de  $CO_2$  na fase de carboxilação do Ciclo de Calvin, conseqüentemente, elevando a sua presença interna. A segunda hipótese é confirmada por meio do PI, o qual apresentou redução quando comparada com os grupos das secundárias e clímax, o que pode caracterizar algum grau estresse pelo vegetal.

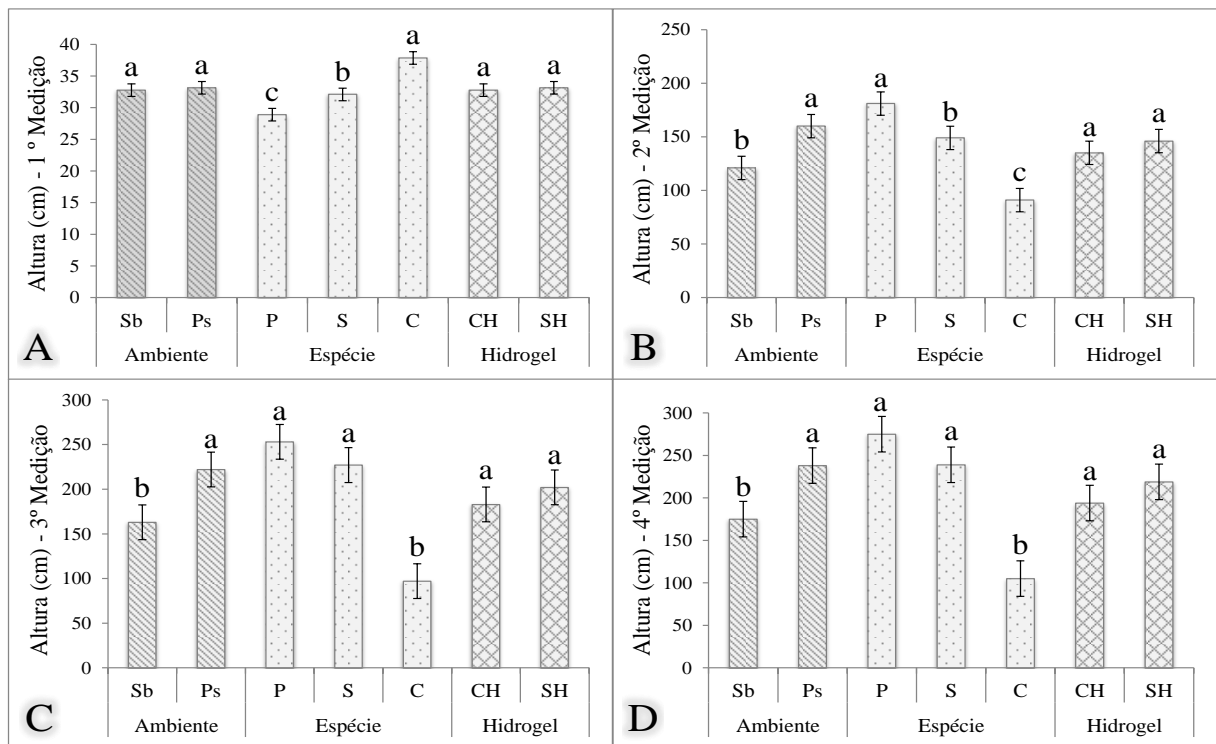
## 3. 2 Campo

### 3. 2. 1 Avaliações Biométricas

Em relação ao crescimento em altura, as plantas pioneiras foram as que atingiram as maiores médias, 275 cm, não diferindo das secundárias (figura 16D). A altura da secundária oscilou de 32,1 cm (figura 16A) a 239 cm (figura 16D). Para a espécie clímax, sua altura ficou entre 37,8 a 105 cm, isso para a 1° e 4° medição, respectivamente.

Para o fator ambiente não houve significância para a 1° avaliação. Entretanto, a 2°, 3° e 4° diferiram, sendo que as maiores médias foram observadas para as plantas que estavam nas áreas a pleno sol. Em relação ao fator espécie, ouve significância para todas as avaliações, destacando a espécie clímax, a qual a partir da 2° medição foi a que apresentou a menor taxa de crescimento em altura. O fator hidrogel não diferiu estatisticamente para nenhuma das mensurações ocorridas ao longo do experimento, o que nos leva a discernir que o uso do

condicionante de solo não influenciou no crescimento das plantas nas condições testadas (figura 16).



**Figura 16.** Biometria (altura) das mudas em condições de campo.

Sombra – Sb; Pleno sol - Ps; Pioneira – P; Secundária – S; Clímax - C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel - SH. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator.

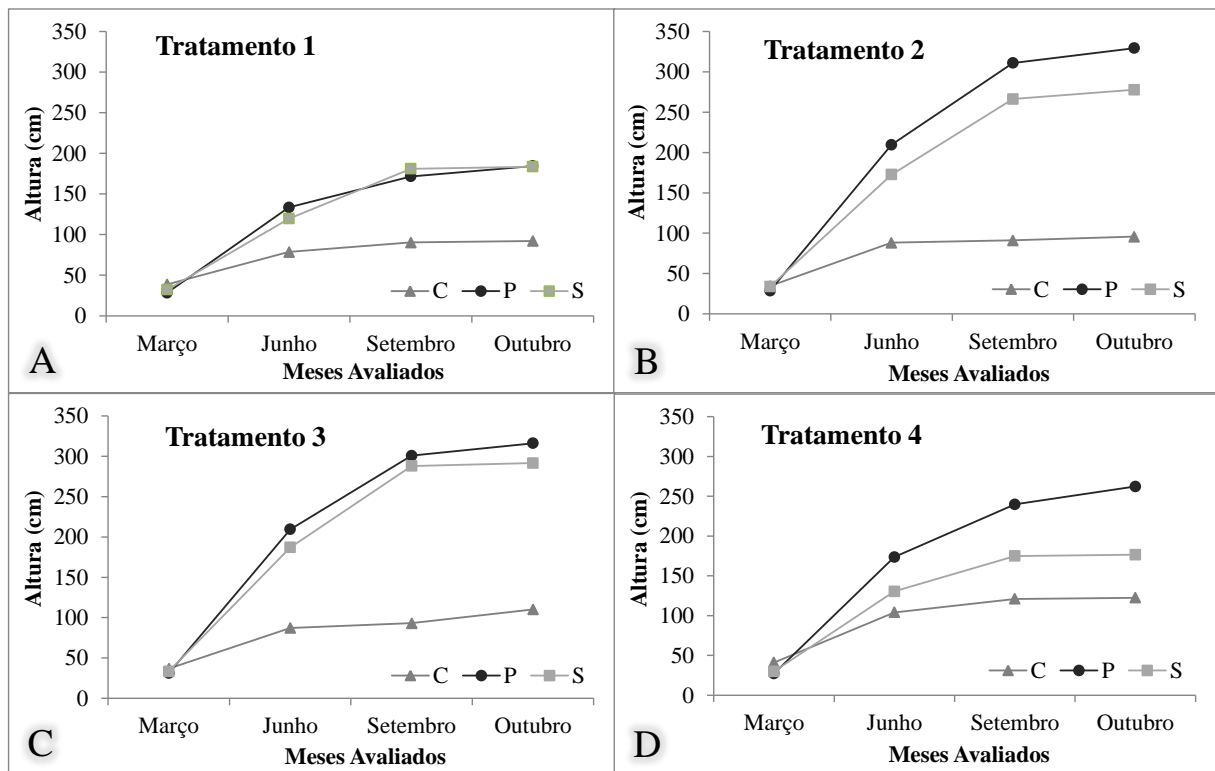
Ao observar a figura 17, percebe-se que a espécie representante do grupo das pioneiras foi a que apresentou as maiores médias, isso para todos os tratamentos testados, corroborando a sua importância nas áreas SH em processo de restauração, priorizando o seu uso nos ambientes abertos e com alta irradiância.

Resultados semelhantes foram relatados por Melotto et al. (2009), ao avaliarem espécies nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris, onde os referidos autores constataram que as maiores taxas de crescimento foram observadas para as espécies pertencentes ao grupo das pioneiras. Os mesmos autores concluíram que os maiores incrementos em altura e diâmetros foram constatados para a espécie *G. ulmifolia*, espécies pertencente ao grupo das pioneiras, a qual também foi avaliada na presente pesquisa.

Para a espécie secundária, as maiores alturas foram observadas para o T2 (277,8 cm) e T3 (291,6 cm), ambos em ambiente a pleno sol, denotando que a espécie *A. fraxinifolium* apresenta alta plasticidade fenotípica, o que confere o seu uso nos projetos de recuperação de ambientes antropizados. Já a clímax (*C. rubra*) se desenvolveu melhor na área do T4 (122,4

cm de altura), o que proporcionou melhores condições edafoclimáticas ao seu desenvolvimento, pois na fase juvenil, a espécie se desenvolve melhor em ambientes sombreados, sob o dossel das florestas (figura 17).

Pelo fato das espécies clímax se desenvolverem melhor em áreas sombreadas, a técnica de nucleação de Anderson surge como uma boa opção a ser aplicada nos projetos de recuperação de áreas degradadas, já que possibilita a interação interespecífica de espécies no mesmo local (REIS; KAGEYAMA, 2008). Desta forma, as espécies de crescimento rápido (pioneiras) proporcionam o sombreamento do solo, conferindo um micro-habitat às secundárias e clímax, sendo um importante fator para o crescimento e desenvolvimento das plantas que compõem o ambiente (LEONEL et al., 2016).



**Figura 17.** Crescimento em altura das plantas por tratamentos aplicados.

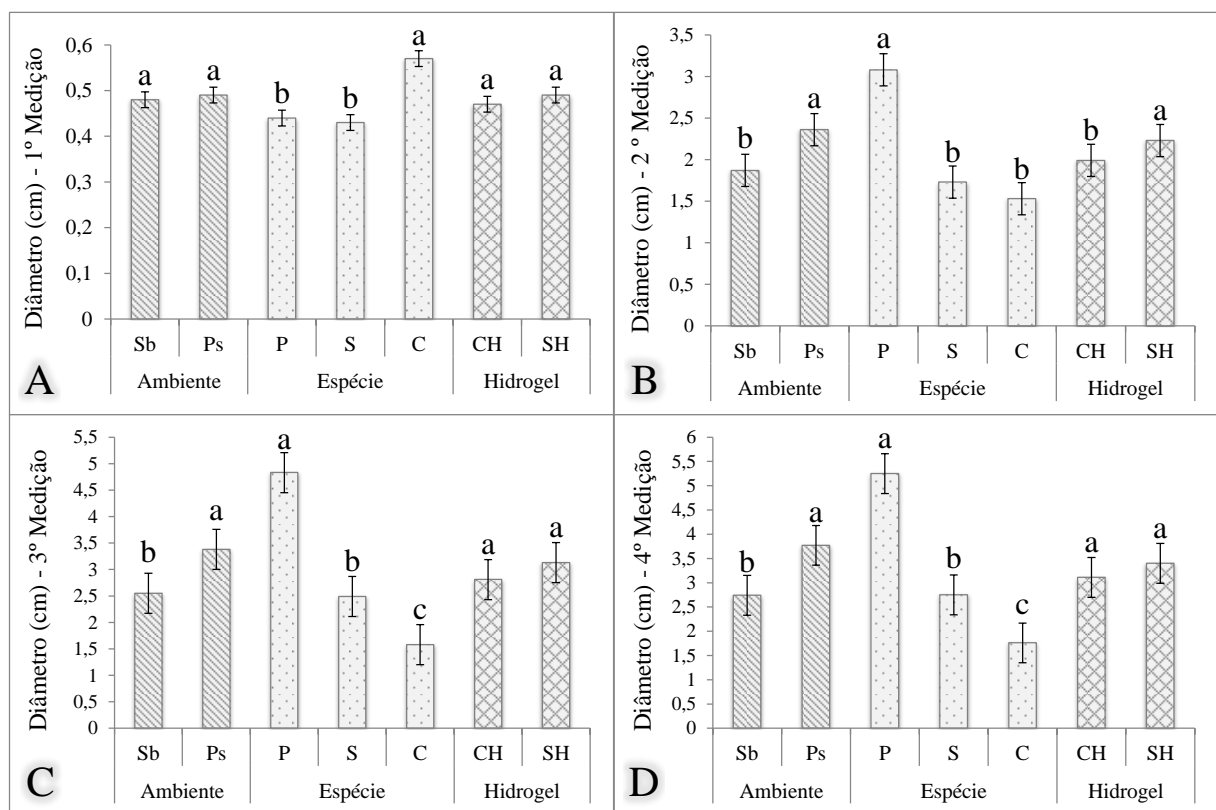
Sombra – Sb; Pleno sol - Ps; Pioneira – P; Secundária – S; Clímax - C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel - SH. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao crescimento radial, não houve diferença estatística para o fator ambiente, isso em relação à primeira avaliação. Para a 2ª, 3ª e 4ª avaliações, o ambiente diferiu apresentando as maiores médias diamétricas para as plantas expostas ao ambiente a pleno sol. O fator hidrogel não diferiu para nenhuma das medições (figura 18).

Para o fator espécie, as maiores médias foram constatadas para as pioneiras, com o diâmetro máximo de 5,25 cm (figura 18D). A espécie pioneira *G. ulmifolia* mostrou ser ideal nos projetos de recomposição de ambientes antropizados, pois apresentou crescimento rápido, característica que os projetos de recuperação de áreas degradadas almejam, já que, possibilita recompor o ambiente em curto espaço de tempo.

A espécie secundária *A. fraxinifolium*, obteve o crescimento radial variando entre 0,4 e 2,7 cm, isso para a primeira e última avaliação, respectivamente. A espécie apresentou boa estratégia de adaptação, demonstrando alta plasticidade adaptativa, pois ela conseguiu se desenvolver de forma satisfatória para os diferentes tratamentos estudados.

Para o fator hidrogel, não houve diferenciação estatística entre as áreas avaliadas, exceto para a segunda medição, a qual apresentou as maiores médias nas áreas em que não ocorreu a aplicação do condicionante de solo. Tal fato nos leva a inferir que o seu uso não favoreceu no incremento diamétrico das plantas (figura 18B).

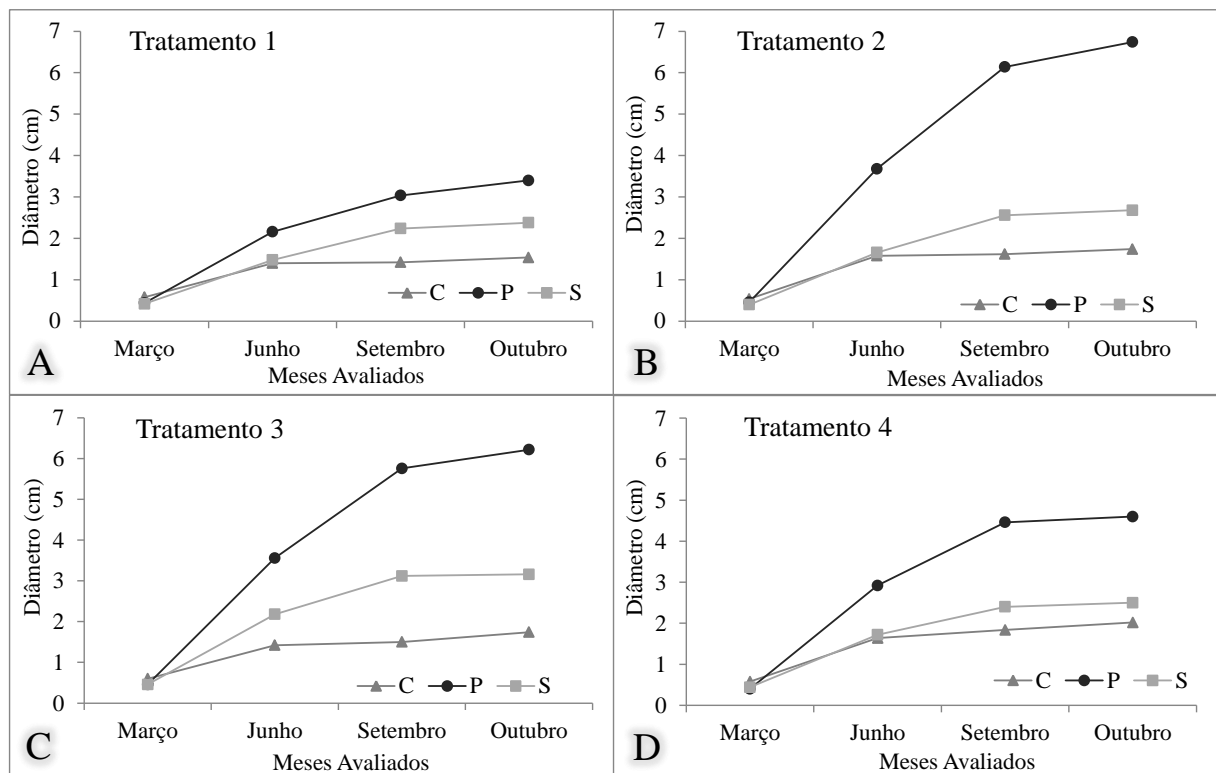


**Figura 18.** Biometria (diâmetro) das mudas em condições de campo por tratamento aplicado.

Sombra – Sb; Pleno sol - Ps; Pioneira – P; Secundária – S; Clímax - C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel - SH. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator.

As maiores médias diamétricas foram observadas para a espécie pioneira, isso em área a pleno sol (figura 19B e C). Resultado semelhante foram observados por Schock et al. (2014) ao trabalharem com plantas de pinhão-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade, tais autores observaram que as plantas do tratamento pleno sol se mostraram significativamente mais espessas.

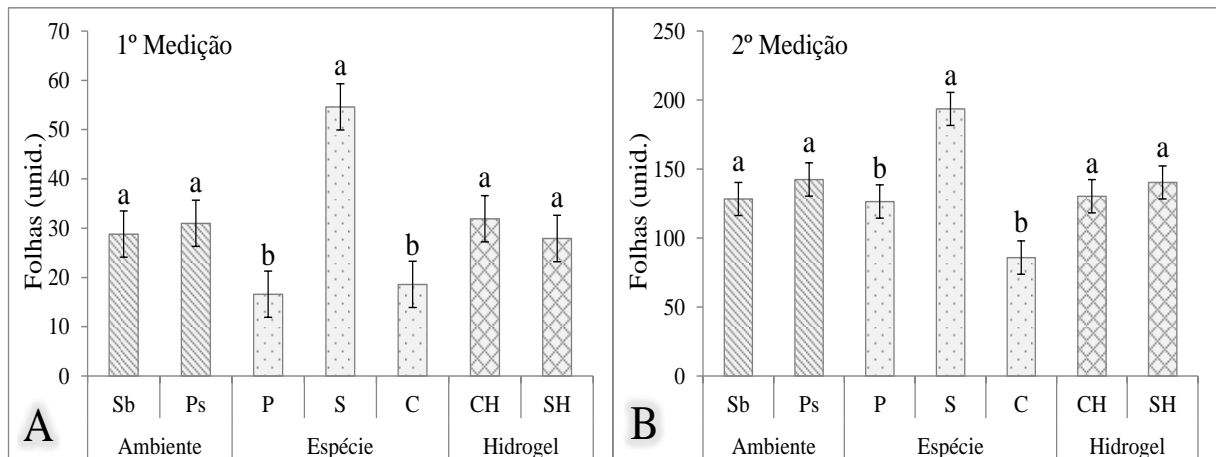
No que tange a espécie clímax, as maiores médias foram constatadas para o tratamento T4 (ambiente sombreado sem hidrogel), confirmando que a espécie se desenvolve melhor em ambientes de baixa irradiância. Para a secundária, os melhores tratamentos foram os que as plantas estavam totalmente expostas à radiação solar, como foi o caso dos tratamentos 2 e 3.



**Figura 19.** Biometria (diâmetro) das mudas em condições de campo por tratamento aplicado.

Sombra – Sb; Pleno sol - Ps; Pioneira – P; Secundária – S; Clímax - C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel - SH. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao incremento foliar, as maiores médias foram registradas para a espécie secundária, apresentando 54 folhas na primeira avaliação (março) e 193 na segunda (junho). Já as médias da espécie pioneira e clímax não apresentou diferença estatística para o fator espécie, isso para ambas as medições. Para o fator ambiente, não houve diferença estatística para as condições testadas. Resultado semelhante foi constatado para o fator condicionante de solo (figura 20).



**Figura 20.** Avaliação biométrica – Incrementos foliares. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator.

### 3.2.2 Avaliações Ecofisiológicas

#### 3.2.2.1 Primeira avaliação – Fase de adaptação das mudas ao campo, período chuvoso

Na primeira avaliação das plantas no campo, fase de adaptação das espécies ao novo ambiente, buscou-se averiguar o grau de estresse em que as mudas estavam submetidas. Essa fase é considerada a mais crítica, pois as mudas saem das condições de viveiro para as áreas em processo de recuperação, essa mudança de ambiente pode vir a gerar estresse às plantas e, consequentemente, causar altas taxas de mortalidades.

Ao analisar os dados mensurados no período, observa-se que para o fator ambiente, os parâmetros de condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), razão da concentração intercelular e extracelular de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ( $DPV_{folha-ar}$ ), eficiência quântica máxima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), índice de performance ( $PI$ ) e estimativa do teor de clorofila ( $SPAD$ ), não ocorreu diferença estatística entre suas médias (tabela 4).

Ainda dentro do fator ambiente, o único parâmetro que apresentou diferença significativa foi assimilação fotossintética de  $CO_2$ , tendo o ambiente a pleno sol como o de maior valor médio ( $18,47 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ ) (tabela 4). Resultados semelhantes foram relatados por Lima Júnior et al. (2005), ao avaliarem plantas jovens de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento, onde os referidos autores constataram que a taxa fotossintética e condutância estomática foram maiores em folhas crescidas sob pleno sol.

Em relação às espécies, os parâmetros relacionados à assimilação fotossintética de  $CO_2$ , condutância estomática, transpiração, razão da concentração intercelular e extracelular

de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, foram significativos ao nível de 5%. Resultados semelhantes foram observados para o PI e SPAD. A razão Fv/Fm não apresentou diferença significativa entre os tratamentos testados (tabela 5).

Mesmo as mudas estando em um ambiente sob condições climáticas extremas (temperatura, radiação solar e sazonalidade hídrica), elas se comportaram sem estresse, pois, a razão Fv/Fm das espécies se mantiveram acima do nível considerado crítico por alguns autores, ou seja, superior a 0,75 (tabela 5).

Segundo Bolhar-Nordenkampf et al. (1989), a razão Fv/Fm deve variar entre 0,75 a 0,85 em plantas que apresentem o aparato fotossintético intacto. Esses mesmos valores podem ser observados em plantas sob condições ambientais ótimas (ARAÚJO; DEMINICIS 2009; ARAÚJO et al., 2010). Para Marengo et al. (2014), a relação Fv/Fm está relacionada à energia luminosa absorvida pelas clorofilas que é utilizada no transporte de elétrons.

De acordo com Osmond (1994), plantas apresentando a razão Fv/Fm com valores superiores a 0,78 é indicativo de plantas sem estresses. A razão Fv/Fm é uma importante ferramenta na detecção de alterações na capacidade fotossintética das plantas em decorrência de estresse (CRUZ et al., 2009; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009), o qual pode estar relacionado a fatores bióticos e abióticos (DIAS; MARENCO, 2007).

Na presente pesquisa os valores para a razão Fv/Fm se situaram acima de 0,79, isso para todos os fatores analisados (tabela 5). Resultados divergentes foram encontrados por Silvia et al. (2011), ao trabalharem com *Glycine max*, onde os referidos autores constataram elevada variação para a razão Fv/Fm (0,83 a 0,62).

Gonçalves et al. (2010) ao trabalharem com *Carapa guianensis* e *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz, observaram uma diferença acentuada para as espécies submetidas ao ambiente sombreado, com os valores variando entre 0,82 a 0,83 e 0,76 a 0,79, isso para *C. Guianensis* e *D. Odorata*, respectivamente. Para os mesmos autores, valores iguais ou inferiores a 0,79 são indicativos de plantas com sintomas de estresse, apresentando problemas fotoinibitórios do FSII (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Para Martinazzo et al. (2013), a razão Fv/Fm não é um parâmetro efetivo na indicação de estresse.

O condicionante de solo apresentou diferença significativa para a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> e estimativa do teor de clorofila, isso ao nível de 5% de probabilidade. Para os parâmetros de condutância estomática, transpiração, eficiência quântica máxima do FSII e índice de performance, não houve significância (tabela 5).



**Tabela 5.** Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Primeira avaliação – Fase de adaptação das mudas ao campo, período chuvoso.

TROCAS GASOSAS								
Parâmetros Ecofisiológicos	Fator Ambiente		Fator Espécie			Fator Hidrogel		CV
	SB	Ps	P	S	C	CH	SH	%
<b>A</b>	16,65 b*	18,47 a *	20,41 a*	16,62 b*	15,65 b*	15,53 b*	19,49 a*	19,18
<b>g<sub>s</sub></b>	0,37 a	0,41 a	0,59 a*	0,25 c*	0,33 b*	0,39 a	0,39 a	25,38
<b>E</b>	6,40 a	7,022 a	8,70 a*	5,07 c*	6,35 b*	6,73 a	6,69 a	18,58
<b>Ci/Ca</b>	0,72 a	0,72 a	0,79 a*	0,63 c*	0,74 b*	0,75 a*	0,69 b*	7,26
<b>DPV<sub>folha-ar</sub></b>	2,01 a	2,01 a	1,73 b*	2,22 a*	2,07 a*	2,02 a	2,00 a	10,07
EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA								
<b>Fv/Fm</b>	0,80 a	0,80 a	0,80 a	0,80 a	0,80 a	0,80 a	0,79 a	2,46
<b>PI</b>	3,19 a	2,92 a	2,18 b*	4,11 a*	2,87 ab*	2,71 a	3,40 a	61,98
ESTIMATIVA DO TEOR DE CLOROFILA								
<b>SPAD</b>	34,20 a	34,51 a	30,84 c*	38,37 a*	33,86 b*	33,35 b*	35,36 a*	11,17

Sombra – Sb; Pleno sol – Ps; Espécie pioneira – P; Espécie secundária – S; Espécie clímax – C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel – SH; Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>) – A; Condutância estomática (mol .m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – g<sub>s</sub>; Transpiração (mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> - Ci/Ca; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (kPa) - DPV<sub>folha-ar</sub>; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI; Estimativa do teor de Clorofila – SPAD; Coeficiente de variação (%) - CV. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator.

Ao analisar os dados contidos na tabela 6, pode-se perceber que os únicos parâmetros em que ocorreu interação significativa foram para a condutância estomática e estimativa do teor de clorofila, sendo a interação ocorrida entre o fator ambiente com o fator espécie.

**Tabela 6.** Resultados das interações entre os fatores dos tratamentos.

Fatores	A	g <sub>s</sub>	E	Ci/Ca	DPV <sub>folha-ar</sub>	Fv/Fm	PI	SPAD
<b>Valor F</b>	5,17*	13,67*	9,35*	11,38*	6,39*	1,16	5,59	4,81*
<b>F1</b>	4,35*	3,01	3,67	0,07	0,00	0,75	0,30	0,10
<b>F2</b>	11,16*	66,53*	43,51*	49,05*	30,83*	0,53	5,32*	19,48*
<b>F3</b>	19,63*	0,07	0,01	20,31*	0,16	3,17	2,02	4,11*
<b>Int. F1xF2</b>	2,53	3,45*	2,83	1,38	2,10	0,54	0,92	3,19*
<b>Int. F1xF3</b>	0,38	0,80	0,95	0,16	0,08	1,13	1,46	0,95
<b>Int. F2xF3</b>	1,85	2,33	1,64	1,10	0,84	1,56	0,51	1,05
<b>Int. F1x2x3</b>	0,73	0,97	1,13	0,84	1,30	1,24	0,11	0,15

Interação – Int.; Fator F1 (ambiente); Fator F2 (espécie); Fator F3 (hidrogel); Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – A; Condutância estomática (mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – g<sub>s</sub>; Transpiração (mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> - Ci/Ca; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (kPa) - DPV<sub>folha-ar</sub>; Estimativa do teor de clorofila – SPAD; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI. As médias seguidas de asteriscos diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Para a melhor compreensão dos resultados, se faz necessário o desdobramento das interações entre os fatores relacionados, desta forma, podendo compreender qual ou quais fatores foram melhores individualmente, ou seja, em que momento a interação obteve maior significância dentro do fator interagido. De acordo com Percin e Filho (2008), o desdobramento é um procedimento muito usual e eficaz nas análises estatísticas.

Em relação à condutância estomática ( $g_s$ ), houve interação significativa entre o fator ambiente com o fator espécie (tabela 6). Ao analisar essa interação, percebe-se que o melhor resultado foi encontrado para o ambiente Ps em combinação com a espécie P ( $0,65 \text{ mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) (figura 21A). Esse resultado é explicado pela própria característica da espécie, pois as pioneiras se desenvolvem melhor em condições de luz plena (alta irradiância).

Resultado semelhante a presente pesquisa foram constatados por Ribeiro et al. (2005), onde os autores observaram que a espécie pioneira (*G. ulmifolia*), respondeu positivamente sobre irradiância elevada. Já para as espécies secundárias e climácicas, a  $g_s$  não diferiu estatisticamente entre os ambientes estudados (Sb e Ps) (figura 21A).

A  $g_s$  é um parâmetro influenciado diretamente pelas condições climáticas, sendo que, seu valor oscila conforme a variação da temperatura (SCHOCK et al., 2014), desta forma, estimulando a abertura ou o fechamentos dos estômatos. Seu fechamento acarreta na diminuição da fotossíntese e transpiração (TEZARA et al., 2002; MARENCO et al., 2014), assim, reduzindo a produção de fotoassimilados pelas plantas.

As plantas que estavam sob a tela de sombreamento (Sb) apresentaram diferença estatística, sendo que, nestas condições a espécie pioneira se sobressaiu à frente da secundária e clímax (figura 21A). Tal fato é justificável, pois a tela de sombreamento permite a passagem de 70% da radiação solar, dessa forma, não comprometendo a fisiologia das plantas. Resultado semelhante foi observado para a fotossíntese por Lima Júnior (2005), o qual observou que as espécies sob 30% de sombreamento apresentaram as maiores taxas fotossintéticas.

Os resultados da interação entre o ambiente e espécie para a estimativa do teor de clorofila (índice SPAD), demonstram que, sob o ambiente sombreado, as maiores médias foram encontradas para a espécie secundária (37,54) e clímax (35,46), não diferindo estatisticamente entre si (figura 21B).

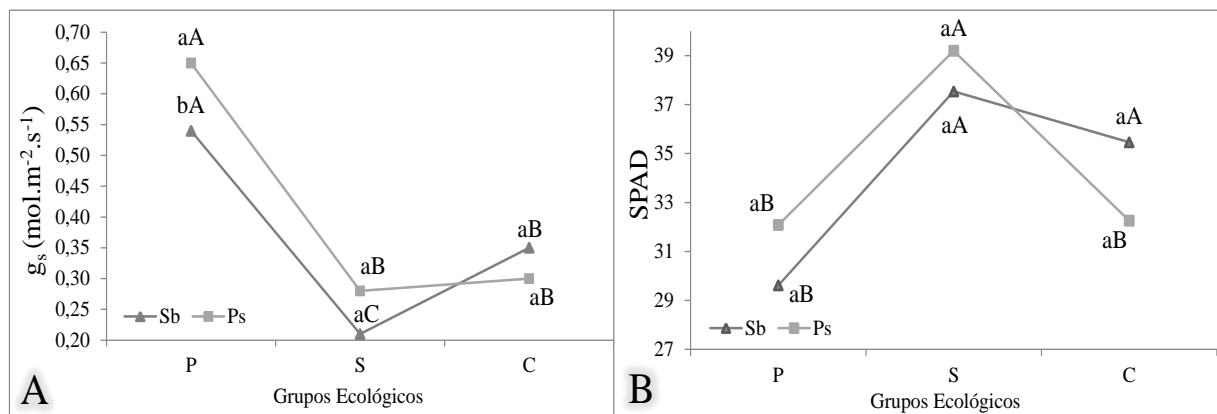
Esse aumento constatado para o do teor de clorofila nas espécies secundárias e climácicas, pode ser justificável pelas próprias características fisiológicas intrínsecas, ou mesmo pelo fato das espécies estarem em um ambiente mais equilibrado e propício ao seu desenvolvimento, já que, são espécies que se desenvolvem melhor em áreas sombreadas. Para

Zuffo et al. (2012), as leituras com o clorofilômetro podem ser influenciadas pela espessura da folha, estágio fenológico, genótipo, sombreamento e metodologia de leitura.

Outro fato importante é a própria fisiologia das plantas que vivem em ambientes sombreados, devido à baixa incidência de luz, a planta tende a concentrar maior teor de pigmentos fotossintetizantes nas folhas (FAHL et al., 1994; FERREIRA et al., 2002; REGO; POSSAMAI, 2006; IANNELLI-SERVÍN, 2007; SOUZA et al., 2008). Essa estratégia visa compensar a baixa irradiância que incide sobre as folhas do sub-bosque, dessa forma não prejudica o metabolismo das plantas, mantendo os processos fotoquímicos ativos.

Para o ambiente a Ps, o melhor resultado (índice SPAD) foi constatado para a espécie secundária (39,20). A espécie se comportou muito bem em ambos os ambientes avaliados, fato que caracteriza a sua alta plasticidade, proporcionando sua adaptação às diferentes condições de luz, podendo a espécie ser utilizada em áreas abertas e semi-sombreadas (figura 21B). Por sua plasticidade, a espécie secundária (*A. fraxinifolium*) configura ser uma boa alternativa a ser usada na recomposição de ambientes perturbados.

Segundo Gonçalves et al. (2010), ao avaliarem duas espécies de plantas submetidas a dois ambientes de luz, concluíram que as espécies melhores adaptadas às condições locais são as indicadas para uso em plantio de produção ou de recuperação de áreas degradadas.



**Figura 21.** Interação significativa em os fatores ambientes e espécies, isso para a condutância estomática ( $g_s$ ) e estimativa do teor de clorofila (SPAD). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula na linha e minúscula entre as linhas).

Sombra - Sb e pleno sol - Ps; pioneiras - P, secundárias - S e clímax - C; Condutância estomática ( $g_s$ ); Estimativa do teor de clorofila (índice SPAD).

### 3.2.3 Segunda avaliação – Fase de pós-adaptação das mudas, período seco

Ao analisar os resultados estatísticos contidos na tabela 7, pode-se inferir que, para o fator ambiente, os parâmetros ecofisiológicos de assimilação fotossintética de  $CO_2$ ,

condutância estomática, transpiração instantânea, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, não apresentaram diferenças significativas entre suas médias. Resultado que também foi observado para a razão Fv/Fm, PI e SPAD.

Em relação ao fator espécie, a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, foram significativos ao nível de 5%, o que também foi constatado para o PI e SPAD. Para a razão Ci/Ca e Fv/Fm, ambos não apresentaram diferença significativa (tabela 7).

Para o fator condicionante de solo, a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, transpiração, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, diferiram significativamente ao nível de 5%. No entanto, a g<sub>s</sub>, Fv/Fm, PI e SPAD, não apresentaram diferença estatística entre suas medias (tabela 7).

**Tabela 7.** Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Segunda avaliação – Fase de pós-adaptação das mudas ao campo.

TROCAS GASOSAS								
Parâmetros Ecofisiológicos	Fator Ambiente		Fator Espécie			Fator Hidrogel		CV
	SB	Ps	P	S	C	CH	SH	%
<b>A</b>	11,65 a	12,29 a	13,53 a*	12,59 ab*	9,80 b*	10,02 b*	13,93 a*	32,93
<b>g<sub>s</sub></b>	0,19 a	0,22 a	0,26 a*	0,19 ab*	0,16 b*	0,19 a	0,22 a	41,51
<b>E</b>	3,98 a	4,26 a	4,88 a*	4,06 ab*	3,42 b*	3,49 b*	4,75 a*	31,92
<b>Ci/Ca</b>	0,68 a	0,68 a	0,71 a	0,67 a	0,67 a	0,71 a*	0,65 b*	9,94
<b>DPV<sub>folha-ar</sub></b>	2,14 a	2,10 a	2,00 b*	2,14 ab*	2,21 a*	1,95 b*	2,29 a*	8,74
EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA								
<b>Fv/Fm</b>	0,81 a	0,81 a	0,80 a	0,82 a	0,80 a	0,81 a	0,81 a	2,47
<b>PI</b>	3,93 a	4,74 a	2,92 b*	5,04 a*	5,06 a*	4,28 a	4,40 a	46,14
ESTIMATIVA DO TEOR DE CLOROFILA								
<b>SPAD</b>	40,98 a	38,95 a	35,04 b*	37,23 b*	47,63 a*	40,21 a	39,72 a	17,01

Sombra – Sb; Pleno sol – Ps; Espécie pioneira – P; Espécie secundária – S; Espécie clímax – C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel – SH; Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>) – A; Condutância estomática (mol .m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – g<sub>s</sub>; Transpiração (mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> - Ci/Ca; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (kPa) - DPV<sub>folha-ar</sub>; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI; Estimativa do teor de Clorofila – SPAD; Coeficiente de variação (%) - CV. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator.

Mediante as análises estatísticas, pode-se inferir que algumas interações foram significativas, ou seja, há fatores que favoreceram mais do que outros no desenvolvimento das plantas (tabela 8). Para Perecin e Filho (2008), é por meio das interações que se pode verificar se os efeitos de um fator é independente ou dependente do outro, não podendo ser

ignorado a premissa de que os níveis de um fator apresentam comportamento diferenciado na presença do outro fator (BERTOLDO et al., 2007).

Neste sentido, a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática e transpiração, foram significativas para os fatores relacionados ao ambiente e condicionante de solo. Já para a razão Ci/Ca, as interações ocorreram entre o fator ambiente x espécie e espécie x condicionante de solo (tabela 8).

Porém, os parâmetros ecofisiológicos déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, eficiência quântica máxima do fotossistema II, índice de performance e estimativa do teor de clorofila, não apresentaram interações significativas, o que evidencia a não interdependência entre os fatores (PERECIN; FILHO, 2008).

**Tabela 8.** Análise estatística das interações entre os fatores dos tratamentos.

Fatores	A	g <sub>s</sub>	E	Ci/Ca	DPV <sub>folha-ar</sub>	Fv/Fm	PI	SPAD
<b>Valor F</b>	3,3246	2,5488*	3,5197*	3,1758*	6,2383*	1,0675	2,4645*	4,5891*
<b>F1</b>	0,3982	1,2129	0,6627	0,0026	0,5667	0,0119	2,437	1,3422
<b>F2</b>	4,8338*	6,9068*	6,2038*	2,1671	6,5382*	2,0257	7,5635*	19,5838*
<b>F3</b>	14,7412*	2,0255	13,7301*	11,6232*	48,6043*	0,3562	0,0524	0,0769
<b>Int. F1xF2</b>	1,9547	0,1770	0,1877	3,5039*	0,1497	1,0319	2,1768	1,0208
<b>Int. F1xF3</b>	5,9447*	6,3791*	7,2216*	0,3148	0,9622	0,6853	2,4685	3,6942
<b>Int. F2xF3</b>	0,3576	1,3549	1,62	3,6067*	2,0504	1,8528	0,1657	0,0662
<b>Int. F1x2x3</b>	0,5992	0,7707	0,5197	2,219	0,5056	0,4340	1,1702	2,0124

Interação – Int.; Fator F1 (ambiente); Fator F2 (espécie); Fator F3 (hidrogel); Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – A; Condutância estomática (mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – g<sub>s</sub>; Transpiração (mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> - Ci/Ca; Estimativa do teor de clorofila – SPAD; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI. As médias seguidas de asteriscos diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Ao fazer o desdobramento das interações significativas, fica mais claro o entendimento a respeito de quais fatores contribuíram positivamente para o desenvolvimento das mudas plantadas na área experimental. Mediante as análises, houve diferença entre as médias para A (figura 22A), isso na interação ambiente e condicionante de solo, sendo que, as maiores médias foram registradas para as áreas SH (14,85 e 13,01 μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), resultados similares foram observados para a g<sub>s</sub> (figura 22B) e E (figura 22C).

Os resultados encontrados nos levam a crer que, de alguma forma, o uso do hidrogel em combinação com ambiente sombreado, influenciou negativamente no funcionamento das células estomáticas, reduzindo sua abertura. Essa redução tem efeito direto sobre a condutância estomática, consequentemente, afetando as taxas de fotossíntese dos vegetais (MACHADO et al., 2002; MARENCO et al., 2006).

Para a interação entre o ambiente e espécie, levando em consideração à razão  $C_i/C_a$ , as médias não apresentaram diferença para o ambiente Sb. No entanto, o mesmo não foi observado para o ambiente Ps, o qual apresentou as maiores concentrações de carbono interno para a espécie P (0,72 aA), não diferindo estatisticamente da espécie C (figura 22D).

As células estomáticas desempenham uma importante função no controle da concentração interna de  $CO_2$  nas plantas, o que pode ser influenciado conforme o grau de estresse em que elas se encontram. Há uma tendência na redução da quantidade de  $CO_2$  em plantas submetidas a qualquer fator estressante.

Essa redução pode ocorrer devido às limitações na abertura das células estomáticas (IKEJIRI, et al., 2007; CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; SILVA et al., 2015). Mediante a esses fatos, Martinazzo et al. (2013), ao trabalharem com ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento, observaram redução na  $C_i CO_2$  conforme o grau de estresse em que as plantas estavam submetidas.

Outro fator que pode influenciar na concentração de  $CO_2$  na câmara subestomática, é o próprio funcionamento do aparato fotossintético, pois, quando a fotossíntese está ocorrendo normalmente, parte do  $CO_2$  é consumido na fase bioquímica, isso na etapa de carboxilação do Ciclo de Calvin (BORGES, 2012; DALMOLIN et al., 2015).

O aumento da razão  $C_i/C_a$  das espécies pioneira e clímax, pode está relacionada a alguma condição de estresse em que as plantas estavam submetidas. Esse estresse pode ter sido estimulado devido à sazonalidade hídrica ocorrida no período de avaliação do experimento, inibindo a capacidade de redução do  $CO_2$  retido na câmara subestomática.

Ao relacionar a interação entre o fator espécies e condicionantes de solo, para a razão  $C_i/C_a$ , pode-se inferir que, para a espécie P, não ocorreu diferença estatística entre as médias para o fator condicionante de solo, isso para as áreas com ou sem hidrogel. Porém, o mesmo não foi observado para as espécies S e C, onde as mesmas apresentaram as maiores médias para as áreas CH (figura 22E).

Nesse caso, a aplicação do condicionante de solo pode ter contribuído para o aumento da  $C_i CO_2$ , estando relacionado à permanência das células estomáticas abertas por mais tempo. Todavia, Dias e Marengo (2007), ao trabalharem com mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar, observaram redução do carbono interno devido ao fechamento dos estômatos. Para Martinazzo et al. (2013), plantas sob condições de estresse ocorre redução da concentração interna de  $CO_2$ .

A ausência de precipitações (sazonalidade hídrica) prejudica o desenvolvimento dos vegetais em condições naturais de campo, nesse sentido, o uso de hidrogel contribui na

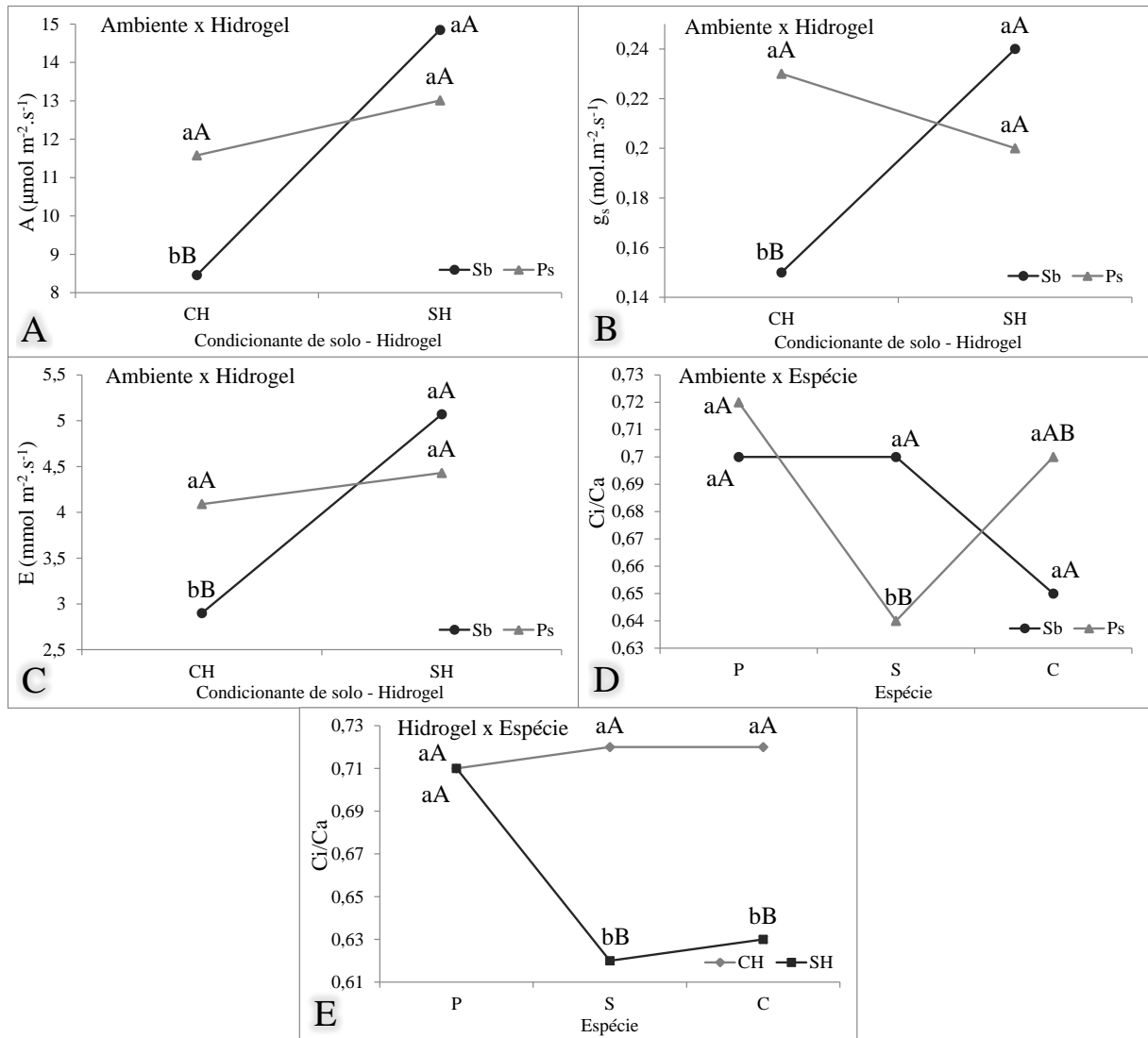
manutenção da umidade do solo na região da rizosfera, evitando possíveis estresses por fatores abióticos. Ele também favorece na turgidez das células estomáticas, fazendo com que as trocas gasosas não sejam prejudicadas. Isso devido ao fato do hidrogel reter grande quantidade de água e disponibilizá-la gradativamente ao vegetal, reduzindo a possibilidade de desidratação.

Caso as plantas estejam sob condições de estresse hídrico, a primeira resposta do vegetal é o aumento na produção de ácido abscísico (ABA), este por sua vez, sinaliza o fechamento das células estomáticas. Esse processo visa evitar a desidratação do vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013), o que poderia levá-lo à morte. Com o fechamento dos estômatos (FERREIRA; DEVIDE; CARVALHO, 1999), haverá redução nas taxas de condutância estomáticas (FLEXAS et al., 2012; MARTINAZZO et al., 2013), transpiração (TEZARA et al., 2002) e, inevitavelmente, menor assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (MACHADO et al., 2002; TEZARA et al., 2002).

Outro fator preponderante que pode ter contribuído para o desenvolvimento das espécies usadas na pesquisa, é o próprio método de recomposição empregado. Na pesquisa em questão, a técnica escolhida foi à nucleação de Anderson, método que envolve a interação de diferentes grupos sucessionais (P, S e C) (ANDERSON, 1953).

O modelo de recuperação de áreas antropizadas no formato de ilhas (nucleação de Anderson), tem por objetivo proporcionar um microclima mais favorável às espécies sensíveis (S e C), o que é proporcionada pelas espécies pioneiras, a qual possui maior taxa de crescimento (RODRIGUES et al., 2009).

As pioneiras se adaptam melhor às condições de solo e clima atípico, possuem rápido crescimento (CAMARGO, 2004; SILVA, 2010; SCABORA; MALTONI; CASSIOLATO, 2011) e se adaptam bem em ambientes com alta irradiância, características que as tornam o ponto chave dos projetos de recuperação de áreas degradadas.



**Figura 22.** Interação significativa entre os fatores ambiente e espécie (A, B e C), isso para A,  $g_s$  e E; Ambientes e espécies (D), para a razão  $\text{Ci/Ca}$ ; Hidrogel e espécie (E), para a razão  $\text{Ci/Ca}$ . As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula para a linha e minúscula entre as linhas).

Sombra - Sb e pleno sol - Ps; pioneiras - P, secundárias - S e clímax - C; Condutância estomática ( $g_s$ ); Estimativa do teor de clorofila (índice SPAD).

Por seu crescimento rápido, as pioneiras proporcionam o sombreamento das espécies menos exigentes em luz, assim, contribuindo para a redução do estresse provocado pela alta irradiância que incide sobre a superfície foliar dessas plantas. O sombreamento contribui na redução da temperatura e, conseqüentemente, da transpiração, o que favorece na permanência dos estômatos abertos, auxiliando na manutenção das trocas gasosas entre a planta e a atmosfera.



### 3.2.4 Terceira avaliação – período seco

A terceira avaliação ocorreu no dia 18 de setembro de 2016, em um período bem crítico para o desenvolvimento das mudas no campo. As condições climáticas não eram favoráveis às plantas, as altas temperaturas em conjunto com a baixa umidade relativa do ar (figura 5) e baixa precipitação (figura 7), foram os gargalos que as plantas tiveram de superar.

Ao analisar os dados coletados no período, pode-se inferir que, para o fator ambiente, os únicos dados que diferiram estão relacionados ao índice SPAD, sendo que, as análises estatísticas apontam que os melhores resultados foram para as espécies que estavam a pleno sol (tabela 9).

A estimativa de verde (índice SPAD) tem relação direta com o teor de clorofilas presente nas folhas das plantas (SILVA et al., 2011), correlacionando com a concentração foliar de N (PÔRTO et al., 2011; SILVA et al., 2011). Essa afirmação foi confirmada por Ferreira et al. (2006), ao trabalharem com tomateiro, os quais constataram aumento do índice SPAD em função das doses de N.

De acordo com Silva et al. (2014), as clorofilas refletem a cor verde e estão associadas com às atividades fotossintéticas, sendo elas as responsáveis pela conversão da irradiância em energia química (ZUFFO et al., 2012).

Os vegetais sobre condições de estresse podem sofrer redução do teor de clorofilas em suas folhas. Para Silva et al. (2014), a perda de clorofila reduz a capacidade fotossintética dos vegetais, sendo que, variações nos teores de clorofilas nas folhas podem diagnosticar possíveis danos no aparato fotossintético (ZUFFO et al., 2012), o qual não foi constatado na presente pesquisa, pois as plantas apresentaram bom desenvolvimento no ambiente Ps.

Os dados relacionados à assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, não diferiram estatisticamente para o fator ambiente. Resultados semelhantes foram observados para a razão Fv/Fm e PI (tabela 9).

Para o fator espécie, os parâmetros de assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo resultado foram constatados para a razão Fv/Fm, PI e SPAD. Porém, a razão Ci/Ca não apresentou diferença significativa (tabela 9).

Em relação ao fator condicionante de solo (hidrogel), os dados relacionados à assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, transpiração instantânea, condutância estomática, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> e déficit de pressão de vapor entre a folha e o

ar, foram significativos ao nível de 5% de probabilidade, o que também foi observado para o PI. Vale ressaltar que, as maiores médias foram registradas para as áreas sem aplicação de hidrogel, com exceção da razão Ci/Ca (tabela 9). Já os dados relacionados à razão Fv/Fm e SPAD, não diferiram estatisticamente (tabela 9).

**Tabela 9.** Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Terceira avaliação.

TROCAS GASOSAS								
Parâmetros Ecofisiológicos	Fator Ambiente		Fator Espécie			Fator Hidrogel		CV
	SB	Ps	P	S	C	CH	SH	%
<b>A</b>	6,61 a	6,73 a	10,63 a*	7,69 a*	1,68 b*	5,14 b*	8,68 a*	59,46
<b>g<sub>s</sub></b>	0,07 a	0,08 a	0,12 a*	0,08 a*	0,02 b*	0,06 b*	0,09 a*	71,58
<b>E</b>	2,35 a	2,42 a	3,78 a*	2,69 a*	0,69 b*	1,72 b*	3,05 a*	61,32
<b>Ci/Ca</b>	0,62 a	0,61 a	0,57 a	0,62 a	0,65 a	0,68 a*	0,54 b*	36,1
<b>DPV<sub>folha-ar</sub></b>	3,29 a	3,22 a	3,05 b*	3,17 b*	3,54 a*	2,96 b*	3,54 a*	8,08
EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA								
<b>Fv/Fm</b>	0,79 a	0,78 a	0,80 a*	0,81 a*	0,74 b*	0,79 a	0,77 a	7,72
<b>PI</b>	3,34 a	4,13 a	3,54 b*	5,88 a*	1,77 c*	4,31 a*	3,16 b*	58,51
ESTIMATIVA DO TEOR DE CLOROFILA								
<b>SPAD</b>	36,283 b*	39,223 a*	34,075 b*	40,675 a*	38,510 a*	38,176 a	37,330 a	14,86

Sombra – Sb; Pleno sol – Ps; Espécies pioneiras – P; Espécies secundárias – S; Espécies clímax – C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel – SH; Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – A; Condutância estomática (mol .m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – g<sub>s</sub>; Transpiração (mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> - Ci/Ca; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (kPa) - DPV<sub>folha-ar</sub>; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI; Estimativa do teor de Clorofila – SPAD; Coeficiente de variação (%) - CV. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator.

Ao analisar os dados contidos na tabela 10, observa-se que houve interação para o fator espécie e condicionante de solo, isso em relação aos parâmetros da assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, ao nível de 5% de probabilidade. Houve também interação significativa ao nível de 5% para o fator ambiente e condicionante de solo, neste caso, para os parâmetros da eficiência quântica máxima do fotossistema II e índice de performance.

**Tabela 10.** Resultados das interações entre tratamentos.

Fatores	A	$g_s$	E	Ci/Ca	DPV <sub>folha-ar</sub>	Fv/Fm	PI	SPAD
<b>Valor F</b>	6,7263*	5,1467*	6,7339*	1,2073	11,6777*	2,4831*	5,3145*	2,0185*
<b>F1</b>	0,0127	0,1177	0,0265	0,1053	1,0031	0,3881	1,9528	4,1202*
<b>F2</b>	26,4628*	18,3389*	22,7878*	0,6069	19,2919*	8,0713*	17,7863*	7,1943*
<b>F3</b>	8,8842*	6,0917*	12,3851*	6,0715*	72,4020*	1,766	4,1387*	0,3417
<b>Int. F1x2</b>	0,2425	0,5928	0,3292	0,7015	0,6435	0,6118	2,3024	1,2621
<b>Int. F1x3</b>	0,4529	0,1717	0,4359	0,0184	0,1618	6,1993*	6,6991*	0,1716
<b>Int. F2x3</b>	4,9451*	4,3290*	6,0254*	0,9838	5,4026*	0,0354	0,1819	0,0512
<b>Int. F1x2x3</b>	0,6693	1,8553	1,4703	1,2503	2,1057	0,7619	2,5638	0,2775

Interação – Int.; Fator F1 (ambiente); Fator F2 (espécie); Fator F3 (hidrogel); Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) – A; Condutância estomática ( $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) –  $g_s$ ; Transpiração ( $\text{mmol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) – E; razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> - Ci/Ca; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (kPa) - DPV<sub>folha-ar</sub>; Estimativa do teor de clorofila – SPAD; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI. As médias seguidas de asteriscos diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Com o intuito de facilitar a compreensão e interpretação dos dados, faz-se necessário o desdobramento das interações significativas. Após o seu desdobramento, podem-se tirar as seguintes conclusões: As maiores médias para a  $g_s$  foi registrada para a espécie pioneira, não diferindo entre as áreas CH e SH ( $0,11 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  e  $0,15 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), respectivamente (figura 23A). Resultados semelhantes também foram observados para a A (figura 23B).

Os parâmetros ecofisiológicos contidos na figura 23 estão inter-relacionados, sendo que, qualquer alteração em um dos parâmetros (por exemplo, a condutância estomática), os outros serão afetados também. Esses parâmetros podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos.

Dentre os inúmeros fatores que podem ocasionar estresse nos vegetais, cita-se a temperatura e o déficit hídrico como os preponderantes. De acordo com Marengo et al. (2014), ao avaliarem espécies florestais da Amazônia, observaram redução do tempo de abertura dos estômatos em detrimento à época seca. Devido a essa redução da abertura das células estomática, os mesmos autores observaram redução da fotossíntese na época seca em comparação com o período chuvoso.

Resultados semelhantes foram observados por Dalmagro et al. (2011), ao avaliar espécies lenhosas na floresta de transição Amazônia/Cerrado, sendo que os referidos autores constataram redução da  $g_s$  na estação seca, o que foi ocasionado pelo fechamento dos estômatos. Tais resultados coincidem com os observados na presente pesquisa.

Para a transpiração instantânea, as maiores taxas transpirométricas foram observadas para as espécies pioneiras em área SH ( $4,61 \text{ mmol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) (figura 23C). Resultado semelhante foi observado para o DPV<sub>folha-ar</sub>, tendo a espécie clímax (C) como destaque ( $3,98 \text{ kPa}$ ) (figura

23D). Ao observar a figura 23, pode-se inferir que o  $DPV_{\text{folha-ar}}$  tem relação inversa a outros parâmetros, como por exemplo: A, E e  $g_s$ , já que, com o aumento do  $DPV_{\text{folha-ar}}$  ocorreu a redução de tais parâmetros na mesma escala. Esse resultado também foi observado por Ferraz (2008), ao estudar a cultura do mamoeiro, onde o autor constatou redução da A sobre  $DPV_{\text{folha-ar}}$  superior a 3,5 kPa.

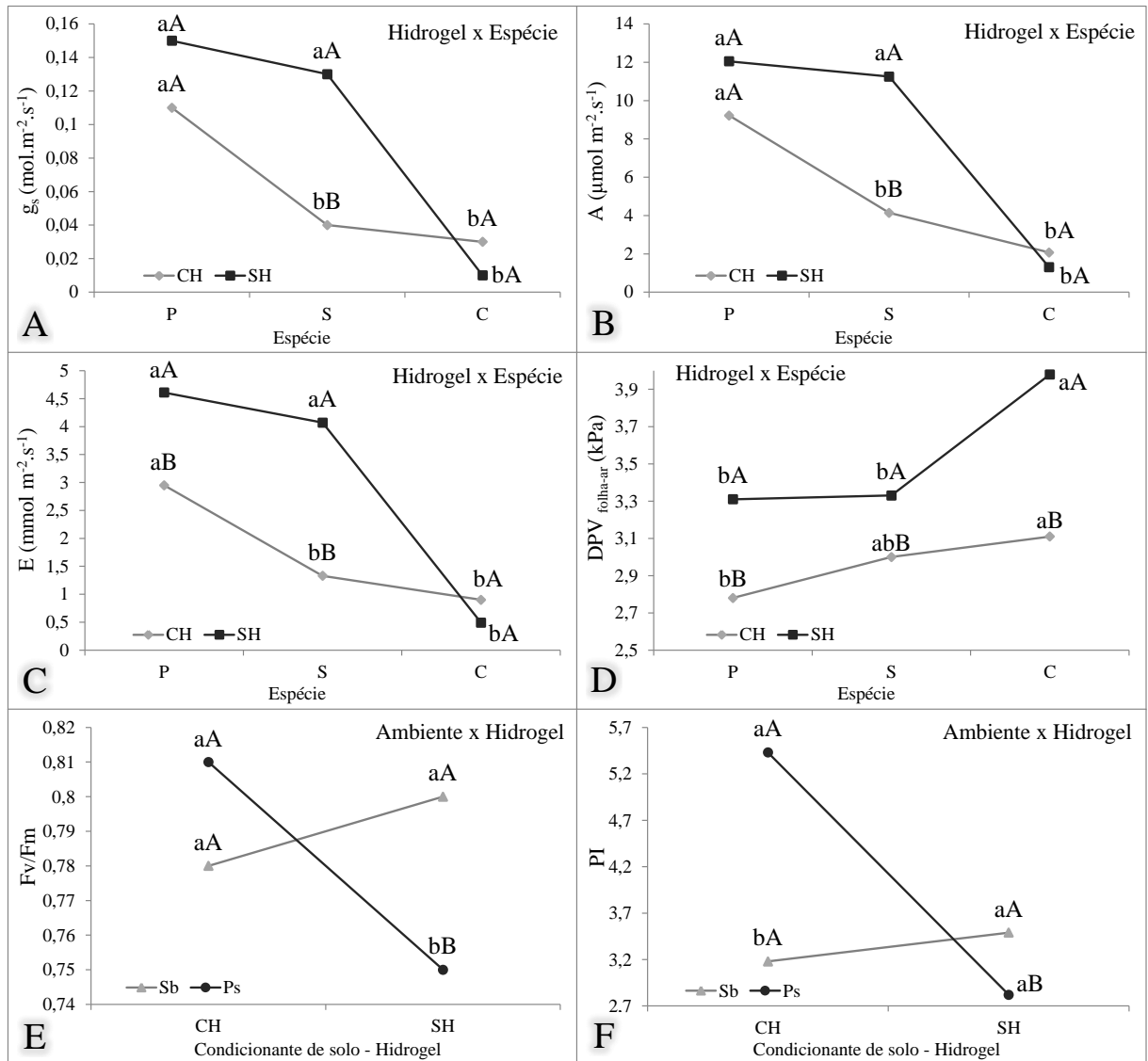
O  $DPV_{\text{folha-ar}}$  é um parâmetro que varia conforme a umidade relativa e da temperatura do ar (FERRAZ, 2008), assim como da temperatura da folha (MARENCO; LOPES, 2009). Em condições de  $DPV_{\text{folha-ar}}$  elevado, há uma tendência na diminuição da abertura das células estomáticas, ocasionando seu fechamento (ALMEIDA, 2003; REIS; CAMPOSTRINI; SOUSA, 2009; REIS; CAMPOSTRINI, 2011), conseqüentemente, diminuição da fotossíntese (MARENCO et al., 2014; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2007) e da concentração de carbono interno (DIAS; MARENCO, 2007; FERRAZ, 2008; REIS; CAMPOSTRINI, 2011). Essas informações corroboram com os resultados observados na presente pesquisa

Para Santos, Silva e Silva Junior (2014) ao trabalharem com plantas de juazeiro na região semiárida de Sergipe, observaram que, com o aumento do DPV houve queda acentuada na condutância estomática e na fotossíntese.

Os dados positivos para a espécie pioneira confirmam sua importância nos projetos de recuperação de áreas degradadas, pois são espécies que se adaptam muito bem a ambientes antropizados e expostos a alta irradiância.

Em relação ao desdobramento das interações significativas dos fatores ambiente com o condicionante de solo, a razão  $F_v/F_m$  não apresentou diferença entre as médias na área sombreada, o que também foi observado para o PI. No entanto, para as áreas a Ps, o hidrogel contribuiu positivamente para o aumento das médias analisadas, amenizando o estresse provocado pela sazonalidade climática ocorrida no período de avaliação do experimento (figura 23E e F).

Vale resaltar que a menor média foi encontrada na interação ambiente Ps com as áreas sem aplicação de condicionante de solo (0,75 bB). Para Santos, Silva e Silva Júnior (2014), valores de  $F_v/F_m$  variando entre 0,75 a 0,85, podem ser considerados como plantas sem estresse. A relação  $F_v/F_m$  reflete a proporção de energia luminosa absorvida pelas clorofilas (FS II) que é utilizada no transporte de elétrons (MARENCO et al., 2014).



**Figura 23.** Interação significativa em os fatores hidrogel e espécie (A, B, C e D), isso para  $g_s$ , A, E e  $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$ ; Ambientes e hidrogel (E e F), para a razão  $F_v/F_m$  e  $PI$ ; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula para a linha e minúscula entre as linhas).

Ambientes: sombra - Sb e pleno sol - Ps; Espécie: pioneiras - P, secundárias - S e clímax - C; Hidrogel: com hidrogel - CH e sem hidrogel - SH; Condutância estomática ( $g_s$ ); Assimilação fotossintética de  $\text{CO}_2$ ; Transpiração - E; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar -  $\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$ ; Eficiência quântica máxima do fotossistema II -  $F_v/F_m$ ; índice de performance -  $PI$ .

### 3.2.5 Quarta avaliação - período de transição entre as estações seca e chuvosa

A quarta coleta de dados do experimento ocorreu no dia 02 de outubro de 2016, nesta fase, pôde-se perceber uma melhoria nos parâmetros ecofisiológicos avaliados, isso em relação à terceira. Essa melhora nos resultados pode estar relacionada a algumas precipitações ocorridas dias antes da coleta dos dados, o que contribuiu para a redução do grau de estresse em que as plantas estavam submetidas.

Em relação à significância estatística, a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, não diferiram para o fator ambiente. Resultados semelhantes foram observados para a razão Fv/Fm e PI. O único resultado que apresentou diferença estatística para o fator ambiente foi à estimativa do teor de clorofila, o qual apresentou as maiores médias para as espécies que estavam sob a tela de sombreamento (tabela 11).

Esse resultado pode ser devido a essas folhas avaliadas terem sido produzidas em ambiente com menor irradiância solar. Plantas sob menor luminosidade tende a apresentar maior concentração de células pigmentadas, isso para compensar a baixa luminosidade que incide sobre a superfície foliar dos vegetais em ambiente de sub-bosque.

A estimativa de verde (índice SPAD) é um parâmetro que avalia o enverdecimento das folhas de plantas, a qual está ligada aos pigmentos fotossintetizantes (clorofilas) (SILVA et al., 2011). O teor de verde é influenciado pelo nitrogênio presente nas folhas, atuando na síntese e na estrutura molecular das clorofilas (PÔRTO et al., 2011). De acordo com Silva et al. (2014), as clorofilas refletem a cor verde e estão diretamente relacionadas com as atividades fotossintéticas dos vegetais.

Para o fator espécie, a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> e transpiração instantânea diferiram a 5% de probabilidade, o que também foi observado para a razão Fv/Fm, PI e SPAD (tabela 11). Já para a condutância estomática, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e a razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>, não apresentaram diferenças estatística (tabela 11).

O fator condicionante de solo obteve diferença estatística para os parâmetros da assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e eficiência quântica máxima do fotossistema II, a 5% de probabilidade (tabela 11). No entanto, os parâmetros de g<sub>s</sub>, E e Ci/Ca, não apresentaram diferenças estatísticas entre as suas médias, resultados que também foram observados para o PI e SPAD (tabela 11).

**Tabela 11.** Parâmetros ecofisiológicos em condições de campo para as trocas gasosas, eficiência fotoquímica e estimativa do teor de clorofila. Primeira avaliação – Fase de adaptação das mudas ao campo.

TROCAS GASOSAS								
Parâmetros Ecofisiológicos	Fator Ambiente		Fator Espécie			Fator Hidrogel		CV
	SB	Ps	P	S	C	CH	SH	%
<b>A</b>	11,58 a	10,47 a	13,22 a*	12,48 a*	7,38 b*	9,54 b*	12,52 a*	31,25
<b>g<sub>s</sub></b>	0,14 a	0,16 a	0,18 a	0,19 a	0,09 a	0,16 a	0,15 a	89,63
<b>E</b>	3,52 a	3,68 a	4,21 a*	4,06 a*	2,53 b*	3,22 a	3,99 a	44,88
<b>Ci/Ca</b>	0,56 a	0,59 a	0,59 a	0,57 a	0,58 a	0,60 a	0,56 a	21,46
<b>DPV<sub>folha-ar</sub></b>	2,62 a	2,74 a	2,58 a	2,60 a	2,85 a	2,48 b*	2,88 a*	13,79
EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA								
<b>Fv/Fm</b>	0,81 a	0,79 a	0,82 a*	0,81 a*	0,76 b*	0,81 a*	0,79 b*	4,13
<b>PI</b>	4,89 a	4,22 a	4,78 b*	6,48 a*	2,41 c*	4,79 a	4,33 a	41,93
ESTIMATIVA DO TEOR DE CLOROFILA								
<b>SPAD</b>	38,95 a*	35,58 b*	33,06 b*	39,41 a*	39,31 a*	36,31 a	38,22 a	17,37

Sombra – Sb; Pleno sol – Ps; Espécies pioneiras – P; Espécies secundárias – S; Espécies clímax – C; Com hidrogel – CH; Sem hidrogel – SH; Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>) – A; Condutância estomática (mol .m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – g<sub>s</sub>; Transpiração (mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> - Ci/Ca; Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (kPa) - DPV<sub>folha-ar</sub>; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI; Estimativa do teor de Clorofila – SPAD; Coeficiente de variação (%) - CV. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, isso para o mesmo fator.

Mediante as análises estatísticas para as interações, pode-se afirmar que, não houve diferença para a interação entre os fatores ambiente e espécie (tabela 12).

Em relação à interação entre os fatores ambiente e condicionante de solo, os parâmetros da assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e eficiência quântica máxima do fotossistema II, não diferiram estatisticamente. Porém, houve diferença estatística para o PI e SPAD, isso a 5% de probabilidade (tabela 12).

Para os fatores espécie e condicionante de solo, a significância foi a 5% de probabilidade para a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>. Já a condutância estomática, transpiração instantânea, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar e eficiência quântica máxima do fotossistema II, não diferiram estatisticamente para nenhum fator (tabela 12), sinal de que não há interação entre os fatores (MARQUES; PINTO, 2013).

Ao contrário das avaliações anteriores, a quarta medição apresentou interação significativa para os três fatores estudados na pesquisa (ambiente, espécie e condicionante de

solo). No entanto, os parâmetros da assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração instantânea, razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub>, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, eficiência quântica máxima do fotossistema II e estimativa do teor de clorofila, não diferiram estatisticamente (tabela 12).

O único parâmetro ecofisiológico que apresentou interação tripla significativa foi o PI, a 5% de probabilidade (tabela 12). O PI é um importante parâmetro utilizado na detecção de estresses em plantas (CHRISTEN et al., 2007; GONÇALVES et al., 2010a; MARTINAZZO et al., 2013; SCHOCK et al., 2014).

**Tabela 12.** Análise estatística, resultados das interações entre os fatores dos tratamentos.

Fatores	A	g <sub>s</sub>	E	Ci/Ca	DPV <sub>folha-ar</sub>	Fv/Fm	PI	SPAD
<b>Valor F</b>	6,4883*	0,9857	2,2749*	1,1152	2,9586*	4,7799*	6,2761*	2,4648*
<b>F1</b>	1,5642	0,2136	0,1535	0,7969	1,8483	1,5932	1,8631	4,0589*
<b>F2</b>	16,9939*	3,1696	6,6074*	0,2262	3,0645	17,8197*	22,8997*	6,3133*
<b>F3</b>	11,1700*	0,0778	3,4116	1,9938	17,7995*	5,0703*	0,8609	1,3019
<b>Int. F1x F2</b>	0,9443	1,5368	1,9505	2,6712	1,4072	0,7085	0,5918	1,0188
<b>Int. F1x F3</b>	1,0137	0,7116	0,2272	0,9575	1,3194	3,2114	9,0011*	5,3172*
<b>Int. F2x F3</b>	7,9233*	0,1294	1,6991	0,1117	1,2473	0,2520	0,4962	0,0752
<b>Int. F1x2x3</b>	2,9504	0,0838	0,3588	1,2953	0,0696	2,5718	4,6680*	0,8102

Interação – Int.; Fator F1 (ambiente); Fator F2 (espécie); Fator F3 (hidrogel); Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – A; Condutância estomática (mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – g<sub>s</sub>; Transpiração (mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) – E; Razão da concentração intercelular e extracelular de CO<sub>2</sub> – Ci/Ca; Estimativa do teor de clorofila – SPAD; Eficiência quântica máxima do fotossistema II – Fv/Fm; Índice de performance – PI. As médias seguidas de asteriscos diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Ao fazer o desdobramento dos fatores significativos da interação ambiente e condicionante de solo, verifica-se que os melhores resultados para o PI foram encontrados para as plantas que estavam no ambiente Sb, o qual não teve diferença estatística entre as médias das áreas com ou sem hidrogel (4,38 e 5,41), respectivamente (figura 24A).

De acordo com Marques e Pinto (2013), ao trabalharem com cana-de-açúcar, relataram que a utilização de substâncias hidrorretentoras (hidrogeis) disponibiliza água e nutrientes às raízes. No entanto, os mesmos autores relataram que não constataram efeitos significativos para o uso de hidrogel entre as variáveis estudadas em sua pesquisa.

Já para as áreas a pleno sol, a aplicação de hidrogel se sobressaiu à frente das áreas sem hidrogel, neste caso, a aplicação do condicionante de solo contribuiu positivamente para a elevação da média do PI (figura 24A). Segundo Navroski et al. (2015), o hidrogel melhora as características físicas, químicas e a retenção de água no substrato, disponibilizando esses



elementos de forma lentamente para as plantas (BERNARDI et al., 2012), favorecendo o desenvolvimento das plantas a curto e médio prazo.

Resultado semelhante ao constatado na presente avaliação, foi observado por Bernardi et al. (2012), ao trabalharem com *Corymbia citriodora*, os quais presenciaram maiores taxas de crescimento em função da presença do hidrogel. Os mesmos autores relatam ainda que, o hidrorretentor possibilitou maior retenção de nutrientes, conseqüentemente, menor perda desses elementos pela lixiviação.

Já Navroski et al. (2015), externam que o uso de hidrogeis possibilita a redução da lâmina de água usada na irrigação, assim como o intervalo entre as regas. Para Dranski et al. (2013a), o hidrogel surge como alternativa na redução dos problemas relacionados à deficiência hídrica pós-plantio, aumentando os índices de sobrevivência das mudas no campo. Esse fato contribui para a redução dos custos com possíveis replantios.

Neste contexto, a ecofisiologia surge como uma importante ferramenta a ser usada no diagnóstico de estresse nos vegetais, esse estresse pode ser avaliado mediante os parâmetros ecofisiológicos. Cada parâmetro avalia áreas diferentes da planta, tendo uns mais sensíveis nessa diagnose. Para Martinazzo et al. (2013), o PI é um indicador positivo da atividade fotossintética, sendo considerado um parâmetro sensível na detecção de estresse em plantas (CHRISTEN et al., 2007; SCHOCK et al., 2014).

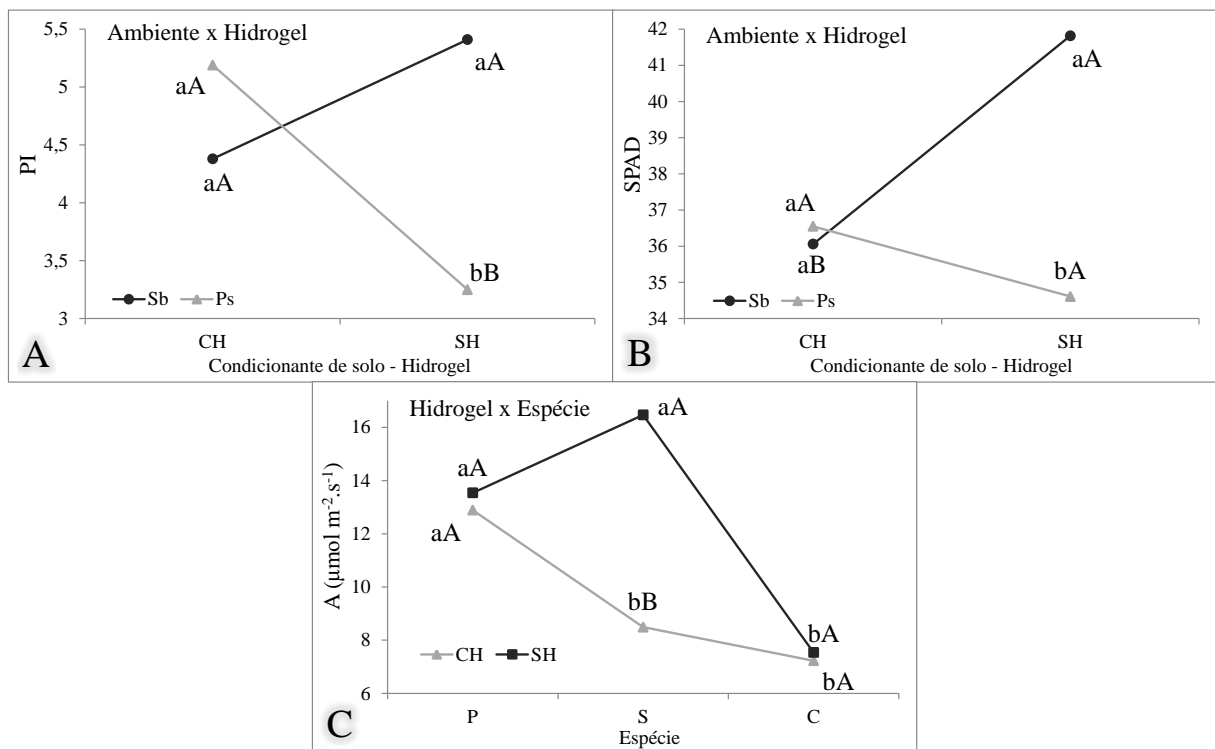
Em relação à estimativa do teor de clorofila, o melhor resultado para o ambiente Sb foi constatado para as áreas sem aplicação de hidrogel (41,82). Esse aumento no índice SPAD pode estar relacionado à própria adaptação da espécie às condições reduzidas de luminosidade, fazendo com que haja maior acúmulo de células fotossintetizantes nas estruturas foliares das plantas sob o telado. No entanto, no ambiente Ps, as médias não diferiram estatisticamente entre a aplicação ou não do condicionante de solo (figura 24B).

O índice SPAD ou estimativa de verde tem relação direta com o nitrogênio presente nas células vegetais, o qual é tido como um bom indicador da capacidade fisiológica das plantas (IANNELLI-SERVÍN, 2007). Sua avaliação possibilita diagnosticar algum estresse ocorrido no vegetal, assim, proporcionando ações de correção em tempo hábil, evitando que o vegetal venha a ser acometido por situações altamente estressantes, o que poderia vir a ocasionar redução de produção, ou até mesmo, levá-lo à morte.

O N atua na estrutura física e química dos vegetais, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (PÔRTO et al., 2011), sendo um dos nutrientes mais limitantes para a obtenção de alta produtividade (ZUFFO et al., 2012).

A figura 24C apresenta o desdobramento das interações significativas para o fator espécie e condicionante de solo, no que tange ao parâmetro ecofisiológico de assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, sendo que, a espécie pioneira não foi influenciada pela aplicação ou não de hidrogel. Resultados semelhantes foram observados para a espécie clímax. Porém, para a espécie secundária, os resultados foram melhores para as áreas sem a aplicação de hidrogel.

Ao longo da pesquisa foi observado que o uso de condicionante de solo não influenciou satisfatoriamente no desenvolvimento das plantas que estavam sobre a teta de sombreamento, o que é mais uma vez evidenciado nas figuras 24 A e B, sendo que, os melhores resultados para o PI e SPAD foram constatados nas áreas sem aplicação de hidrogel. Contrastando com esse resultado, nas áreas a Ps o hidrogel contribuiu significativamente para o desenvolvimento das plantas no campo.



**Figura 24.** Interação significativa em os fatores ambiente e hidrogel (A e B), isso para PI e SPAD; Hidrogel e espécie, em relação assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula para a mesma linha e minúscula entre as linhas, isso para a figura 24 A e B. Para a figura 24C, é maiúscula entre as linhas e minúscula na mesma linha).

Ambientes: sombra - Sb e pleno sol - Ps; Espécie: pioneiras - P, secundárias - S e clímax - C; Hidrogel: com hidrogel - CH e sem hidrogel - SH; Índice de performance - PI; Estimativa do teor de clorofila - SPAD; Assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> - A.

No decorrer da pesquisa foi observado que a combinação ambiente Sb em área com aplicação de hidrogel, não foi efetivo para o desenvolvimento das plantas no campo. Há caso

em que o uso de condicionantes de solo pode influenciar negativamente no desenvolvimento das plantas, conforme relatado por Dranski et al. (2013b), ao trabalharem com pinhão-manso em função da época de plantio e do uso de hidrogel, onde os referidos autores observaram redução nas taxas de crescimento no plantio de inverno em função do uso de hidrogel.

Segundo Navroski et al. (2015), o uso de hidrogeis quando mal executado pode afetar o desenvolvimento das plantas. Os mesmos autores externam que doses elevadas de hidrogel dificulta a respiração das plantas o que ocasiona redução da fotossíntese. Para Marengo e Lopes (2009), as atividades fotossintéticas podem também ser influenciadas pela intensidade luminosa, temperatura, concentração de CO<sub>2</sub>, teor de nitrogênio e umidade do solo.

Ao longo da pesquisa buscou-se literaturas que pudesse embasar o uso de hidrogel (MARQUES; PINTO, 2013; NAVROSKI et al., 2015; DRANSKI et al., 2013a; DRANSKI et al., 2013b; BERNARDI et al., 2012), todavia, com muitos relatos divergentes quanto ao seu uso, fato que carece de mais estudos para poder desvendar o comportamento de espécies florestais frente a tal prática.

Dentre as avaliações ocorridas ao longo do experimento, a do mês de outubro foi a única em que ocorreu interação tripla significativa para o parâmetro ecofisiológico índice de performance (PI) (tabela 13). O PI é tido como um dos melhores parâmetros ecofisiológicos usados na detecção de situações de estresses em plantas (CHRISTEN et al., 2007; GONÇALVES; SILVA; GUIMARÃES, 2009; GONÇALVES et al., 2010a; MARTINAZZO et al., 2013; SCHOCK et al., 2014).

Mediante o desdobramento da interação tripla significativa para o fator ambiente dentro da interação espécie e condicionante de solo, nota-se que, na área sobre a tela de sombreamento, as maiores médias foram constatadas para as espécies pioneira e secundária, não diferindo entre o uso ou não de hidrogel. Resultado semelhante foi relatado por Marques e Pinto (2013), ao estudarem cana-de-açúcar, os quais não observaram diferenças entre as variáveis analisadas com o uso de hidrogel.

A não contribuição do hidrogel em ambiente sombreado pode estar relacionado à redução da radiação solar sobre a superfície do solo, o que tende a diminuir sua temperatura, reduzindo a evaporação, assim, favorecendo a conservação de água nos poros do solo. Outro fato importante a ser considerado é a própria disponibilidade de água no solo, já que, no período ocorreram algumas precipitações (figura 7), o que contribuiu para o aumento da umidade do solo, fazendo com que o hidrogel não influenciasse no desenvolvimento das plantas no campo.

Resultado parecido foram observados por Dranski et al. (2013b) e Navroski et al. (2015), os quais constataram que, sobre maiores lâminas de irrigação (disponibilidade de água no solo) o uso de hidrogel não apresentou diferença estatística. Esses resultados nos levam a crer que, o uso de hidrogel é melhor otimizado em condições de menor disponibilidade hídrica (NAVROSKI et al., 2015). Os mesmos autores relatam que doses elevadas de hidrogel em áreas com excesso hídrico pode prejudicar a respiração das plantas e diminuir a produção de energia necessária para a síntese dos compostos orgânicos.

Para o ambiente a pleno sol, as maiores médias foram observadas para a combinação espécie secundária em área com aplicação de hidrogel, não diferindo estatisticamente da espécie pioneira em área sem hidrogel.

Neste caso, o condicionante de solo contribuiu para a elevação do PI na espécie secundária, corroborando sua adaptação ao campo. Tal resultado é justificável devido o hidrogel proporcionar melhores condições ambientais para o crescimento das plantas (MARQUES; PINTO, 2013). Outro ponto a ser salientado, é a própria fisiologia da espécie *A. fraxinifolium*, a qual apresentou ao longo da pesquisa boas estratégias adaptativas, o que conferiu a sua adaptação às diferentes condições ambientais em que a espécie esteve submetida.

**Tabela 13.** Desdobramentos da interação tripla, significativa para o índice de performance (PI), referente aos fatores ambiente, espécies e condicionantes de solo (hidrogel).

PI						
Ambiente	Espécie - Condicionante de solo					
	P-CH	P-SH	S-CH	S-SH	C-CH	C-SH
<b>Sb</b>	4,95 aAB	4,61 aAB	5,74 bAB	7,93 aA	2,45 aB	3,68 aB
<b>Ps</b>	4,57 aB	4,98 aAB	8,36 aA	3,91 bBC	2,64 aBC	0,86 bC

Interação tripla entre os fatores ambiente (sombra - Sb e pleno sol - Ps), espécies (pioneira - P, secundária - S e clímax - C) e condicionante de solo (com hidrogel – CH e sem hidrogel - SH).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados contidos na tabela 14 são referentes à interação tripla significativa para a combinação ambiente e espécie, dentro do fator condicionante de solo. Os resultados nos remetem que a maior média foi observada para o ambiente a pleno sol em combinação com a espécie secundária (8,36), não diferindo das espécies P e S em área sombreada.

O bom desempenho da espécie secundária sobre alta irradiância pode estar relacionada às próprias estratégias adaptativas da espécie, situação observada ao longo da

presente pesquisa. Mediante aos fatos mencionados, deve-se priorizar o uso de espécies nativas adaptadas às condições edafoclimáticas locais (MELOTTO et al., 2009), o que visa favorecer os índices de sobrevivência das mudas no campo.

Outro ponto importante a ser mencionado na quarta avaliação, é a maior disponibilidade hídrica (figura 7) em relação aos meses anteriores, o que contribuiu para a manutenção da capacidade de campo do solo. Como as plantas não apresentaram situação de fotoinibição, as mesmas responderam positivamente ao ambiente Ps. No entanto, resultados diferentes foram observados por Gonçalves et al. (2010), ao trabalharem com *Carapa guianensis* e *Dipteryx odorata*, os quais constataram sensibilidade das espécies quando expostas à alta irradiância.

Nas áreas sem aplicação de hidrogel, a maior média também foi observada para a espécie secundária, porém, em combinação com as áreas sobre a tela de sombreamento (Sb) (7,93), não diferindo da espécie pioneira nas áreas Sb e a Ps. Este resultado nos remete que a espécie secundária apresenta alta plasticidade adaptativa, sendo uma espécie altamente recomendada para o uso em projetos de recomposição florestal.

A eficácia dos programas de recomposição florestal está diretamente ligada à seleção de espécies adaptadas às condições inóspitas das áreas antropizadas. São essas espécies que irão proporcionar melhores condições edafoclimáticas aos ambientes em processo de restauração, favorecendo o surgimento dos grupos sucessionais subsequentes. Portanto, a seleção de espécies adaptadas aos programas de reflorestamentos de áreas degradadas (GONÇALVES, et al., 2010), visa à redução dos custos na implantação dos mesmos, mediante a diminuição das taxas de replantio de mudas.

Ao contrário do observado para a espécie secundária, a clímax quando exposta a pleno sol e em área sem aplicação de hidrogel, apresentou as piores médias, corroborando a sensibilidade da espécie sob condições fotoinibitórias. As espécies climácicas na fase juvenil se desenvolvem melhor em ambientes sombreados, a qual é tida como espécie de sub-bosque. Nesse sentido, Kageyama e Castro, (1989), recomenda o seu plantio sob as sombras de outras árvores, priorizando espécies pioneiras.

As espécies climácicas possuem crescimento lento, porém, apresenta vida longa, elas se desenvolvem inicialmente sobre o dossel das florestas maduras, ou seja, seu crescimento inicial é melhor em ambientes sombreados. Essas informações corroboram com os resultados encontrados na presente pesquisa, pois a espécie apresentou as menores médias para o índice de performance nas áreas a Ps e SH (0,86) (tabela 14).

**Tabela 14.** Desdobramentos da interação tripla, significativa para o índice de performance (PI), referente aos fatores ambiente, espécies e condicionantes de solo (hidrogel).

<b>Ambiente/ Espécie</b>	<b>PI</b>	
	<b>Condicionante de solo</b>	
	<b>CH</b>	<b>SH</b>
<b>Sb-P</b>	4,95 abA	4,61 abA
<b>Sb-S</b>	5,74 abA	7,93 aA
<b>Sb-C</b>	2,45 bA	3,68 bcA
<b>Ps-P</b>	4,57 bA	4,98 abA
<b>Ps-S</b>	8,36 aA	3,91 bcB
<b>Ps-C</b>	2,64 bA	0,86 cA

Interação tripla entre os fatores ambiente (sombra - Sb e pleno sol - Ps), espécies (pioneira - P, secundária - S e clímax - C) e condicionante de solo (com hidrogel - CH e sem hidrogel - SH).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, letra maiúscula na linha e minúscula na coluna.

De acordo com Gonçalves et al. (2010a), o PI é tido como um dos melhores indicadores de estresses em plantas, alterações nesse parâmetro pode significar dano no aparato fotossintético (SCHOCK et al., 2014). Tais relatos corroboram com os resultados apresentados para o PI, isso em relação à espécie clímax, a qual obteve os piores resultados.

Ao analisar os resultados da combinação ambiente e condicionante de solo, dentro do fator espécie (tabela 15), nota-se mais uma vez o destaque da espécie secundária frente à pioneira e clímax, confirmando sua plasticidade adaptativa às diferentes condições ambientais. A boa adaptação da espécie secundária aos diferentes ambientes é confirmada mediante os bons índices de performances obtidos na presente pesquisa, demonstrando que a espécie apresentou menor grau de estresse às condições as quais estavam submetidas.

O índice de performance desempenha um importante papel na avaliação do fluxo de elétrons entre os fotossistemas FSI e FSII (YUSUF et al., 2010; MARTINAZZO et al., 2013; PERBONI et al., 2015). O PI avalia a energia dissipada ou perdida durante o transporte de elétrons no processo fotossintético (CLARK, et al., 2000), sendo um dos parâmetros ecofisiológicos mais sensível na detecção de estresse (CHRISTENA, et al., 2007; GONÇALVES; SILVA; GUIMARÃES, 2009; GONÇALVES et al., 2010a; HURTER, 2011; MARTINAZZO et al., 2013; SCHOCK et al., 2014).

**Tabela 15.** Desdobramentos da interação tripla significativa para o índice de performance (PI), referente aos fatores ambiente, espécies e condicionantes de solo (hidrogel).

Ambiente/ Hidrogel	PI		
	Espécies		
	P	S	C
<b>Sb-CH</b>	4,95 aAB	5,74 abA	2,45 aB
<b>Sb-SH</b>	4,61 aB	7,93 aA	3,68 aB
<b>Ps-CH</b>	4,57 aB	8,36 aA	2,64 aB
<b>Ps-SH</b>	4,98 aA	3,91 bA	0,86 aB

Interação tripla entre os fatores ambiente (sombra - Sb e pleno sol - Ps), espécies (pioneira - P, secundária - S e clímax - C) e condicionante de solo (com hidrogel - CH e sem hidrogel - SH).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, letra maiúscula na linha e minúscula na coluna,.

#### 4 CONCLUSÃO

Das espécies utilizadas na pesquisa, destaca-se a *A. fraxinifolium*, a qual apresentou alta plasticidade fenotípica, o que conferiu sua adaptação aos diferentes fatores avaliados. Tais características priorizam o seu uso nos projetos de recomposição de ambientes antropizados.

O condicionante de solo não influenciou no desenvolvimento das mudas no período de maior disponibilidade hídrica no solo. No entanto, o seu uso contribuiu significativamente no desenvolvimento das plantas em áreas sob alta irradiância e no período de estiagem.

Por meio de análise subjetiva, a técnica de nucleação de Anderson configurou ser uma boa opção a ser usada nos projetos de recuperação de áreas degradadas, pois sua arquitetura possibilitou maior conforto edafoclimático às espécies tolerantes ao sombreamento.

Mediante os fatores avaliados na pesquisa e os resultados obtidos, a ecofisiologia se mostrou como uma ferramenta moderna e confiável na detecção de possíveis estresses ocasionados nas plantas quando expostas às condições naturais de campo.

Os projetos de recuperação de áreas degradadas não terminam com o plantio das mudas no campo, essas áreas em processo de recuperação precisam ser monitoradas até a sua reconstituição final.

## 5 REFERÊNCIAS

- ABREU, C. I V. de. **Aspectos bionômicos de geometridae (lepidóptera) associados a plantas de Mata Atlântica na reserva biológica da Serra do Jari.** 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.
- ACABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Associação micorízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 289-301, 2011.
- ALBURQUERQUE, B. P. de. **As relações entre o homem e a natureza e a crise socioambiental.** 2007. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Rio de Janeiro – RJ, 2007.
- ALMEIDA, A. C de. **Application of a process-based model for predicting and explaining growth in Eucalyptus plantations.** 2003. 232 p. Thesis (Doutor of Philosophy) – The Australian National University, Canberra, 2003.
- ANDERSON, M. L. Spaced - Group planting. **Unasylva**, Rome, v. 7, n 2. p. 61-70. 1953.
- ARAÚJO, L. C. de. **Influência da disponibilidade de água no desenvolvimento de plantas de capim-marandu e milho: cultivo solteiro e consorciado.** 2008. 97 f. Dissertação (mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba - SP, 2008.
- ARAÚJO, S. A do C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **R. Bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- ARAÚJO, S. A. de C.; VASQUEZ, H. M.; CAMPOSTRINI, E.; NETTO, A. T.; DEMINICIS, B. B.; LIMA, E. da S. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.), em estresse hídrico. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2010.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R. de.; SILVA, F. A. M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.



BARRETO, C. G.; CEZAR, K. G. **A colonização e os modos de produção na Mata Atlântica nordestina sob a ótica do materialismo histórico.** Documentos Técnico-Científicos, v. 43, n. 2, p. 327-338, 2012.

BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.

BETONI, R. **Salinidade e temperatura na resposta fisiológica de sementes e anatomia radicular de plântulas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (sterculiaceae) e *Caesalpinia férrea* Mart. (fabaceae).** 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009.

BERTOLDO, J. G.; ROCHA, F. da.; COIMBRA, J. L. M.; ZITTERELL, D.; GRAH, V. de F. Teste de comparação de médias: dificuldades e acertos em artigos científicos. **Rev. Bras. Agrobiência**, Pelotas, v. 13, n. 4, p. 441-447, 2007.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology*, v. 3, p. 497-514, 1989.

BORGES, V. P. **Ecofisiologia de *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo em ambientes contrastantes de luz.** 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das almas – BA, 2012.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Espécies Ameaçadas de extinção.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/especies-ameacadas-de-extincao>>. Acesso em: 19 de mar. 2017.

CAMARGO, J. L. C. **Alterações na dinâmica e demografia de árvores tropicais após fragmentação florestal na Amazônia Central.** 2004. 145 f. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Universidade do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2004.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. de.; CANTARELLI, E. B.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. Submetidas a níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 683-689, 2010.

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, London, v. 103, p. 551-560, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>>. Acesso em: 24 fev. 2017. doi: 10.1093/aob/mcn125.

CHRISTEN, D.; SCHONMANN, S.; JERMINI, M.; STRASSER, R. J.; DÉFAGO, G. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. **Environmental and Experimental Botany**. v. 60, p. 504-514, 2007.

CLARK, A. J.; LANDOLT, W.; BUCHER, J. B.; STRASSER, R. J. Beech (*Fagus sylvatica*) response to ozone exposure assessed with a chlorophyll a fluorescence performance index. **Environmental Pollution**, v. 109, p. 501-507, 2000.

COSTA, G. F. DA; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 229 – 234, 2007.

CRUZ, M. DO C. M. D. A.; SIQUEIRA, D. L. DE; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. Fluorescência da clorofila *a* em folhas de tangerineira ‘Ponkan’ e limeira ácida ‘Tahiti’ submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 3, p. 896-901, 2009.

DALMAGRO, H. J.; LOBO, F. de A.; ORTÍZ, C. E. R.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. de S.; VOURLITIS, G. L.; PINTO-JÚNIOR, O. B. Trocas gasosas de uma espécie lenhosa na floresta de transição Amazônia – Cerrado. **Ciência e Natureza**, UFSM, v. 33, n. 2, P. 147-165, 2011.

DALMOLIN, A. C.; THOMAS, S. E. de O.; ALMEIDA, B. C.; ORTÍZ, C. E. R. Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetida ao sombreamento. **R. Bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 41-48, 2015.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulação de hidrogel. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 17, n.5, p.537-542, 2013a.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de M.; GUIMARÃES, V. F. Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-mansão em função da época de plantio e uso de hidrogel. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n.3, p.489-498, 2013b.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F. do.; PAIM, L. R.; SCALON, S. de A. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, E. A. C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea Arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v. 69, p. 161-169, 1994.

FARIAS, G. M. de.; ZAMBERLAN, C. O. Expansão da fronteira agrícola: impacto das políticas de desenvolvimento regional no centro oeste brasileiro. **Rev. Bras. Planej. Desenvolvimento**, v. 2, n. 2, p. 58-68, 2013.

FERREIRA, C. A. G.; DEVIDE, A. C.; CARVALHO, L. R. de. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., e, tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **CERNE**, v. 5, n. 2, p. 095-104, 1999.

FERREIRA, C. da S.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. da; SILVA, E. S. A. Teores de clorofilas em folhas de cupuaçuzeiros cultivados à sombra e ao sol. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 17, 2002, Belém, PA. Anais. Belém: SBF, 2002. 4 f.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 83-92, 2006.

FLEXAS, J.; BARBOUR, M. M.; BRENDEL, O.; CABRERA, H. M.; CARRIQUÍ, M.; DÍAZ-ESPEJO, A.; DOUTHE, C.; DREYER, E.; FERRIO, J. P.; GAGO, J.; GALLÉ, A.; GALMÉS, J.; KODAMA, N.; MEDRANO, H.; NIINEMETS, U.; PEGUERO-PINA, J. J.; POU, A.; RIBAS-CARBÓ, M.; TOMÁS, M.; TOSENS, T.; WARREN, C. R. Mesophyll diffusion conductance to CO<sub>2</sub>: An unappreciated central player in photosynthesis. **Plant Science**, v. 193-194, p. 70-84, 2012.

GONÇALVES, J. F. de C.; SILVA, C. E. M. da.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.

GONÇALVES, J. F. de C.; SILVA, C. E.; GUIMARÃES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**. v. 40, n. 1, p. 89-98, 2010a.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. de G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 14, n. 4, p.378-386, 2010b.

HENTZ, A. M. K.; PASA, D. L.; WEISS, R.; MELLO FILHO, J. A. de. Avaliação ambiental das áreas de preservação permanente do centro de pesquisa da Fepagro Florestas em Santa Maria (RS) por geotecnologias. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 315-329, 2013.

HURTER, C. M. **Estresses abióticos em plantas transformadas e não transformadas de tomate ‘Micro-Tom’ com diferentes expressões da sHSP22 mitocondrial: Efeito do alagamento e de ciclos de alta e baixa temperatura.** Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011, 96 p.

IANNELLI-SERVÍN, C. M. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da Mata Atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo.** 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades/Maranhão.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210405&search=maranhao|estreito>>. Acessado em: 23 abr 2015.

IKEJIRI, L.; CAMILLI, L.; KLEIN, J.; RODRIGUES, J. D.; BOARO, C. S. F. Avaliação da limitação estomática e mesofílica da assimilação de CO<sub>2</sub> em girassol ornamental cultivado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Biociências**, porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 855-857, 2007.

IMPERATRIZ, A cidade. **História e dados geográficos de Imperatriz.** Disponível em: <<http://www.imperatriz.ma.gov.br/cidade/>>. Acesso em: 02 abr 2017.

INMET/CSC/BDMEP, Série Histórica - **Dados Mensais. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: 18 dez 2016.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. de M. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 83-93, 1989.

LANCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, São Paulo. **Editora Rima**, 2006. 531 p.

LEONEL, L. V.; RAMOS, L. M.; MARINHO, R. W. D.; SILVA, E. C. da.; REIS, F. de O. Avaliação dos Diferentes Sistemas de Pastejos: Silvopastoril, Rotacionado com Regeneração Nativa e Extensivo, em Duas Épocas (Chuvosa e Seca). **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 10, n. 3, maio 2016. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/17428>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

LIMA JUNIOR, E. de C.; ALVARENGA, A. A. de.; CASTRO, E. M. de.; VIEIRA, C. V.; OLIVEIRA, H. M. de. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. Submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1092-1097, 2005.

MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. de M. de A.; HABERMANN, Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira valência. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 53-58, 2002.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. dos S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTOS, J. K. da S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 786-799, 2014.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3º ed., UFV, Viçosa, MG, 2009. 486 p.

MARENCO, R. A.; SIEBKE, K.; FARQUHAR, G. D.; BALL, M. C. Hydraulically based stomatal oscillations and stomatal patchiness in *Gossypium hirsutum*. **Functional Plant Biology**, v. 33, p. 1103-1113, 2006.

MARQUES, T. A.; PINTO, L. E. V. Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel, cobertura vegetal e profundidade de plantio. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 680-685, 2013.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V. de.; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 35-41, 2013.

MATA ATLÂNTICA NEW. Espécies Endêmicas e Extintas – **Espécies endêmicas e ameaçadas de extinção na Mata Atlântica**. Disponível em> <http://newsmataatlantica.blogspot.com.br/p/especies-endemicas-e-extintas.html>. Acesso em: 19 de mar. 2017.

MAXWELL, K.; JONHSON, G. N. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; NETO, M. M. G.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; SILVA, V. P. da. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.

MIGUEL, R.; SANTOS, H. I. dos. **Caracterização do assoreamento do Córrego Capoeira, município de Senador Canedo-GO**. 2007. 18 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2007.

MOCHI JUNIOR, C. M. **Composição taxonômica e avaliação da diversidade da fauna de pequenos mamíferos não voadores na formação submontana do Parque Nacional SAINT-HILAIRE/LENGE, Mata Atlântica costeira do Paraná**. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. de S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. de O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden seedlings. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015.

NUNES, S. P. **O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a ideia de desenvolvimento rural**. DESER – Boletim Eletrônico – Conjuntura Agrícola, n. 157, 2007. 15 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G. de.; SMITH, R. E. B.; REIS, F. de O.; CAMPOSTRINI, E.; PEREIRA, M. G. Diferenças fisiológicas entre genótipos de milho doce (*su-1*) e milho comum durante o desenvolvimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 351-356, 2007.

OSMOND, C. B. (1994) What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: Baker NR, Bowyer JR. (Ed.). Photoinhibition of photosynthesis, from molecular mechanisms to the field. pp 1-24. **Scientific Publishers**, Lancaster, United Kingdom.

PAULO, R. F. O desenvolvimento industrial e o crescimento populacional como fatores geradores do impacto ambiental. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 7, n. 13/14, p. 173-189, 2010.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MEDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PEIXOTO, R. Extinção da fauna e da flora. **Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://meioambientebioetica.blogspot.com.br/2011/01/extincao-da-fauna-e-da-flora.html>>. Acesso em: 19 mar 2017.

PERBONI, A. T.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Baixas temperaturas sobre a fluorescência da clorofila a em plantas de diferentes híbridos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 215-222, 2015.

PERECIN, D.; FILHO, A. C. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de áreas degradada. **Caminho de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 102-110, 2012.

PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. do C.; ARRUDA, J. A. de. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira.**, v. 29, n. 3, p. 311-315, 2011.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Bol. Pesq. Florestal**. Colombo, n. 53, p. 179-194, 2006.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de.; MORAES, L. F. D. de.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF, Botucatu, 2003. 340 p.

REIS, F. de O.; CAMPOSTRINI, E.; SOUSA, E. F. de. Fluxo de seiva xilemática em mamoeiro 'Golden' cultivado por microaspersão sobre copa: Relações com as variáveis ambientais. **Bragantina**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 285-294, 2009.

REIS, F. de O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: Um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 3-4, p. 284-295, 2011.

RIBEIRO, R. V.; SOUZA, G. M.; OLIVEIRA, R. F.; MACHADO, E. C. Photosynthetic responses of tropical tree species from diferente successional groups under contrasting irradiance conditions. **Rev. Bras. Botânica**, v. 28, n. 1, p. 149-161, 2005.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Florest. **Biological Conservation**, v. 12, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F. Revegetação com plantas de cobertura em solos arenizados sob erosão eólica no Rio Grande do Sul. Seção VI – Manejo e conservação do solo e da água. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 315-321, 2008.

SANTOS, L. M. de J.; SILVA, E. C.; SILVA JUNIOR, C. D. da. Análise preliminar das trocas gasosas, fluorescência da clorofila e potencial hídrico de plantas de juazeiro em uma região semiárida de Sergipe, Brasil. **Scientia Plena**, v. 10, n. 2, 2014. 10 f.

SANTOS, R. O. dos.; DINIZ, A. M. A. **Impactos socioambientais na fronteira agrícola de Roraima**. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambú-MG, 2004. 21 p.

SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pão-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2014.

SILVA, L. dos A. **Plasticidade e aclimação foliar à irradiância em espécies da Floresta Atlântica**. 2010. 120 f. Tese (doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SILVIA, P. E. de M.; SANTIAGO, E. F.; SILVIA, E. M. de; SÚAREZ, Y. R.; DALOSO, D. de M. Fluorescência da clorofila-a e variação da simetria como ferramentas de investigação de plantas sob estresse. **Idesia**, v. 29, n. 3, p. 45-52, 2011.

SILVA, R. R. da. Relação entre precipitação pluviométrica e **produtividade da cultura de soja no município de Ibirubá-RS**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2013.



SILVA, M. de A.; SANTOS, C. M. dos; VITORINO, H. dos S.; RHEIN, A. F. de L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, p. 1, p. 173-181, 2014.

SILVA, R. A. L. **Estresse salino *in vitro* e silício nas características fisiológicas de *Physalis***. 2015. 143 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SILVA, F. G. da.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. de.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjelas sob lâminas de irrigação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SOUSA, M. E.; FILHO, N. E. da S. S.; PEREIRA, L. A.; LYRA, L. H. de B. Monitoramento e caracterização do assoreamento no Rio São Francisco nas orlas urbanas de Petrolina-PE e Juazeiro-BA. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral-CE, v. 15, n. 1, p. 68-80, 2013.

SOUZA, G. S. de; SILVA, S. de A.; COSMI, F. C.; MORAES, W. B.; CARDOSO, L. C. **Determinação de clorofila em folha de sombra e sol em plantas de Jamelão**. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale da Paraíba, 2008. 4 f.

SOUZA, P. J. de O. P. de.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P. da.; LOUREIRO, R. S.; BISPO, C. J. C.; SOUSA, A. M. L. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 65-73, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5. ed. Porto Alegre; Artmed, 2013. 918 p.

TEZARA, W.; MITCHELL, V.; DRISCOLL, S. P.; LAWLOR, D. W. Effects of water deficit and its interaction with CO<sub>2</sub> supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 375, pp. 1781-1791, 2002.

FERRAZ, T. M. **Trocas gasosas em mamoeiro ‘Golden’**: Relações entre plantas inteiras e folhas individuais. 2008. 86 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Goytacazes – RJ, 2008.

WEIHS, M. L.; SAYAGO, D. A. V. Mudanças ambientais e saúde pública: Observações sobre a trajetória de uma fronteira agrícola amazônica. Nota Técnica. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 4, n. 3, p. 209-218, 2015.

YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N. B. Overexpression of  $\gamma$ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.

ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; SCHOSSLER, T. R.; MILHOMEM, D. M.; PIAUILINO, A. C. Eficiência na determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 802-820, 2012.