



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE BIRIBAZEIRO (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) E MURICIZEIRO (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt), SOB DIFERENTES DOSES DE FOSFATO NATURAL**

LEUZIMAR SILVA DOS SANTOS

Santarém, Pará  
Agosto, 2016.

**Leuzimar Silva dos Santos**

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE BIRIBAZEIRO (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) E MURICIZEIRO (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt), SOB DIFERENTES DOSES DE FOSFATO NATURAL**

ORIENTADORA: Dra. PATRÍCIA CHAVES DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos

**Santarém, Pará  
Agosto, 2016**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

S237a Santos, Leuzimar Silva dos

Aspectos fisiológicos de biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupu-azeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt), sob diferentes doses de fosfato natural. / Leuzimar Silva dos Santos. – Santarém, 2016.

81 fls.: il.

Inclui bibliografias.

Orientadora Patrícia Chaves de Oliveira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.

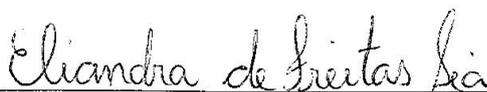
1. Espécies frutíferas. 2. Adubação fosfatada. 3. Condutância estomática. 4. Temperatura foliar. I. Oliveira, Patrícia Chaves, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 634

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE BIRIBAZEIRO (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), CUPUAÇUZEIRO (*Theobromagrandiflorum*(Willd. exSpreng.) K. Schum) E MURICIZEIRO (*Byrsonimacrassifolia*(L.) Kunt), SOB DIFERENTES DOSES DE FOSFATO NATURAL**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais, Área de concentração: Estudos de Ecossistemas Amazônicos. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em 08 de agosto de 2016.

Prof. Dr.º Troy Patrick Beldini (UFOPA)  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da  
Amazônia  
(PPGRNA)



Prof.ª Dr.ª Eliandra de Freitas Sia (UFOPA)  
Examinadora 01



Prof.ª Dr.ª Iolanda Maria Soares Reis (UFOPA)  
Examinador 02



Prof. Dr.º Túlio Silva Lara (UFOPA)  
Examinador 03



Prof.ª Dr.ª Patrícia Chaves de Oliveira (UFOPA)  
Orientadora

Santarém, PA, 08 de Agosto de 2016

## DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus pais, Luiz Portela e Maria Joaquina e aos meus  
irmãos e amigos.

## AGRADECIMENTOS

A minha maior gratidão é direcionada aquele que me deu a vida e me fez digna dessa conquista. À Deus devo tudo que sou e que tenho.

Aos meus pais, Luiz Portela e Maria Joaquina pelo carinho e apoio constantes.

Aos meus irmãos pela força concedida.

Aos meus sobrinhos amados pelo carinho e aconchego nas horas do cansaço.

À Professora Dra. Patrícia Chaves de Oliveira, pela orientação, pela confiança e todo o conhecimento compartilhado.

Ao Laboratório de Estudos de Ecossistemas Amazônicos (LEEA) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), pelo apoio logístico para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pós-graduação.

Aos professores do PPGRNA, pelos preciosos ensinamentos repassados.

Aos colegas de laboratório Aline Pontes, Raiane, Giovane, pelo ajuda nas coletas de campo e principalmente pela amizade que vamos levar para toda a vida.

A minha eterna amiga Suellen Cavalcante pelo apoio, amizade e conhecimento compartilhado.

As novas amigas encontradas no curso Bruna Martins, Carla Walfredo, Elen Cruz, Ivanny Coelho que se fizeram presentes aliviando as horas difíceis e alegrando ainda mais os momentos felizes.

A Zilner Callera pelos momentos de descontração e risos soltos.

Aos colegas de mestrado, turma 2014/2015, por estarem sempre prontos a ajudar, enfim pela amizade.

E a todas as pessoas que direta e indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

**"As pessoas que vencem neste mundo são as que procuram as circunstâncias de que precisam e, quando não as encontram, as criam."**  
Bernard Shaw

SANTOS, Leuzimar Silva dos. **Aspectos fisiológicos de biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) submetidas a diferentes doses de fosfato natural.** 2016. 81.p. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2016.

## RESUMO

A crescente demanda de nutrientes especialmente o fósforo, pelas espécies frutíferas exige melhor compreensão da dinâmica desse nutriente no sistema solo-planta. Com isso, objetivou-se analisar os aspectos fisiológicos de espécies frutíferas jovens biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) sob diferentes doses de fosfato natural. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, três doses de fosfato natural de Arad (T1- sem adição de fosfato natural, T2- 0,5g/vaso fosfato natural e T3- 1g/vaso fosfato natural), e três espécies frutíferas com quatro repetições por 77 dias. Foram avaliados: a TCA e TCR do crescimento em altura e diâmetro do caule, área foliar, área foliar específica, matéria seca foliar e das raízes, razão matéria seca foliar e matéria seca da raiz, a concentração de P e a eficiência no uso de P nas folhas e raízes, além da condutância estomática e a temperatura foliar sob dois tratamentos de luminosidades (L1- 30% de luz; L2- 100% de luz). Com base nos resultados das análises, foi verificado que as taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro não apresentaram um único padrão de crescimento para as espécies frutíferas sob diferentes doses de fosfato natural. No desenvolvimento do biribazeiro e cupuaçuzeiro o tratamento T3 (1g/vaso fosfato natural) proporcionou incremento na altura e diâmetro do caule (61,51cm; 10,19mm biribazeiro; 50,90cm, 10,52mm cupuaçuzeiro), as demais variáveis fisiológicas diferenças significativas no T2 e T3. O muricizeiro não respondeu à adubação fosfatada utilizada, durante o período de avaliação, apresentando os maiores valores no tratamento T1 (sem adição de fosfato natural) para todas as variáveis analisadas. A concentração de P foi mais expressiva nos tratamento (T2-4,19g/kg, T3-3,37g/kg) nas folhas do biribazeiro, e para o cupuaçuzeiro no (T2-1,27g/kg, T3-1,25g/kg) nas raízes. O cupuaçuzeiro foi mais eficiente no uso do fósforo no (T2-0,627) nas folhas e raízes (T3-7,202), o biribazeiro foi mais eficiente no (T3-7,835) nas raízes. As espécies frutíferas reduziram a gs a 100% de luz e a temperatura foliar foi praticamente constante entre os dois tratamentos de luminosidade variando de 30,9°C a 32,6 °C.

**Palavras-chaves:** Espécies frutíferas, adubação fosfatada, condutância estomática, temperatura foliar.

SANTOS, Leuzimar Silva dos. **Physiological aspects of biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) and muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) submitted to different doses of natural phosphate.** 2016. 81p. Dissertation Master Environmental Science. Concentration Area: Studies and managements of Amazonian ecosystems– Postgraduate Course Program in Natural Resources from Amazon. Federal University of Western Para - UFOPA, Santarém, 2016.

## ABSTRACT

The growing demand for nutrients especially phosphorus, the fruit species requires better understanding of the dynamics of this nutrient in the soil-plant system. With this objective was to analyze the physiological aspects of species fruit biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) K. Schum) and muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt ) under different doses of natural phosphate. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Federal University of Pará UFOPA West, in a randomized block design, in 3x3 factorial three natural phosphate doses of Arad (T1- without the addition of natural phosphate, T2- 0,5g / vase natural phosphate and T3- 1g / vase natural phosphate), and three fruit species with four replications for 77 days. Were evaluated: the TCA and TCR of growth in height and stem diameter, leaf area, specific leaf area, leaf dry matter and roots, so leaf dry matter and root dry matter, the concentration of P and efficiency in the use of P in the leaves and roots, as well as stomatal conductance and leaf temperature under two treatments of luminosities (L1- 30% light; L2 100% light). Based on the results of the analyzes, it was found that the absolute growth rates and relative height and diameter did not show a unique pattern of growth for fruit species under different doses of natural phosphate. In the development of biribazeiro and cupuaçuzeiro treatment T3 (1g / vase natural phosphate) provided increment in height and stem diameter (61,51cm; 10,19mm biribazeiro; 50.90cm, 10,52mm cupuaçuzeiro), other physiological variables significant differences in T2 and T3. The muricizeiro did not respond to phosphorus used during the evaluation period, with higher rates in the treatment T1 (without the addition of natural phosphate) for all variables. The P concentration was more significant in the treatment (T2-4,19g / kg T3-3,37g / kg) leaves the biribazeiro and to the cupuaçuzeiro (T2-1,27g / kg T3-1,25g / kg) in roots. The cupuaçuzeiro was more efficient in the use of phosphorus in the (T2-0,627) in leaves and roots (T3-7,202), the biribazeiro was more efficient in (T3-7,835) roots. The fruit species reduced gas 100% light and leaf temperature was nearly constant brightness between the two treatments ranging from 30.9 ° C to 32.6 ° C.

**Key words:** fruit species, phosphorus fertilization, stomatal conductance, leaf temperature

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. REVISÃO LITERÁRIA .....	17
1.1.1. Fruticultura .....	17
1.1.2. Processos fisiológicos vegetais .....	19
1.1.2.1. Análise quantitativa de crescimento .....	19
1.1.2.2. Nutrição Mineral de Plantas .....	21
1.1.2.3. Condutância Estomática e Temperatura Foliar .....	23
1.1.3. Espécies estudadas .....	25
1.1.3.1. Biribazeiro - <i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill. ....	25
1.1.3.2. Cupuaçuzeiro - <i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. ....	26
1.1.3.3. Muricizeiro - <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth .....	28
1.2. OBJETIVOS .....	28
1.2.1. Objetivo Geral .....	28
1.2.2. Objetivos Específicos .....	29
BIBLIOGRAFIA .....	30
CAPÍTULO I.....	37
RESUMO .....	38
ABSTRACT .....	39
INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
ÁREA DE ESTUDO .....	41
COLETA DOS DADOS .....	41
Seleção/identificação das espécies e instalação do experimento .....	41
Análise quantitativa de crescimento.....	42

Parâmetros fisiológicos: condutância estomática x temperatura foliar .....	44
ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
CONCLUSÕES .....	68
AGRADECIMENTOS .....	69
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	70
SÍNTESE INTEGRADORA .....	78
ANEXOS .....	79

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Atributos físicos e químicos do substrato antes da aplicação das doses de fósforo.....15
- Tabela 2. Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura (cm) entre três espécies de frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.....24
- Tabela 3. Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura (cm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.....24
- Tabela 4. Análise de Variância (Anova 2 critérios) acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura (cm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.....25
- Tabela 5. Análise de Variância (Fatorial axb, 3 espécies x 3 tratamentos) para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura (cm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.....26
- Tabela 6. Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em diâmetro do caule (mm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.....28
- Tabela 7. Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em diâmetro do caule (mm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.....29

Tabela 8. Análise de Variância (Anova 2 critérios), acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em diâmetro do caule (mm), entre três espécies de plantas frutíferas jovens biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural) no intervalo de 77 dias.....29

Tabela 9. Análise de Variância (Fatorial axb, 3 espécies x 3 tratamentos), acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em diâmetro do caule (mm) entre três espécies de plantas frutíferas jovens biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.....30

Tabela 10. Análise de Variância (Fatorial axb, 3 espécies x 3 tratamentos) da área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), massa seca da folha - MSF (g), massa seca da raiz - MSR (g) e Razão de MSF/MSR (g) entre três espécies de plantas frutíferas jovens biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural fosfatada: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.....35

Tabela 11. Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da Eficiência no Uso do Fósforo (EUP) em matéria seca foliar de frutífera joven de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural).....40

Tabela 12. Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da Eficiência no Uso do Fósforo (EUP) em matéria seca radicular de frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural).....40

Tabela 13. Análise de Variância (Anova 2 critérios) acerca da condutância estomática -  $g_s$  (mmol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>/s<sup>-1</sup>) e temperatura foliar - Tf (°C) de três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), submetidas a dois tratamentos de luminosidade (L1-30% e L2-100% de luz).....43

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Análise de Regressão com Modelo Geométrico para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura (cm) de plantas jovens de biribazeiro (*Rollinia mucosa*), no tratamento T2 - 0,5g/vaso de Fosfato Natural (A) e T3 - 1g/vaso de Fosfato Natural (B), no intervalo de 77 dias.....19
- Figura 2. Análise de Regressão com Modelo Linear para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura de plantas jovens de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), no tratamento T1 – sem adição de fosfato (A) e T2 - 0,5g/vaso de Fosfato Natural (B), no intervalo de 77 dias.....20
- Figura 3. Análise de Regressão com Modelo Linear para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura de plantas jovens de muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), no tratamento T1 – sem adição de fosfato natural (A) e T2 - 0,5g/vaso de Fosfato Natural (B), no intervalo de 77 dias.....21
- Figura 4. Análise de Regressão com Modelo Exponencial para TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura de plantas jovens de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), no tratamento T2 - 0,5g/vaso de Fosfato Natural, no intervalo de 77 dias.....22
- Figura 5. Análise de Regressão com Modelo Linear para TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura de plantas jovens de muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), no tratamento T1 - sem adição de Fosfato Natural (A) e T2 - 0,5g/vaso de Fosfato Natural, no intervalo de 77 dias.....22
- Figura 6. Análise de Regressão com Modelo Geométrico para TCA (taxa de crescimento absoluto) em diâmetro do caule (mm) de planta jovem de biribazeiro (*Rollinia mucosa*), no tratamento T3 - 1g/vaso de Fosfato Natural, no intervalo de 77 dias.....27
- Figura 7. Estatística Descritiva acerca da Área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), Área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), Massa seca foliar - MSF (g), Massa seca da raiz - MSR (g) e da Razão entre a MSF/MSR (g) de *Rollinia mucosa* (Biribazeiro), cultivada sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.....32
- Figura 8. Estatística Descritiva acerca da área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), massa seca da folha - MSF (g), massa seca da raiz - MSR (g) e da Razão entre a MSF/MSR (g) de *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçuzeiro), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.....33
- Figura 9. Estatística Descritiva acerca da área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), massa seca da folha - MSF (g), massa seca da raiz - MSR (g) e da Razão entre a MSF/MSR (g) de *Byrsonima crassifolia* (Muricizeiro), cultivadas sob três doses de fosfato

natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias. ....35

Figura 10. Particionamento da concentração de P (g/kg) em tecidos foliares e radiculares de plantas jovens de Biribazeiro (*Rollinia mucosa*), Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e Muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural).....37

Figura 11. Estatística Descritiva acerca da Eficiência no Uso do Fósforo (EUP) em massa seca foliar e massa seca radicular de plantas jovens de Biribazeiro (*Rollinia mucosa*), Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), Muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural).....39

Figura 12. Estatística Descritiva acerca da condutância estomática -  $g_s$  ( $\text{mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}^{-1}$ ) e temperatura foliar -  $T_f$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) de três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), submetidas a dois tratamentos de luminosidade (L1-30% e L2-100% de luz).....42

## **LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS**

DPV – Déficit de pressão de vapor

EUP– Eficiência no uso de fósforo

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LEEA – Laboratório de Estudos dos Ecossistemas Amazônicos

PAR – Photosynthetically Active Radiation

PIB – Produto Interno Bruto

UFOPA – Universidade Federal do Oeste do Pará

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu\text{mol}$  – micromol  
AF – área foliar  
AFE – área foliar específica  
Al- Alumínio  
ATP - Trifosfato de adenosina  
Ca – Cálcio  
 $\text{CO}_2$  – dióxido de carbono  
CTC - Capacidade de troca catiônica  
EUP – Eficiência no uso do fósforo  
FI – Força Iônica  
 $g_s$  – condutância estomática  
H - Hidrogênio  
 $\text{H}_2\text{O}$  – água  
 $\text{H}_2\text{PO}_4$  – fosfato diácido  
Ha – hectare  
K - Potássio  
Mg - Magnésio  
mmol – milimol  
MO - Matéria orgânica  
MSF – massa seca foliar  
MSR – massa seca da raiz  
 $\text{O}_2$  – oxigênio  
P – fósforo  
pH - Potencial hidrogeniônico em água do solo  
TCA – taxa de crescimento absoluto  
TCR – taxa de crescimento relativo  
Tf – temperatura foliar  
V% - Saturação por Bases

# 1. INTRODUÇÃO

A fruticultura no Brasil atualmente vive um de seus momentos mais ativos acerca da produção de frutas, e no ano de 2013, segundo levantamento do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Brasil produziu uma safra de 41,7 milhões de toneladas de frutas, deixando o país na terceira colocação como maior produtor mundial de frutas (Reetz et al., 2015).

Por apresentar uma variedade de climas e solos, o Brasil, dispõe de uma diversidade de espécies frutíferas, com uma área plantada de 2,7 milhões de ha em todo o país (Santos et al., 2014). Essa diversidade de espécies frutíferas e a alta demanda internacional contribuem para colocar o país com grande produtor e exportador de frutas contribuindo para o agronegócio brasileiro (Reetz et al., 2015).

Para manter-se no topo da produção, o país investe em tecnologia para ampliar a produção e a qualidade das frutas que geram lucros para a economia. Em algumas regiões do Brasil, produtores aliados a pesquisadores introduziram sistemas tecnológicos avançados em suas plantações, para assegurar o cultivo de frutas o ano todo, que promovem práticas agrícolas seguras em conjunto com os princípios de preservação do meio ambiente (Carvalho et al., 2010; Santos et al., 2014).

Na região Norte do país a Amazônia além de ser a maior floresta tropical, também produz uma grande diversidade de frutas típicas e exóticas que conquistaram o Brasil e o mundo, além de serem importantes fontes de renda extra para os povos amazônicos (Lopes e Santos, 2008). No estado do Pará, o cultivo de espécies frutíferas iniciou na metade dos anos 90 devido às boas condições do solo e do clima favorável, e isto faz com que o Estado receba título de maior produtor de frutas da Amazônia (IBRAF, 2010; SAGRI, 2010).

Apesar de todo esse advento, de forma geral, a fruticultura no Brasil ainda sofre com a baixa fertilidade natural dos solos tropicais, fazendo com que haja limitações para o uso e interferindo na qualidade do desenvolvimento das plantas (Natale et al., 2012).

No entanto, para se ter um bom aproveitamento na produtividade e na qualidade dos frutos sem agredir o meio ambiente, pesquisas devem ser elaboradas com o objetivo de melhorar o manejo das produções agrícolas tomando como base a necessidade que cada espécie vegetal necessita de fertilizantes para seu crescimento (Tagliavini et al., 1996).

Atualmente, destacam-se pesquisas voltadas para a análise de crescimento, como por exemplo, análises de área foliar, área foliar específica entre outros, que estão diretamente

correlacionadas com o processo fotossintético, crescimento e as exigências nutricionais das espécies vegetais (Bianco et al., 2007). Essas análises são relevantes, uma vez que avaliam o desenvolvimento do vegetal e a colaboração dos processos fisiológicos no desempenho e metabolismo das espécies vegetais, sob as diferentes condições agroecológicas impostas (Peixoto e Peixoto, 2004).

Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi analisar os aspectos fisiológicos de espécies frutíferas úteis e comuns na região amazônica como o biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), o cupuaçuzeiro (*Theobroma gradiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e o muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) sob diferentes doses de fosfato natural.

## **1.1. REVISÃO LITERÁRIA**

### **1.1.1. Fruticultura**

A fruticultura é uma das atividades mais diversificadas no ramo da produção rural no Brasil, o que tornou o país o terceiro maior produtor de frutas com grande destaque para as frutíferas da Amazônia (Fachinello e Nachtigal, 2008; Carvalho et al., 2010; IBGE, 2013). Essa atividade consiste no conjunto de técnicas e práticas aplicadas com o objetivo de explorar plantas que produzam frutas comestíveis comercialmente (Fachinello e Nachtigal, 2008).

O Brasil por apresentar uma variedade de climas e solos dispõe de uma diversidade de espécies de frutíferas tropicais com 1.034.708 ha plantados, áreas de subtropicais plantadas de 928.552 ha e áreas temperadas de 151.732 ha, e as frutas mais produzidas são a laranja, banana, abacaxi, melancia e o mamão, que somando aproxima-se à marca de 30 milhões de toneladas (Fachinello et al, 2011). Mesmo com toda essa diversidade ainda importa grandes quantidades de frutas industrializadas e frescas, como a uva, a maçã, a ameixa, entre outras (Fachinello e Nachtigal, 2008).

O país investe em tecnologia para aumentar a produtividade, com qualidade para as frutas de importância econômica, e a introdução de tecnologias avançadas aliada a troca de conhecimento entre produtores e pesquisadores têm garantido a geração de emprego e renda, impulsionando o desenvolvimento das atividades frutícolas. Dessa forma, já se observa em

algumas regiões do Brasil, como nas regiões de seca, por exemplo, o cultivo de uma variedade de frutas assegurado o ano todo, devido principalmente aos sistemas de irrigação e técnicas de adubação e manejo do solo adequado (Santos et al., 2014).

As fronteiras frutícolas na Amazônia estão em expansão na última década devido a grande variedade de espécies frutíferas (Lemos, 2009). Essa expansão, tem feito da fruticultura a quarta atividade econômica da região, atrás apenas do minério de ferro, madeira e pecuária (Lopes e Santos, 2008). A atividade de produção de frutas tem contribuído com a maior distribuição de renda para os povos amazônicos (Lopes e Santos, 2008; Sindfrutas, 2012), além desse benefício, provoca baixos impactos ambientais, pois estão sendo estabelecida em áreas degradadas onde antes eram pastos ou cultivados com culturas anuais e semi-perenes.

O Estado do Pará se destaca como o maior produtor de frutas da Amazônia (IBRAF, 2010) e o processo de cultivo de espécies frutíferas no Estado iniciou na metade dos anos 90, devido às boas condições do solo e do clima favorável (SAGRI, 2010). Dados mostram que no ano de 2005 o Estado do Pará participou com 80% do PIB da fruticultura Amazônica, chegando a R\$ 380 milhões (Santana et al., 2008). Mesmo com o avanço da industrialização que fornece cultivos racionais no ramo da fruticultura, o Pará possui produção extrativista e essa produção não abastece de forma subsistencial a agroindústria mesmo nos períodos de safra (Santana et al., 2010; SAGRI, 2010).

Contudo, essa realidade está em transição, pois a expectativa no ramo da fruticultura paraense é animadora e propícia tanto para as frutas exóticas quanto para as regionais, que estão sendo apreciadas pelos mercados internacionais, principalmente nos países do hemisfério Norte e no mercado nacional. Além de exportar frutas, o estado do Pará também se destaca na exportação de suco de frutas o qual é atribuído o 6º lugar no ranking de exportação do estado, não ultrapassando os produtos florestais, animais vivos e carne (SAGRI, 2010).

Nas regiões Nordeste e Sudeste do Pará a fruticultura é bem organizada e identificam-se dois tipos de cultivos de fruteiras, um representado pelas espécies exóticas como, por exemplo: abacaxizeiro (*Ananas comosus*), bananeira (*Musa paradisíaca*), coqueiro (*Cocos nucifera*), laranjeira (*Citrus sp.*), mamãoeiro (*Carica papaya*) e maracujazeiro (*Passiflora edulis*) que são importante para o agronegócio paraense, e o das fruteiras regionais, importante para a agricultura familiar (Lemos, 2009; Pereira, 2009). Destacam-se ainda espécies nativas, como o açazeiro (*Euterpe oleraceae*), cacaueiro (*Theobroma cacao*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e o guaranazeiro (*Paulinia cupana*), e o bacurizeiro (*Platonia insignis*) com grande interesse econômico (Nascente, 2003).

Apesar do bom desempenho na produção de frutas, o país possui baixos índices nas exportações, possivelmente em função das técnicas de manejo inapropriadas do solo e tratos culturais, além da falta de estrutura de armazenamento, vias de acesso para o escoamento da produção intrafegáveis, embalagens impróprias e a desinformação do produtor (Natale et al., 2012). Além disso, a fruticultura brasileira sofre com a baixa fertilidade natural dos solos tropicais, o que limita o uso e manejo agropecuário (Natale, 2009).

Diante disso, pesquisas que busquem analisar o comportamento fisiológico em meio às necessidades nutricionais de cada espécie frutífera da Amazônia são fundamentais para buscar estratégias e práticas de manejo mais adequadas às condições locais e que garantam o crescimento, a qualidade e produtividade de tais espécies.

## **1.1.2. Processos fisiológicos vegetais**

### **1.1.2.1. Análise quantitativa de crescimento**

A análise quantitativa de crescimento é baseada no desenvolvimento e acumulação de matéria seca pela planta, resultado da atividade fotossintética, na qual permite avaliar a contribuição dos diversos órgãos no seu desenvolvimento total (Benincasa, 2004). Além disso, a análise de crescimento vegetal permite conhecer a produção de biomassa, sua distribuição, eficiência e a capacidade de ajustamento às condições ambientais que uma planta está sujeita no decorrer de seu desenvolvimento (Peixoto, 1998).

Para se conhecer a fisiologia de diversas espécies de plantas tem-se empregado o estudo em crescimento de plantas submetidas a diferentes tipos de tratamentos, pois a planta em suas diferentes fases de desenvolvimento passa por diferentes fases de crescimento que é influenciado por fatores exógenos como água, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, temperatura, luz e nutrientes minerais, e por fatores endógenos, como potenciais de crescimento do tecido, controle genético e ação dos hormônios de crescimento (Lucchesi, 1984; Ferri, 1985; Musil et al., 2002).

Espécies de cultivo anual possuem crescimento lento na fase inicial de desenvolvimento, pois depende da reserva contida na semente. Após a protusão radicular e a formação das folhas há um crescimento rápido devido à retirada de nutrientes do substrato e a realização da fotossíntese. Durante a fase de senescência a planta atinge o crescimento

definitivo e como consequência há um decréscimo no acúmulo de matéria seca (Lucchesi, 1984).

Para se conhecer melhores formas de planejamento de tratos culturais e avaliações de desempenho, além da produtividade e as adaptações das culturas a novos ambientes, faz-se necessário conhecer as características de crescimento de um cultivar (Alvarez et al., 2005). Sendo assim, a análise quantitativa de crescimento torna-se o meio mais preciso para se avaliar o desempenho dos processos fisiológicos das plantas, sob variadas condições agroecológicas (Peixoto e Peixoto, 2004).

A análise de crescimento requer análise de alguns atributos fisiológicos como a área foliar, área foliar específica, a massa seca foliar, a taxa de crescimento relativo, a taxa de crescimento absoluto, dentre outros, permitindo inferir nos padrões de crescimento das plantas (Fonseca e Condé, 1994).

As folhas constituem o principal órgão responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente, na forma de vapor de água pela transpiração. Dessa forma, determinar a área foliar (AF) representa uma das peças fundamentais para a interceptação para a fotossíntese e consequentemente acúmulo de biomassa, sendo a determinação da área foliar uma característica usada em análises de crescimento vegetal (Pereira et al., 1997). Além de sua importância para o bom aproveitamento de técnicas culturais como: poda, densidade de plantio e aplicação de fertilizantes (Tavares-Junior et al., 2002).

Para se determinar a área foliar há variadas formas, como os métodos não destrutivos e os métodos destrutivos. O método destrutivo é o mais eficiente e com precisão, mas sua desvantagem é que os estudos não poderão ser mais feitos com a mesma planta, além de ser um método que depende de aparelhos de alto custo (Godoy et al., 2007). O método não destrutivo como o descrito por Benincasa (2004), utiliza medidas lineares referente à própria folha da planta (comprimento x largura), além do medidor de área foliar portátil para se conhecer a área real, dentre outros.

A escolha para se usar um determinado método dependerá do objetivo e grau de precisão do trabalho, tamanho da amostra, morfologia das plantas, os equipamentos disponíveis, capital a ser gasto e o tempo para se desenvolver a pesquisa (Filho et al., 2005; Bianco et al., 2007).

A área foliar específica (AFE) é outro parâmetro que expressa a razão entre área foliar (Af) e massa seca da folha ( $M_{SF}$ ) e assim, determina o quanto foi investido em massa seca por área de folha (Wright et al., 2004). A AFE está correlacionada à capacidade fotossintética máxima da folha e, consequentemente, ao potencial de crescimento da planta (Cornelissen et

al., 2003). Além disso, valores baixos de AFE indicam alto investimento da planta em defesas estruturais nas folhas, o que garante uma grande longevidade dessas folhas (Cornelissen et al., 2003).

Para analisar o crescimento dos vegetais é necessário também determinar, a taxa de crescimento relativo (TCR), que representa a eficiência em produzir matéria seca decorrente da massa seca existente na planta, bem como a taxa de crescimento absoluto (TCA), esta representando a variação do incremento da fitomassa vegetal ao longo de um período, onde quanto maior seu valor, maior será a velocidade de crescimento da planta ao longo de um ciclo (Benincasa, 2004).

Portanto, o desenvolvimento de uma planta obedece a diferentes velocidades em razão das características ambientais e climáticas respondendo a fatores como a temperatura, a umidade e a fertilidade do solo. Assim, as análises de crescimento e o estudo sobre a nutrição mineral dará melhor conhecimento sobre o rendimento para a produção das inúmeras espécies existentes de vegetais (Pandey et al., 1990; MarurRuano, 2001).

### **1.1.2.2. Nutrição Mineral de Plantas**

As plantas superiores sintetizam compostos orgânicos a partir da água, CO<sub>2</sub> e nutrientes minerais para se obter bom desenvolvimento (Larcher, 2006). O C, H e O são provenientes do ar e da água, enquanto os outros elementos são retirados da solução do solo e divididos em macronutrientes e micronutrientes. O teor dos nutrientes em uma planta varia e dependerá da idade da planta, da espécie, condições de suas folhas entre outros (Mikami et al., 2000).

Os nutrientes comumente conhecidos como macro e micronutrientes, são assim definidos pela sua quantidade, sendo que as plantas os absorvem em quantidades delimitadas com seu desenvolvimento. O nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) são os elementos considerados macronutrientes, por serem requeridos em maiores quantidades, por outro lado, os requeridos em menor quantidade pela planta, são considerados micronutrientes o boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e o zinco (Zn) (Taiz e Zeiger, 2004). Ainda considerados como micronutrientes, Malavolta (2006) inclui o cobalto (Co), o níquel (Ni) e o selênio (Se). Os macros e micronutrientes atendem a parâmetros de essencialidade, aos quais nenhum elemento pode ser substituído por outro, na ausência desse elemento a planta não completa

seu ciclo e os nutrientes fazem parte de processos químicos ou estruturais nas plantas (Taiz e Zeiger, 2004).

Para que as plantas possam se desenvolver é necessário que os nutrientes estejam em concentrações adequadas, pois cada um tem sua função específica no metabolismo das plantas. Quando os nutrientes encontram-se em baixas concentrações há deficiência nas células e alteração no metabolismo, essas carências são específicas para cada tipo de espécie de planta e nutriente mineral, além de dependerem dos fatores ambientais (Coelho et al., 2002).

Nas regiões tropicais do Brasil, os solos possuem baixa fertilidade e a adubação se faz necessária, principalmente quando o cultivar necessita de nutrientes que o solo não dispõe em grandes quantidades (Natale et al., 2012). A aplicação e a concentração de nutrientes para determinada cultivar deve levar em conta as análises de solo, análise foliar, a idade da planta, crescimento vegetativo, sistema de plantio e produção, os tratos culturas, as adubações anteriores, carências nutricionais e toxidez (Tedesco et al., 2004).

As plantas passam por diferentes estágios até completar seu total desenvolvimento, e necessitam de diferentes concentrações de nutrientes, as deficiências desses nutrientes acarretam várias complicações, e para a fruticultura gera grandes dificuldades pelo não conhecimento morfológico principalmente do sistema radicular das plantas e das técnicas de uso de fertilizantes, pois não existe recomendação quanto à dosagem no seu uso para determinadas espécies (Grant et al., 2001; Farchinello e Nachitgal, 2008).

Dentre os elementos essenciais para a produção agrícola em concentrações adequadas destaca-se o fósforo (P), pois ele participa do metabolismo do carbono, fotossíntese e respiração e, por isso é determinante para o crescimento dos vegetais (Grant et al. 2001). Além de ser componente integral de compostos da planta, incluindo açúcares-fosfato (glicose 6P, Frutose 6P, etc), fosfolipídios de membranas e usados como fonte de energia (ATP) e nos ácidos nucléicos. A deficiência de P causa redução na respiração e na fotossíntese, o resultado aparente é a coloração verde- escuro das folhas e retardo na altura das plantas (Taiz e Zaiger, 2004). As plantas absorvem o P na forma de  $H_2PO_4$  pelo processo de difusão, e no solo está disponível em pouca quantidade havendo necessidade de fornecê-lo via fertilização (Grant et al., 2001).

O fósforo pode ser encontrado comercialmente na forma de Fosfato Natural de Arad que é originário de Israel. Devido sua origem e composição são conferidas propriedades distintas e variação em sua eficiência como fonte de P para as culturas, e a classe com maior

importância econômica é a do Ca-P, devido seu uso como fertilizantes (Kaminski e Peruzzo, 1997).

Por mais que o Brasil tenha uma posição de destaque como grande produtor de frutas, os rendimentos não são satisfatórios. Dentre os fatores que levam a estes resultados está o mau uso do solo, que com a exploração agrícola acabam empobrecidos, além do manejo inadequado da planta e do ambiente (Natale e Prado, 2006).

Portanto, o sucesso da fruticultura está no conhecimento sobre o manejo do solo e nutrição das plantas, que são responsáveis pela produção, qualidade dos frutos, cor, sabor, tamanho, aroma, aparência. Além disso, o estoque de nutrientes na planta pode promover a tolerância contra pragas e doenças, e no armazenamento das colheitas favorecendo a lucratividade para o agricultor (Natale et al., 2012).

### **1.1.2.3. Condutância Estomática e Temperatura Foliar**

A condutância estomática ( $g_s$ ) é um processo fisiológico que está associado com o mecanismo de abertura e fechamento estomático. Os estômatos são estruturas que permitem a comunicação da parte interna da planta com o meio ambiente, constituídos por duas células-guardas, o ostíolo ou poro estomático e por células subsidiárias ou anexas. As células-guardas possuem características anatômicas, bioquímicas e fisiológicas que permitem mudanças no potencial osmótico da folha em resposta a estímulos ambientais (Marenco e Lopes, 2009).

As células guardas regulam o controle estomático através da turgescência da planta, essa regulação se dá através da abertura do poro estomático em decorrência da diferença no potencial hídrico da folha, com isso, serve como indicador de potencial hídrico (Larcher, 2006). Os principais fatores ambientais que causam alterações na  $g_s$  são a radiação, a temperatura e a umidade tanto do solo quanto do ar (Landsberg, 2003). A condutância estomática varia com a espécie/cultivar, a idade da folha e com o pré-condicionamento das plantas (Daí et al., 1992).

O controle estomático está relacionado principalmente com a intensidade da luz e a hidratação da folha da planta, fazendo com que, a abertura e fechamento dos estômatos e a área foliar esteja diretamente relacionado com a absorção de  $CO_2$  e a interceptação da luz influenciando a produção do vegetal (Costa e Marenco, 2007).

A planta sofre com os efeitos de déficit hídrico que podem variar dependendo da intensidade em que a planta estará submetida, a redução na condutância estomática afeta a

interação planta-ambiente, e a redução da perda de água demonstra ser uma vantagem para prevenir a desidratação do tecido, todavia, pode afetar o balanço de calor sensível sobre a planta, e a absorção de CO<sub>2</sub> (Brunini e Cardoso, 1998). As variações na condutância estomática afetam o uso da água, haja vista que a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e de transpiração respondem diferentemente à abertura dos estômatos (Machado e Lagôa, 1994).

O déficit de pressão de vapor (DPV) como um dos fatores que afetam o controle estomático, influencia a abertura dos estômatos, quando baixo DPV eles tendem a ficar abertos e nas horas mais quentes do dia, tendem a fechar para reduzir a perda de água (Kallarackale Somen, 1997). Assim, a variabilidade sazonal também pode afetar o movimento estomático, de acordo com Rodrigues et al. (2011), no período chuvoso, as taxas de condutância estomática tendem a ter um aumento expressivo.

Na época seca do Cerrado Baiano (julho/setembro), Machado Filho et al. (2006), observaram que fatores ambientais como déficit de pressão de vapor do ar controlam, a abertura estomática e a assimilação de carbono, e devido a esse déficit ocasionou o fechamento nos estômatos de genótipos de mamoeiros Tainung e Sunrise solo, contribuindo para queda fotossintética.

Segundo Souza et al. (2004), as espécies vegetais ao controlarem a perda de água através do fechamento dos estômatos mantém-se alto o potencial hídrico e o teor de água na planta, e como consequência há restrições na condutância estomática e trocas gasosas, ocasionando a redução da transpiração e assimilação de CO<sub>2</sub>. Em estudos com citrus Medina et al. (1999) relatam que em laranja Valência enxertada sobre limoeiro Cravo e Trifoliata irrigadas sem déficit hídrico, atingiram valor máximo para condutância estomática nos horários de 8:00 (Trifoliata) e 9:00 hs (Cravo), e a partir do 12:00 hs houve decréscimo, havendo recuperação da abertura estomática a partir das 12:00 hs. Mas esses resultados não influenciaram na fotossíntese, pois outro fator poderia estar atuando sobre a mesma, como o déficit interno de água ou a temperatura.

A temperatura foliar (T<sub>f</sub>) é outro processo fisiológico em que as plantas expostas a altas temperaturas e radiação solar intensa, evitam o aquecimento excessivo de suas folhas, reduzindo a absorção dessa radiação (Taiz e Zeiger, 2009).

Plantas jovens expostas a uma maior intensidade de luz podem sofrer aumento na T<sub>f</sub> que, pode causar diminuição do potencial hídrico da folha (Valladares e Pearcy, 1997) e temperaturas de 35°C a 42°C, podem danificar diretamente o aparelho fotossintético (Wise et al, 2004). Com os altos valores de temperaturas foliares ocorre a inibição da fotossíntese fazendo com que, as reservas de carboidratos diminuam (Taiz e Zeiger, 2009).

A  $T_f$  varia com a perda de calor latente através da transpiração das plantas que depende de fatores ambientais (radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar), dos fatores anatômicos das folhas (massa, dimensões e pigmentação) e dos biológicos como o número e a forma como estão distribuídos os estômatos (Leuziner et al, 2010). Quando a água é um fator limitante para as plantas, ocorre a redução na transpiração e assim, há aumento da temperatura foliar pela absorção da radiação (Wang e Gartung, 2010).

Em várias espécies de plantas foi observado que a temperatura foliar quando inferior ou semelhante a temperatura do ar tem a capacidade de resfriamento de suas folhas por meio da transpiração, fazendo com que fiquem protegidas das altas intensidades luminosas (Ludlow e Muchow, 1990). Dependendo do período e da intensidade do estresse térmico aos quais suas folhas são expostas, poderão sofrer com o decréscimo de evaporação de água ou aumento de absorção de energia, danificando seus tecidos que estão diretamente relacionados com a fotossíntese que irá determinar sua manutenção e sobrevivência (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Em mudas de laranjeira Medina et al. (2002), observaram elevação da  $T_f$  e fechamento parcial dos estômatos quando do excesso de radiação solar, e com a redução de 40% dessa radiação a  $T_f$  foi menor e a fotossíntese maior.

### **1.1.3. Espécies estudadas**

#### **1.1.3.1. Biribazeiro - *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill.**

*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill. espécie frutífera pertencente a família Annonaceae, nativa do Brasil distribuída na América Central e do Sul (Manica, 2000). No Brasil ocorre nas matas pluviais Atlântica e Amazônica, desenvolvendo-se em diferentes habitats (Simão, 1998). É considerada uma espécie tropical, pois se desenvolve em locais de clima quente e úmido com temperaturas médias de 24° C a 26° C (Donadio et al., 2004). O seu fruto tem várias denominações como biribá, biribá-do-Pará, fruta-da-condessa, biribá de Pernambuco, anona, pinha ou jaca de pobre (Costa e Muller, 1995).

Os frutos das anonáceas são apreciados na região Norte do Brasil, utilizados em sua maioria no consumo caseiro e comercialização regional. Porém, é crescente o interesse do consumidor de vários países do mundo e os maiores cultivos estão no Peru, Colômbia, Espanha e Israel (Calzavara, 1980).

O biribazeiro pode atingir uma altura de aproximadamente 8 metros e seu fruto é de coloração amarela, possui aspecto globoso, diversas partes hexagonais fazendo com que possua um aspecto característico. A polpa é esbranquiçada a creme com muitas sementes escuras e com sabor adocicado e aroma agradável, podendo pesar 1,3 kg (Lorenzi, 1998). De acordo com o tipo de fruto diferenciam-se entre os com espículas, cujos frutos apresentam saliências carnosas na casca, denominadas "espículas" ou "espinhos", e os lisos que são desprovidos de saliências carnosas (Costa e Muller, 1995).

Na região Amazônica, é cultivado em pomares domésticos devido sua facilidade de estabelecimento sobre qualquer tipo de solo, por ser uma espécie de crescimento rápido e por sua alta produtividade. Além disso, pode frutificar com quatro anos de idade, além de ser bastante resistente ao ataque de pragas como a broca do coleto (Costa e Muller, 1995; Cavalcante, 1996; Maninca et al., 2003;). No entanto, para que ocorra a implantação de um pomar de biribá, são necessárias, quantidades adequadas de nutrientes para que se tenha uma alta qualidade das mudas (Brasil e Nascimento, 2010). De acordo com Teixeira e Macedo (2011), o biribazeiro não apresenta respostas expressivas quanto ao acúmulo de nutrientes, isso pode decorrer da sua adaptação a baixa fertilidade dos solos, ou ser eficiente quanto ao uso de N, P, K na fase de muda.

Devido à fragilidade da casca do fruto do biribazeiro, e a baixa resistência que impede seu transporte por longas distâncias, além da falta de informação sobre sua industrialização são atributos que fazem com que o biribá tenha pouco prestígio na Amazônia (Costa e Muller, 1995). No entanto, fatores fisiológicos que podem estar influenciando essas limitações devem ser estudadas para que a espécie se torne um dos produtos de destaque da economia amazônica.

### **1.1.3.2. Cupuaçuzeiro - *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.**

*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum., espécie conhecida popularmente como cupuaçu, pertencente à família Sterculiaceae possui 65 gêneros e 1.000 espécies (Ribeiro et al., 1999). O gênero *Theobroma* abrange 22 espécies distribuídas em toda a Bacia Amazônica, na forma silvestre, nas florestas tropicais úmidas de terra firme nas regiões Sul, Sudoeste do Pará e no Noroeste do Maranhão (Venturieri et al., 1985). Também pode ser encontrado em outros estados do Brasil como, Bahia, Mato Grosso, São Paulo, Rio

de Janeiro, além de outros países como Colômbia, Venezuela, Equador, Costa Rica, Guiana, São Tomé e Gana (Andrade, 2004).

O fruto desta espécie por apresentar sabor e aroma agradáveis, muito apreciado internacionalmente e por isso, ocupa o 2º lugar em relação à geração de renda das famílias na Amazônia (Marchese, 2002; Vilalba, 2003). A produção da polpa do cupuaçu no Brasil é de aproximadamente 12.000 a 15.000 t/ano, sendo que 80% provêm de pomares comerciais (Carvalho et al., 2004). O cupuaçuzeiro tem melhor desenvolvimento inicial até dois anos de idade em locais sombreados. Porém, podem ser cultivados a pleno sol ou em lugares com sombreamento. Dessa forma, podem ser cultivados em capoeiras ou em consórcio com outras espécies de plantas (Fraife, 2000).

A forma do fruto é do tipo valada ou levemente elíptica, drupáceo, possui epicarpo rígido, lenhoso e com epiderme clorofilada coberta por um pó que se solta com facilidade ao seu manuseio (Carvalho, 2004).

De acordo com Fraife (2000), para se chegar as variedades dos frutos do cupuaçu, são necessárias sua classificação de acordo com sua forma, pois existiu frutos com formato redondo, cujo a casca tem uma espessura de seis a sete mm, o cupuaçu mamorama que é extremamente alongado, sua casca tem de sete a nove mm de espessura e o cupuaçu mamau, seu formato é semelhante ao cupuaçu redondo, não apresenta sementes e é menos ácido, o fruto também é conhecido por “cupu”.

As folhas do cupuaçuzeiro são simples, alternas, possui pecíolo curto, apresenta lâminas verdes brilhantes, glabra na face superior e ferruginosa na face inferior, que se soltam com facilidade, suas flores possui coloração branca ou vermelha com tonalidade clara ou escura e crescem normalmente nos ramos (Venturieri et al., 1985; Ribeiro et al., 1999; Alves, 2002).

A principal forma de comercialização do cupuaçu no Brasil é em polpa pasteurizada/congelada, sendo que a polpa pasteurizada e congelada abastecem o comércio local das cidades e a forma congelada é destinada para outros países. Na região Norte, o cupuaçu é uma das mais importantes espécies de frutíferas exploradas comercialmente e seu produto pode ser comercializado *in natura* ou industrializado (Silva et al.; 2008; Venturieri et al., 1985).

Para se ter produto de boa qualidade e que possa ser difundido para vários estados do Brasil e países do mundo, é necessário técnicas adequadas para manter a qualidade e aumentar a vida útil na prateleira, com esse intuito, o cupuaçu esta passando por processos de desidratação para um melhor aproveitamento na hora da estocagem (Silva et al., 2008).

### **1.1.3.3. Muricizeiro – *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth**

A espécie *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth do gênero *Byrsonima*, pertence à família Malpighiaceae (BenezarePessoni, 2006). Esta família apresenta aproximadamente 60 gêneros e 1.200 espécies de árvores e lianas, encontra-se distribuída pelas regiões tropical e subtropical, especialmente no continente Americano, onde ocorrem 44 gêneros e 800 espécies (Ribeiro et al., 1999). É encontrado em estado silvestre ou cultivado desde o Paraguai até o México (Rego et al., 2006).

Os muricis são diferenciados pelas cores e locais de ocorrência, possui várias nomenclaturas como murici branco, murici amarelo, murici vermelho, murici da chapada, murici do brejo, murici da mata, entre outros (Gomes, 2005). É uma planta nativa do Norte, Nordeste e região central do Brasil também encontrado em algumas regiões serranas do Sudeste (Vinson et al., 1997).

São plantas geralmente arbóreas, com galhos retorcidos e porte médio, podendo chegar a uma altura de 5 metros, sua floração e frutificação ocorre durante o ano inteiro, em decorrência da incidência de chuvas (Gomes, 2005). Como a maioria das frutíferas tropical, a floração prolongada serve como estratégia reprodutiva para sua polinização e propagação em ambientes onde os recursos nutricionais são limitados, assim, como seus polinizadores (Pereira e Freitas, 2002).

O fruto do muricizeiro quando maduro é amarelo, com diâmetro de 1.5 a 2 cm, possui odor forte e rico em vitaminas e minerais. As regiões Norte e Nordeste do Brasil são grandes apreciadoras da fruta e sua polpa é usada para fazer sucos, sorvetes, doces, vinhos e licores (Rezende e Fraga, 2003, Rego et al., 2006).

O muricizeiro como planta frutífera ainda é pouco estudado tanto sobre as técnicas agronômicas para o cultivo e sua propagação quanto seu potencial de utilização na alimentação, assim estudos são necessários sobre o valor nutricional, bem como seus produtos derivados para inseri-lo no agronegócio regional e nacional (Pereira, 2001).

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar os aspectos fisiológicos de espécies frutíferas jovens: biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma gradiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt), cultivadas sob diferentes doses de fosfato natural.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos analisados nas espécies frutíferas biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma gradiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) sob diferentes doses de fosfato natural (Arad) foram:

1. A taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) em altura e diâmetro do caule;
2. A área foliar (AF), área foliar específica (AFE), massa seca foliar (MSF) e de raiz (MSR), razão massa seca foliar e massa seca da raiz (R:MSF/MSR);
3. A concentração do P e eficiência no uso do P (EUP);
4. A condutância estomática (gs) e temperatura foliar (Tf) das espécies frutíferas sob diferentes condições de luminosidades.

## BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ et al. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Ciência Agronômica**, v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.

ALVES, R. M. Caracterização genética de populações de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), por marcadores moleculares microssatélites e descritores botânicos-agronômicos. **Tese de doutorado em genética**, Piracicaba. 146p., 2002.

ANDRADE, W.D.C. **A emergência da agroindústria de processamento de frutas no Nordeste Paraense, Região Metropolitana de Belém e no Marajó: uma análise do potencial da capacidade produtiva e inovativa sob a ótica de arranjo e sistema produtivo e inovativo local – ASPL**. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento). UFPA - NAEA, Belém - PA, 213 p. 2004.

BENEZAR, R. M. C. & PESSONI, L. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. **Acta amazonica**36(2):159-168, 2006.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal-SP, FUNEP, 42p., 2004.

BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea nil* Roth usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, 2007.

BRASIL, E. C.; NASCIMENTO, E. V. S. Influência de calcário e fósforo no desenvolvimento e produção de variedades de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 892- 902, 2010.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico do solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1053-1060, 1998.

CALZAVARA, B. B. G. **Fruteiras: abieiro, abricozeiro, bacurizeiro, biribazeiro, cupuaçuzeiro**. Brasília: IPEAN/EMBRAPA/CPATU, 77p., Série Culturas da Amazônia, 1980.

CARVALHO, A.V. **Extração, concentração e caracterização físico-química e funcional das proteínas de semente de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2004.

CARVALHO, C.; VENCATO, A. Z.; KIST, B. B.; SANTOS, C.; SILVEIRA, D.; REETZ, E. R.; BELING, R. R.; CORRÊA, S. **Anuário Brasileiro de Fruticultura 2010**, Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 128 p.:2., 2010.

CARVALHO, J. E. U; MULLER, C. H.; ALVES, R. M; NAZARÉ, R. F. R. Cupuaçuzeiro. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. **Comunicado técnico**, 115p., 2004

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6. ed. Belém: CNPq/ Museu Paraense Emílio Goeldi. 279 p., 1996.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAN, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P.M. Seja o doutor do seu sorgo. **Potafos**, Piracicaba, Brasil, 2002.

CORNELISSEN, J. H. C et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 51 (4), 335-380, July 2003.

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

COSTA, J. P. C.; MULLER, C. H. **Fruticultura Tropical: O biribazeiro *Rollinia mucosa* (Jacq.) Sail.** Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária – MAARA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental- CPATU, documento 84,35p., 1995.

DAÍ, Z.; EDWARD, G.E.; KU, M.S.B. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (*Castor bean*) by leaf to air vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, v.99, p.1426-1434, 1992.

DÍAZ-LOPEZ et al. *Jatropha curcas* seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance. **Agricultural Water Management**, v. 105, p. 48-56, 2012.

DONÁDIO, L. C.; MÔRO, F. V. SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Talentos, 248 p., 2004.

FACHINELLO, J. C. NACHTIGAL, J. C. **Fruticultura Fundamentos e Práticas**- Publicação OnLine -Série Livro EMBRAPA Clima Temperado, 2008.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M. S.; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. **Situação e Perspectivas da Fruticultura de Clima Temperado no Brasil**, 2011.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. Volumes I e II, 361p., 2a ed. São Paulo: EPU, 1985.

FILHO, M. A. C.; ANGELOCCI, L. R.; VASCONCELOS, M. R. B.; COELHO, E. F. Estimativa da área foliar de plantas de lima ácida ‘Tahiti’ usando métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 1, p. 163-167, Abril 2005.

FONSECA, C. E. L.; CONDÉ, R. C. C. Estimativa da área foliar em mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.4, p. 593-599, 1994.

FRAIFE, G. de A. 2000. **Biblioteca digital**. Disponível em: < <http://www.agrofauna.com.br/cultura>. Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

GODOY, L. J. G. et al. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja "Pêra". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, 2007.

GOMES, P. **Fruticultura Brasileira**. Livraria Nobel, São Paulo, 2005.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Potafos - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. **Informações Agronômicas**, 95: 1-5, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (IBRAF). **Produção brasileira de frutas, 2010**. Disponível em <http://ibraf.com.br>. Acesso em 11 de dezembro de 2014.

KAMINSKI, JOÃO; PERUZZO, GERALDINO. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivos. Núcleo Regional Sul da Soc. Brás. de Ciência do Solo, Santa Maria - RS - **Boletim Técnico**, n.3, 31pág, 1997.

KALLARACKAL, J.; ND SOMEN, C. K. An ecophysiological evaluation of the suitability for plant in the tropics. **Forest Ecological and Management**, v.95, p.53-61, 1997.

LANDSBERG, J. Physiology in Forest models: history and the future. **FBMIS**, v.1, p.49-63, 2003.

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

LEMOS, W. P. Controle integrado de pragas em fruteiras amazônicas. **Fortaleza: Instituto Frutal**. 107 p.; 2009.

LEUZINGER, S.; VOGT, R.; KÖRNER, C. Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.150, p.56-62, 2010.

LOPES, M. L. B.; SANTOS, M. A. S. **O Banco da Amazônia e o financiamento da fruticultura regional**. Contexto Amazônico, v.1, n. 5, 2008. Disponível em <http://www.bancoamazonia.com.br>. Acesso em 11 de dezembro de 2014.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas nativas do Brasil. Nova Odessa: **Plantarum**, 384 p. v. 1., 1998.

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. **Anais da E. S. A Luiz de Queiroz-USP**, v. XLI, p. 181, 1984

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 43, p. 107-53, 1990.

MACHADO FILHO, J.A., CAMPOSTRINI, E, YAMANISHI, O.K., FAGUNDES, G.R. Efeito da umidade do ar nas trocas gasosas em folhas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em condições de campo. **Bragantia**, 65:185-196, 2006.

MACHADO, E.C.; LAGÔA, A.M.M.A. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, v.53, p.141-149, 1994.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 2006.

MANICA, I. (Ed.). Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biribá, carambola, cereja-do-rio-grande, jaboticaba. **Porto Alegre: Cinco Continentes**, v. 1, 327 p., 2000.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, K. P.; OLIVEIRA, M. A. S.; CUNHA, M. M.; OLIVEIRA JUNIOR, M. E.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ALVES, R. T.; MANICA, I. (Ed.). Frutas Anonáceas: ata ou pinha, atemólia, cherimólia e graviola, tecnologia de produção, pós-colheita, mercado. **Porto Alegre: Cinco Continentes**, 596 p., 2003.

MARCHESE, D. A. **Estudo do processo de obtenção do pó de cupuaçu** (*Theobroma grandiflorum* Schum) **alcalinizado**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2002.

MARENCO, R., A. LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**, 3ª edição. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2009.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.5, n.2, p.313-317, 2001.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; MENEZES, M. A. G. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira Valência sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 11 (1):299-34, 1999.

MEDINA, C.L.; SOUZA, R.P.; MACHADO, E.C.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, J.A.B. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. **Scientia Horticulturae**, v.96, p.115-125, 2002.

MIKAMI, E.E.; PINTRO, J.C.; TORMENA, C.A.; COSTA, A.C.S. da; SENGIK, E. Influência da aplicação de cálcio, de magnésio e de potássio no solo sobre a produção de goiaba (*Psidium guajava* L.) cv. *Paluma*. **Revista Acta Scientiarum**, v. 22, n.4, p. 1075-1081, 2000.

MUSIL, C. F.; CHIMPHANGO, S. B. M.; DAKORA, F. D. Effects of elevated ultraviolet-B radiation on native and cultivated plants of southern Africa. **Ann. Bot.**, v. 90, p. 127-137, 2002.

NASCENTE, A. S. **A fruticultura no Brasil e o potencial da utilização de fruteiras nativas e exóticas na Amazônia**. Porto Velho, EMBRAPA, Rondônia, 17 p.2003.

NATALE, W. **Calagem, adubação e nutrição da cultura da goiabeira**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/ Unesp, campus Jaboticabal, 2009.

NATALE, W.; PRADO, R. M. Contribuições da pesquisa sobre nutrição, calagem e adubação em frutíferas para alta produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 2006.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, E. Acidez do solo com calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294- 1306, 2012.

PANDEY, V.; JAMBUKIA, T.K.; PATEL, A.T.; SHARMA, A.N. Phenology growth and yield of sesamum (*Sesamum indicum* L.) in relation to rainfall and temperature. **Annals of Arid Zone**, v. 29, n.1, p. 43-46, 1990.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas.** Tese - (Doutorado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 151 f., 1998.

PEIXOTO, C. P., PEIXOTO, M. F. S. P. **Dinâmica do crescimento vegetal (Princípios básicos).** Escola de Agronomia da Universidade Cruz das Almas- AGRUFBA, 2004.

PEREIRA, J. D. B. **Contribuição ao conhecimento de moscas- das- frutas (*Tephritidae* e *Lonchaeidae*) no Pará: diversidade, hospedeiro e parasitóides associados.** Dissertação de mestrado, AFAP, Macapá, AP, 102 f. 2009.

PEREIRA, J. O. P. O Papel de Abelhas do Gênero *Centris* na Polinização e Sucesso Reprodutivo do Muricizeiro (*Byrsonimacrasifolia*, L.). **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 59 f., 2001.

PEREIRA, J. O. P.; FREITAS, B. M. Estudo da Biologia Floral e Requerimentos de Polinização do Muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* L.). **Revista Ciência Agronômica** 33(2):55-60, 2002.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, R. **Evapotranspiração.** Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 70 p., 1997.

REETZ, E. R.; BENNO, B. K.; SANTOS, C. V.; CARVALHO, C.; DRUM, M. **Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2015.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 104p.: il., 2015.

REGO, M. M. C., ALBUQUERQUE, P. M. C., RAMOS, M. C. & CARREIRA, L. M. Aspectos da Biologia de Nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) 37 (*Hymenoptera: Apidae, Centridini*), um dos Principais Polinizadores do Murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, *Malpighiaceae*), no Maranhão. **Neotropical Entomology**, 35(5):579-587, 2006.

REZENDE, C. M.; FRAGA, S. R. G. Chemical and Aroma Determination of the Pulp and Seeds of Murici (*Byrsonima crassifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society** 14(3):425-428, 2003.

RIBEIRO, J. E. L. da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. da S. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central.** Manaus: INPA – DFID, p.816, 1999.

RODRIGUES, H. J. B; COSTA, R. F; RIBEIRO, J. B. M; SOUZA FILHO, J. D. C; RUIVO, M. L. P; SILVA JÚNIOR, J. A. S. Variabilidade sazonal da condutância estomática em ecossistema de manguezal Amazônico e suas relações com variáveis meteorológicas. **Revista Brasileira de meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 189-196, 2011.

SAGRI – A fruticultura no Estado do Pará. **Secretária de Agricultura**, 2010.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. Análise sistêmica de fruticultura paraense: organização, mercado, competitividade empresarial. **Belém: Banco da Amazônia**, 255 p. 2008.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. Organização e competitividade das empresas de polpa de frutas do estado do Pará: 1995 a 2004. **Belém: Unama**, 176p., 2010.

SANTOS, C. E.; KIST, B. B.; CARVALHO, C.; REETZ, E. R.; DRUM, M. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, 2014. Editora Gazeta Santa Cruz, 136 p., 2014.

SILVA, A.E.; SILVA, L.H.M.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas – SP, v. 28, n. 4, p. 895-901, out./dez. 2008.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 760 p., 1998.

SINDFRUTAS. **Potencial da fruticultura: sistemas agroflorestais sustentáveis**, 2012. Disponível em <http://sindfrutas.com.br>. Acesso em 11 de dezembro de 2014.

SOUZA, R. P. et al. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. **Environmental and Experimental Botany**, n. 51, p. 45-56, 2004.

TAGLIAVINI, M., SCUDELLARI, B. MARANGONI, D., TOSELLI, M. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research, Dordrecht**, v. 43, n. 1-2, p. 93-102, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. 2004. Artmed Editora, 719 p, Porto Alegre, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ª. ed. 2009. Artmed Editora, 848p., Porto Alegre, 2009.

TAVARES-JUNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADO-NETO, D.; MAIA, A.H.N.; FAZUOLI, L.C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, 199-203, 2002.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A.; CAMARGO, F. A. O.; WIETHOLTER, S. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Norte e Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 10ª Ed., p 400, Porto Alegre, 2004.

TEIXEIRA, P.C.; MACEDO, S. T. Calagem e fósforo para a formação de mudas de biribazeiro. **Revista Ciência Agrária**, v.54, n.3, p.259-266, Set/Dez 2011.

VALLADARES, F.; PEARCY, R.W. Interactions between water stress, sun - shade acclimation, heat tolerance and photoinhibition in the sclerophyll *Heteromeles arbutifolia*. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p. 25-36, 1997.

VENTURIERI, G. A.; ALVES, M. L. B.; NOGUEIRA, M. D. O cultivo do cupuaçuzeiro. **Inf. Sociedade Brasileira de Fruticultura**, v.4(1), p.15-17, 1985.

VILALBA, F.A. Fragmentação mecânica de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) por meio de um beneficiador de cilindros. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)**, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas - SO, 2003.

VINSON, S. B., WILLIAMS, H. J., FRANKIE, G. W. & SHRUM, G. Floral Lipid Chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpigheaceae) and a Use of Floral Lipids by Centris Bees (Hymenoptera: Apidae). **Biotropica** 29 (1): 76-83, 1997.

WANG, D.; GARTUNG, J. Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees under postharvest deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.97, p.1.787-1.794, 2010.

WISE, R. R. *et al.* Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown Pima cotton plants at high temperature. **Plant, Cell and Environment**, v.27, p.717-724, 2004.

WRIGHT, I. J. *et al.* Leaf trait relationships in Australian plant species. **Functional Plant Biology**, v.31, p.551-558, 2004.

ZHANG, W. L.; LI, L. H.; ZU, Y. G.; PEREZ, S. Effect of priming on the germination of *Peltophorum dubium* seeds under water stress. **Journal of Forestry Research**, Japão, v. 15, n. 4, p. 287-290, 2004.

## CAPÍTULO I

# ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE BIRIBAZEIRO (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) E MURICIZEIRO (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt), SOB DIFERENTES DOSES DE FOSFATO NATURAL

Santos, L.S.  
Oliveira, P.C.

SANTOS, Leuzimar Silva dos. **Aspectos fisiológicos de biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) submetidas a diferentes doses de fosfato natural.** 2016. 81.p. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2016.

## RESUMO

Um solo em condições adequadas de fertilidade com fornecimento de nutrientes via fertilização, são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Com isso, objetivou-se analisar os aspectos fisiológicos de espécies frutíferas jovens biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) sob diferentes doses de fosfato natural. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, três doses de fosfato natural de Arad (T1- sem adição de fosfato natural, T2- 0,5g/vaso fosfato natural e T3- 1g/vaso fosfato natural), e três espécies frutíferas com quatro repetições por 77 dias. Foram avaliados: a TCA e TCR do crescimento em altura e diâmetro do caule, área foliar, área foliar específica, matéria seca foliar e das raízes, razão matéria seca foliar e matéria seca da raiz, a concentração de P e a eficiência no uso de P nas folhas e raízes, além da condutância estomática e a temperatura foliar sob dois tratamentos de luminosidades (L1- 30% de luz; L2- 100% de luz). Com base nos resultados das análises, foi verificado que as taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro não apresentaram um único padrão de crescimento para as espécies frutíferas sob diferentes doses de fosfato natural. No desenvolvimento do biribazeiro e cupuaçuzeiro o tratamento T3 (1g/vaso fosfato natural) proporcionou incremento na altura e diâmetro do caule (61,51cm; 10,19mm biribazeiro; 50,90cm, 10,52mm cupuaçuzeiro), as demais variáveis fisiológicas diferenças significativas no T2 e T3. O muricizeiro não respondeu à adubação fosfatada utilizada, durante o período de avaliação, apresentando os maiores valores no tratamento T1 (sem adição de fosfato natural) para todas as variáveis analisadas. A concentração de P foi mais expressiva nos tratamento (T2-4,19g/kg, T3-3,37g/kg) nas folhas do biribazeiro, e para o cupuaçuzeiro no (T2-1,27g/kg, T3-1,25g/kg) nas raízes. O cupuaçuzeiro foi mais eficiente no uso do fósforo no (T2-0,627) nas folhas e raízes (T3-7,202), o biribazeiro foi mais eficiente no (T3-7,835) nas raízes. As espécies frutíferas reduziram a gs a 100% de luz e a temperatura foliar foi praticamente constante entre os dois tratamentos de luminosidade variando de 30,9°C a 32,6 °C.

**Palavras-chaves:** Espécies frutíferas, adubação fosfatada, condutância estomática, temperatura foliar

**PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF BIRIBAZEIRO (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* Willd. Ex Spreng.) K. Schum) E MURICIZEIRO (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) SUBMITTED TO DIFFERENT DOSES OF NATURAL PHOSPHATE.**

**ABSTRACT**

A soil fertility conditions suitable to supply nutrients via fertilization, are essential for the growth and development of plants. With this objective was to analyze the physiological aspects of species fruit biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) K. Schum) and muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt) under different doses of natural phosphate. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Federal University of Pará UFOPA West, in a randomized block design, in 3x3 factorial three natural phosphate doses of Arad (T1- without the addition of natural phosphate, T2- 0,5g / vase natural phosphate and T3- 1g / vase natural phosphate), and three fruit species with four replications for 77 days. Were evaluated: the TCA and TCR of growth in height and stem diameter, leaf area, specific leaf area, leaf dry matter and roots, so leaf dry matter and root dry matter, the concentration of P and efficiency in the use of P in the leaves and roots, as well as stomatal conductance and leaf temperature under two treatments of luminosities (L1- 30% light; L2 100% light). Based on the results of the analyzes, it was found that the absolute growth rates and relative height and diameter did not show a unique pattern of growth for fruit species under different doses of natural phosphate. In the development of biribazeiro and cupuaçuzeiro treatment T3 (1g / vase natural phosphate) provided increment in height and stem diameter (61,51cm; 10,19 mm biribazeiro; 50.90 cm, 10,52 mm cupuaçuzeiro), other physiological variables significant differences in T2 and T3. The muricizeiro did not respond to phosphorus used during the evaluation period, with higher rates in the treatment T1 (without the addition of natural phosphate) for all variables. The P concentration was more significant in the treatment (T2-4,19g / kg T3-3,37g / kg) leaves the biribazeiro and to the cupuaçuzeiro (T2-1,27g / kg T3-1,25g / kg) in roots. The cupuaçuzeiro was more efficient in the use of phosphorus in the (T2-0,627) in leaves and roots (T3-7,202), the biribazeiro was more efficient in (T3-7,835) roots. The fruit species reduced gas 100% light and leaf temperature was nearly constant brightness between the two treatments ranging from 30.9 ° C to 32.6 ° C.

**Key words:** fruit species, phosphorus fertilization, stomatal conductance, leaf temperature

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento satisfatório das espécies vegetais depende, basicamente, de fatores ambientais que são difíceis de serem controlados e que podem ocasionar sérios danos e prejuízos para a produção de espécies frutíferas de interesse econômico (Beltrão; Oliveira, 2008). Dentre esses fatores está a oferta e disponibilidade de nutrientes que estão presentes no solo e que contribuem para a produtividade e qualidade da fruticultura (Taiz; Zeiger, 2009).

Os solos da Amazônia são extremamente pobres e caracterizados por ter um alto grau de acidez, que corresponde a elevados níveis de alumínio que, conseqüentemente, diminuem os valores de pH (3,5; 5,6) e os teores de nutrientes. Além disso, na presença de óxidos de alumínio (Al) e ferro (Fe), o fósforo (P) quando aplicado como fertilizante é adsorvido, dificultando a resposta das plantas em relação à aplicação de fertilizantes fosfatados. Essas características fazem com que a disponibilidade do P comprometa o desenvolvimento da maioria das culturas dessa região (Falcão; Silva, 2004; Marques et al. 2010).

Os nutrientes desempenham funções essenciais e específicas dentro da planta, quando um nutriente não está em concentrações adequadas ou indisponível, a planta sofre com alterações em seu metabolismo (Grant et al. 2001). De todos os nutrientes que uma planta necessita o fósforo é essencial. A sua exigência é maior na fase de muda, o que favorece o desenvolvimento inicial e estimula o crescimento das raízes. Além disso, participa dos processos fisiológicos da planta como a fotossíntese, divisão celular, processo de transferência de energia e na absorção de nutrientes (Malavolta et al. 1997).

Uma das formas de disponibilizar o fósforo às plantas é através da adubação fosfatada, e o fosfato natural reativo de Arad é uma das opções bastante utilizada na produção de plantas. Além do fósforo, nutrientes como o cálcio estão disponíveis em sua composição e geram um custo ao agricultor inferior em relação a outros fertilizantes. A eficiência do fosfato natural depende da composição química, física e origem do solo, de fatores ambientais como o clima, a luminosidade, além da espécie vegetal (Oliveira et al. 2013).

Alguns trabalhos relatam a eficiência de fertilizantes a base de fósforo em espécies vegetais, comprovando a necessidade deste nutriente nas plantas ainda na fase de muda e para o incremento na produtividade (Vieira Neto, 2010; Cavichioli et al. 2011a; Oliveira et al. 2013; Santos et al. 2014).

No entanto, mesmo com todos esses trabalhos ainda existe uma grande carência de estudos para diversas espécies frutíferas em fase de muda com relação a necessidade de P na região amazônica. Dessa forma, conhecer as deficiências que as espécies frutíferas na Amazônia possuem em virtude de suas necessidades nutricionais, torna-se fundamental para a correção e identificação do melhor manejo a ser utilizado para garantir um crescimento satisfatório sem ocorrência de perdas na cultura.

Com base no que foi exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar os aspectos fisiológicos de plantas jovens de biribazeiro (*Rollina mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), sob diferentes doses de fosfato natural.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, localizada na comunidade de Curupira às margens da PA - Santarém - Curuá-Una, Km 37, com as seguintes coordenadas geográficas S 2°41'15.6" e W 054°32'16.9", no município de Santarém, Pará, durante o período de abril a setembro de 2015.

O clima da região está classificado no sistema Köppen (1948) como Ami, ao qual pertence ao clima tropical, com características de clima quente e úmido. Apresenta temperaturas médias que oscilam entre a mínima de 25°C e máxima de 31°C e, umidade relativa do ar em torno de 86%, com dois períodos distintos um seco e o outro chuvoso. O período chuvoso corresponde aos meses de dezembro a junho, apresentando em torno de 2000 mm de chuvas que oscilam anualmente e, o período seco correspondente aos meses de junho a novembro (Rodrigues et al. 2001).

### **COLETA DOS DADOS**

#### **Seleção/identificação das espécies e instalação do experimento**

O material vegetal utilizado para o estudo biribazeiro - *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., cupuaçuzeiro – *Theobroma gradiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. e muricizeiro – *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, foram obtidos de propriedade particular as quais encontravam-se em boas condições fitossanitárias (sem sinais de herbivoria).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4, com três tratamentos com fosfato natural de Arad constituídos pelo T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso fosfato natural) e T3 (1g/vaso fosfato natural) e quatro repetições (de cada espécie vegetal).

As mudas das frutíferas foram transplantadas para vasos com capacidade para 5kg de substrato composto por terra preta, cama de frango, madeira em decomposição e adicionado Fosfato Natural de Arad com concentração de 32% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e 35% Ca, cultivadas em estufa de cultivo com 50 m de comprimento por 7 m de largura, forrada com sombrite a 70% para amenizar a radiação solar e, irrigadas diariamente com dois litros de água.

Para evitar o tombamento das mudas do biribazeiro, foi colocado um tutor como sugerido por (Costa; Muller, 1995), o qual proporciona o não aparecimento de ramificações indesejáveis. Os tratos culturais consistiram de limpeza ao redor das plantas para eliminar o crescimento de outras espécies invasoras como o capim.

Uma amostra do substrato foi previamente seca ao ar livre, peneirada e sem manuseio encaminhada em recipiente adequado para análises químicas e físicas. Os resultados dessas análises encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do substrato antes da aplicação das doses de fósforo.

Atributos Químicos										
Ph	MO	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Ca+Mg	H	Al <sup>+3</sup>	CTC	V%
H <sub>2</sub> O	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						
6,8	52,6	20,4	83,0	7,65	2,16	9,8	1,5	0,0	11,5	87,0
Atributos Físicos										
				Areia	Silte	Argila				
				g/kg <sup>-1</sup>						
				656	077	267				

\* pH: Potencial hidrogeniônico em água do solo; MO: Matéria orgânica; P: Fósforo, K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H: Hidrogênio; Al: Alumínio; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação por Bases.

## Análise quantitativa de crescimento

As análises quantitativas de crescimento para a avaliação da altura e diâmetro do caule foram obtidas por meio de um método não destrutivo de medida de superfície (medidas lineares), (Benincasa, 2004). Foi utilizada uma escala de trena numerada em centímetros (cm) para analisar a altura desde o colo até o ápice de cada planta, o diâmetro do caule foi tomado a 1cm do substrato determinado por meio de paquímetro graduado em milímetros (mm). As medidas foram determinadas em intervalos de sete dias nas quatro mudas de cada espécie. As análises iniciaram no mês de junho de 2015 dois meses após o transplante e foi finalizado em setembro de 2015 com total de 77 dias de avaliação.

Para estimar os valores dos índices fisiológicos da taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) em altura e diâmetro do caule das espécies frutíferas foram utilizadas as seguintes fórmulas (Benincasa, 2004):

- $TCA = (A_2 - A_1)/t$ , (cm . dia<sup>-1</sup>);
- $TCR = (\ln A_2 - \ln A_1)/t$ , (cm . cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>);
- $TCA = (D_2 - D_1)/t$ , (mm . dia<sup>-1</sup>);
- $TCR = (\ln D_2 - \ln D_1)/t$ , (mm . mm . dia<sup>-1</sup>), onde A = altura, D = diâmetro do caule e Ln = logaritmo neperiano.

Ao final das medições de comprimento em campo as plantas foram cortadas rente ao solo para a coleta das folhas e raízes. Com auxílio de uma peneira de 2 mm separou-se as raízes do solo as quais foram colocadas em sacos de papel assim como as folhas, e transportadas para o Laboratório de Estudos de Ecossistemas Amazônicos (LEEA), da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, onde foi determinada a área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) utilizando-se um medidor de área foliar ( $\Delta T$  Devices, Cambridge, Inglaterra).

Posteriormente, as folhas e raízes de cada planta foram colocadas em estufa à temperatura de 65°C por 72 horas, até atingir peso constante. Após isso, foram efetuadas pesagens para a estimativa dos teores de matéria seca foliar (MSF) e massa seca da raiz (MSR) em gramas. A partir dos dados de área foliar e massa seca foliar foi calculada a área foliar específica (AFE, cm<sup>2</sup>/g), representada pela equação segundo Benincasa (2004):

- $AFE = AF / MSF$ , onde AF = área foliar e MSF = massa seca foliar.

O material foliar e das raízes foi encaminhado para o Laboratório de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Oriental-Belém - Pará, para a determinação da concentração de fósforo (P) que associado à matéria seca acumulada das folhas e raízes, permitiu determinar a eficiência no uso do fósforo, através da seguinte fórmula (Siddiqi; Glass, 1981):

- $EUP = MSF / [P]$  e  $MSR / [P]$ , onde EUP = eficiência no uso de fósforo; MSF = massa seca foliar; MSR = massa seca da raiz; [P] = concentração do fósforo.

### **Parâmetros fisiológicos: condutância estomática x temperatura foliar**

Para as análises dos parâmetros fisiológicos de condutância estomática ( $g_s$  -  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e temperatura foliar ( $T_f$  -  $^{\circ}\text{C}$ ) foram selecionadas três mudas de cada espécie frutífera biribazeiro - *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., cupuaçuzeiro - *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. e muricizeiro - *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth submetidas a tratamentos luminosos de 30% de luz (L1) e 100% de luz (L2). O L1 foi obtido por cobertura de sombrite em cima e dos lados para uma perfeita homogeneidade, por sete dias e irrigação diária ( $21 \text{ H}_2\text{O} \cdot \text{dia}^{-1}$ ).

As variáveis fisiológicas de  $g_s$  e  $T_f$  foram determinadas no oitavo dia com auxílio de um porômetro AP4 ( $\Delta T$  Devices, Cambridge, Inglaterra). As análises foram realizadas em duas folhas das três plantas totalizando seis repetições, as folhas estavam totalmente expandidas e sem sinais de herbivoria. As medidas foram aferidas em um único dia no horário de 10:00 h às 11:00 hs da manhã.

### **ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os dados sobre o comportamento dos aspectos fisiológicos das espécies estudadas foram submetidos à Análise de Regressão (Ajustamento de curvas), Análise de Variância Anova um critério e dois critérios, Análise de Variância - Fatorial (axb), Análises de Estatística Descritiva, ambos determinados pelo programa Biostat versão 5.0 (Ayres et al. 2007).

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## Análise Quantitativa de Crescimento

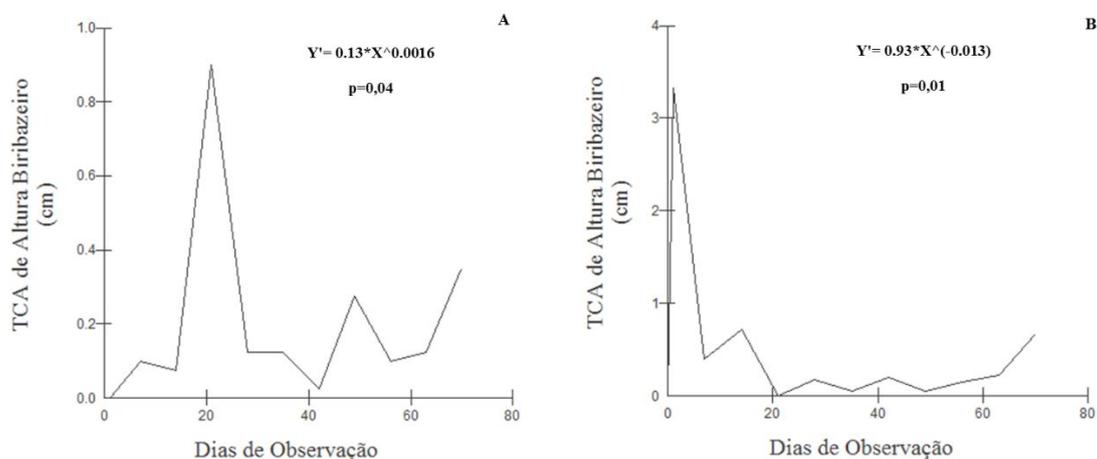
### TCA e TCR para altura do caule

As taxas de crescimento absoluto (TCA) em altura das frutíferas estudadas no período de 77 dias de avaliação foram afetadas significativamente pelos tratamentos de fósforo (P) T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/vaso de Fosfato Natural).

Na figura 1 – A, B, observa - se que o biribazeiro apresentou significância ajustado ao modelo de regressão geométrico para a TCA em altura nos tratamentos T2-A ( $p = 0,04$ ) e T3-B ( $p = 0,01$ ). A aplicação do fosfato natural na dose de 1g/vaso (T3) proporcionou valores de 3,3 cm/7 dias na TCA em altura no início da observação e em outros momentos apresentou reduzido crescimento, assim como, na dose de 0,5g/vaso (T2) com valor aproximado de 0,9 cm / 7 dias, variando ao longo dos 77 dias de avaliação.

O que sugere que o biribazeiro responda de maneira particular quanto à oferta de P sob a forma de fosfato natural, e possivelmente não interfira na absorção de outros nutrientes que possam estar presente no substrato, favorecendo o crescimento equilibrado da espécie. A característica altura das plantas tem grande relevância, pois é um parâmetro morfofisiológico que determina o crescimento e a diferenciação do vegetal e está relacionado com o sistema solo - planta (Ferri, 1985).

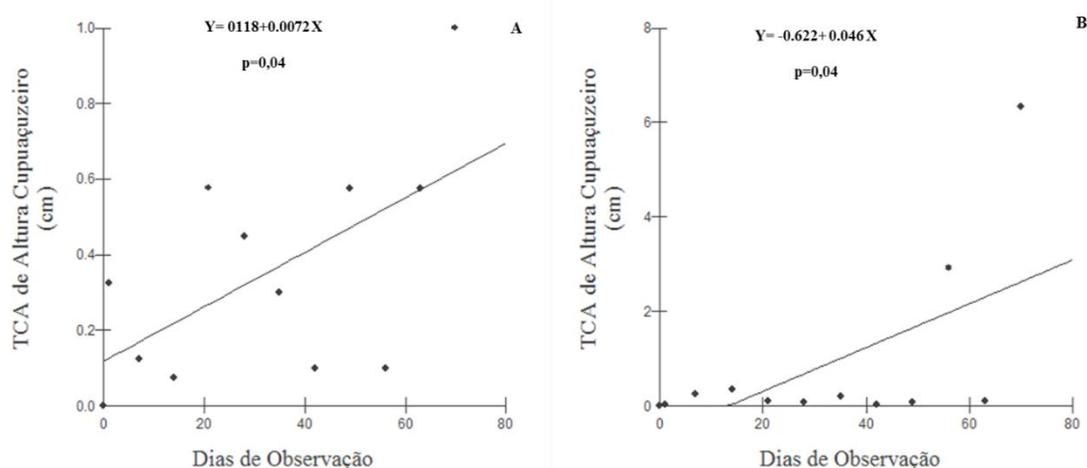
Neves et al., (2008), analisando a altura do umbuzeiro nas doses de 289 e 250 mg dm<sup>-3</sup> de P, observaram a máxima altura das mudas.



**Figura 1.** Análise de Regressão com Modelo Geométrico para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura (cm) de plantas jovens de biribazeiro (*Rollinia mucosa*), no tratamento T2 - 0,5g/vaso de Fosfato Natural (A) e T3 - 1g/vaso de Fosfato Natural (B), no intervalo de 77 dias.

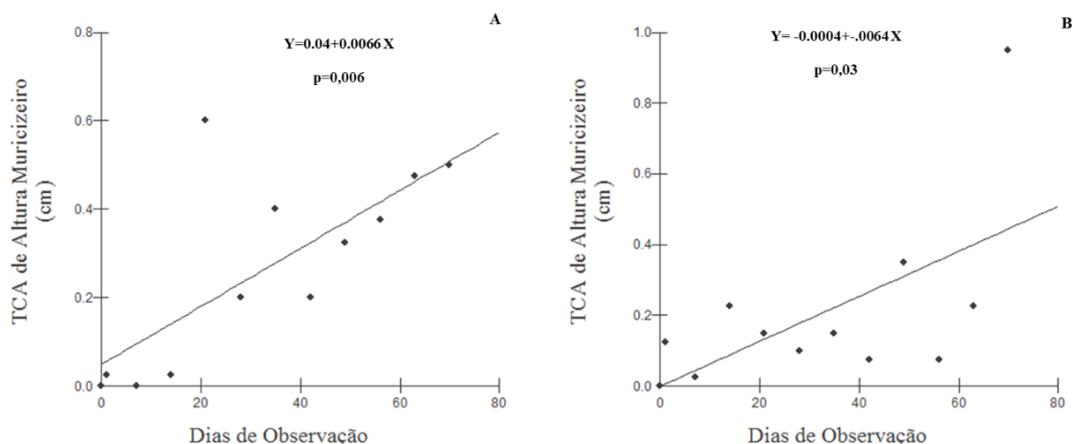
Nas plantas de cupuaçuzeiro (Figura 2 – A, B) houve significância ajustado ao modelo de regressão linear no tratamento T1 - A ( $p = 0,04$ ) e T2 - B ( $p = 0,04$ ). Sugerindo que o cupuaçuzeiro seja uma espécie exigente em P, pois beneficiou-se com a dose imposta do T2 (0,5g / vaso fosfato natural) obtendo crescimento satisfatório, haja vista, apresentou aumento da TCA ao final da observação com valor aproximado de 6 cm / 7 dias com crescimento homogêneo e mais lento respondendo ao tratamento, em relação ao T1 que apresentou valor aproximado de 0,6 cm / 7 dias.

Para se ter mudas de plantas com qualidade a presença do P torna-se vital, pois ele contribui com a capacidade fotossintética e absorção de nutrientes e água pelas raízes favorecendo o crescimento da planta (Lima et al. 2011).



**Figura 2.** Análise de Regressão com Modelo Linear para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura (cm) de plantas jovens de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), no tratamento T1 – sem adição de Fosfato Natural (A) e T2 – 0,5g/vaso de Fosfato Natural (B), no intervalo de 77 dias.

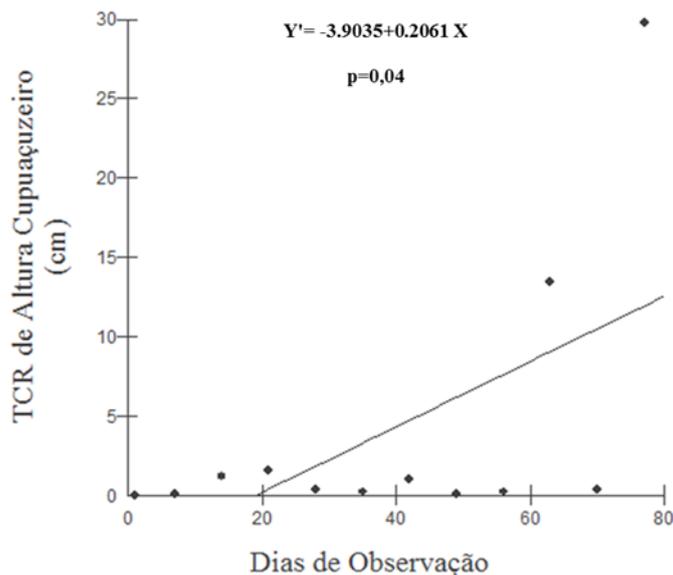
O muricizeiro, a TCA em altura no T1-A ( $p = 0,006$ ) e T2-B ( $p = 0,03$ ) foram significativos, ajustado ao modelo de crescimento linear (Figura 3-A, B), ou seja, com comportamento mais homogêneo ao longo do período de observação, com as maiores TCA 0,6 cm / 7 dias observadas no T1 – A, enquanto no T2 - B valor aproximado de 0,4 cm / 7 dias. Esses valores sugerem que o muricizeiro não necessite de grandes doses de P favorecendo em seu desenvolvimento. Esse modelo de crescimento linear em altura também foi observado nos trabalhos de Abreu et al. (2012) em *Eucalyptus grandis* quando aplicada dose de  $145 \text{ g/dm}^{-3}$  de fosfato natural e de Corrêa et al. (2002) quando aplicado fósforo na dose de  $450 \text{ mg/dm}^{-3}$  em mudas de aceloreiras.



**Figura 3.** Análise de Regressão com Modelo Linear para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura (cm) de plantas jovens de muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), no tratamento T1 – sem adição de Fosfato Natural (A) e T2 – 0,5g/vaso de Fosfato Natural (B), no intervalo de 77 dias.

Com esses resultados da TCA em altura pode-se inferir que as espécies estudadas possuem diferentes estratégias de desenvolvimento em relação a sua nutrição, enquanto jovens, e que poderiam ter um melhor desempenho se tivessem um maior tempo para se desenvolverem, ou que, certamente, existem situações que tais doses podem ser inferiores ou até mesmo desnecessárias, levando em conta o estágio de desenvolvimento da planta (Freiberger, 2012).

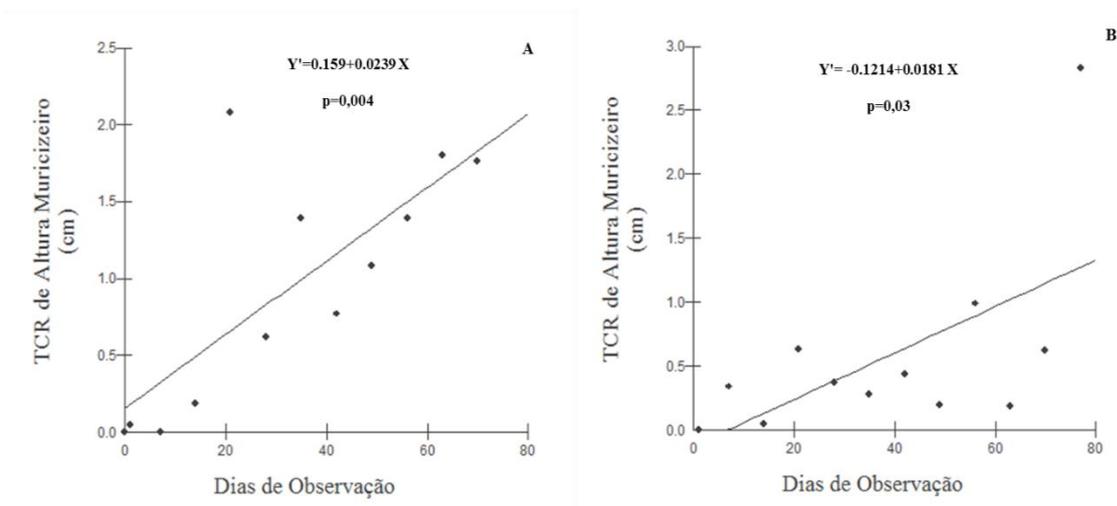
Quanto a Taxa de Crescimento Relativo (TCR) em altura das espécies, notou-se que o cupuaçuzeiro apresentou significância no T2 ( $p = 0,04$ ), ajustado ao modelo linear (Figura 4) com crescimento homogêneo ao longo do período observado, com discreto aumento com valor aproximado de 14 cm.cm / 7 dias nos últimos dias de observação. Fernandes et al. (2003), relatam que o fósforo promove melhor desenvolvimento de mudas de cupuaçuzeiro e doses elevadas causam efeito contrário, reduzindo seu desenvolvimento.



**Figura 4.** Análise de Regressão com Modelo Linear para TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura (cm) de plantas jovens de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), no tratamento T2 – 0,5g/vaso de Fosfato Natural, no intervalo de 77 dias.

A TCR em altura de plantas jovens do muricizeiro apresentou resultados significativos no T1-A ( $p=0,04$ ) e T2-B ( $p=0,03$ ) com modelo de regressão linear (Figura 5 - A, B), revelando que o muricizeiro não necessita de grandes doses de P, pois apresentou TCR em altura mais expressiva em torno de 2,0 cm.cm/ 7 dias no T1 do que no T2. Esses resultados sugerem que a dose de P imposta no T2, reduziu a TCR em altura, provavelmente o P possa estar impondo alguma forma de competição com outro nutriente que esteja absorvido no substrato, gerando o caso de antagonismo, na presença do íon P há diminuição da absorção de outro íon, diminuindo o crescimento da planta (Mota et al., 2003).

Souza et al.(2009), ao analisarem o efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na cultura da uvaia (*Eugenia uvalha* Camb.), observaram essa mesma relação com resultados significativos para a variável altura de mudas em relação às doses de fósforo.



**Figura 5.** Análise de Regressão com Modelo Linear para TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura de plantas jovens de muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), no tratamento T1 - sem adição de Fosfato Natural (A) e T2 - 0,5g/vaso de Fosfato Natural (B), no intervalo de 77 dias.

Para o biribazeiro não houve modelo de curva para a TCR em altura significativo em ambos os tratamentos. A TCR evidencia o aumento da massa seca em gramas da planta, em função do material pré-existente num dado intervalo de tempo (Benincasa, 2003). Dessa forma, quando o solo está deficiente de P causa menor crescimento, produção, qualidade e senescência precoce nas plantas (Malavolta, 2006).

Quando analisados os diferentes tratamentos com P separadamente, pela análise de Variância (ANOVA) para 1 critério, pôde-se compreender como esses tratamentos influenciaram na TCA em altura entre as espécies frutíferas (Tabela 2). Os resultados revelaram que houve diferença significativa entre as espécies quanto à TCA em altura em cada tratamento ( $p < 0,0001$ ). As maiores médias desta variável foram encontradas para o biribazeiro e cupuaçuzeiro à medida em que se aumentava a concentração de fosfato, apresentando maior média (61,51cm, 50,90 cm respectivamente) ambos no tratamento T3 (1g de Fosfato), por outro lado o muricizeiro apresentou reação contrária no T1 (sem adição de Fosfato) onde apresentou as maiores médias de TCA em altura (12,71cm).

Resultados de Abreu et al. (2005) sugerem que o fato do P ter participação essencial no metabolismo das plantas, como na fotossíntese, divisão celular dentre outros, reflete na maior demanda de absorção deste elemento pelas plantas, aumentando a atividade metabólica e favorecendo o crescimento vegetal.

Narita et al. (2011), observaram que na dose de 11g de fosfato natural houve aumento na altura das mudas de maracujazeiro, Neves et al. (2008), utilizando diferentes doses de P (0; 30; 60; 120; 240 e 480  $\text{mg}/\text{dm}^{-3}$ ) aplicadas ao solo, observaram influência significativa na

altura do umbuzeiro. Por outro lado, Costa et al., (2005) também observou influência no crescimento de mangabeira com doses de fósforo mínima ( $3\text{mg dm}^{-3}$ ) associado com *Gigaspora albida*. Esses resultados sugerem que as espécies estudadas respondem aos diferentes tratamentos de forma fisiologicamente diferentes quanto a exigência em P em relação à velocidade de crescimento em altura. Dessa forma, para se ter um bom desempenho no desenvolvimento de plantas cultivadas, faz-se necessário o conhecimento acerca do crescimento e fenologia do vegetal, pois fatores como temperatura, umidade e fertilidade do solo, podem influenciar nas diferentes velocidades desse desenvolvimento (Marur; Ruano, 2001; Pandey et al. 1990).

**Tabela 2.** Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em altura (cm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.

FONTES DE VARIAÇÃO	T1		T2		T3	
<b>(p) =</b>	<b>&lt; 0,0001</b>		<b>&lt; 0,0001</b>		<b>&lt; 0,0001</b>	
Média (1- Biribazeiro) =	49,20		58,82		<b>61,51</b>	
Média (2- Cupuaçuzeiro) =	36,25		41,34		<b>50,90</b>	
Média (3- Muricizeiro) =	<b>12,71</b>		5,87		6,95	
Tukey:	Diferença	(p)	Diferença	(p)	Diferença	(p)
Médias (1 a 2) =	1.70	< 0.05	22.57	< 0.01	20.17	< 0.01
Médias (1 a 3) =	36.48	< 0.01	52.95	< 0.01	54.56	< 0.01
Médias (2 a 3) =	38.18	< 0.01	30.38	< 0.01	34.39	< 0.01

Para a TCR em altura a análise de variância (Anova) para 1 critério revelou que as espécies frutíferas não diferiram significativamente entre si em cada tratamento com P (Tabela 3). Esses resultados sugerem que o sucesso na produção de mudas frutíferas pode estar associado à forma como as culturas extraem o P disponível ou aplicado no solo, podendo vim a ter ganhos ou não com a aplicação de P na produção de mudas, e isso, dependerá da espécie analisada (Lopes, 1998). Nos estudos de Souza et al. (2003), aplicando dose de  $5\text{kg/m}^3$  de superfosfato simples ao substrato, não observou efeito significativo na altura da muda de gravioleira (*Annona muricata* L.).

**Tabela 3.** Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura (cm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.

FONTES DE VARIAÇÃO	T1	T2	T3
(p) =	0,58	0,20	0,10

Estes resultados são apoiados pela Análise de Variância (Anova) 2 critérios, uma vez que a variação das médias da TCA em altura foram significativas entre os tratamentos de P e entre as espécies (Tabela 4). Sugere-se que essas variações podem estar relacionadas à fisiologia de cada planta quanto à exigência em P. Quando a planta está em desenvolvimento, aumenta sua necessidade quanto à oferta de nutriente, e a inserção de P nesta fase é essencial em certos cultivos gerando plântulas de qualidade (Malavolta et al. 1997; Vanin et al. 2011). Weber et al. (2004), observaram influência do P sobre o crescimento de mudas de cajueiro-anão-precoce CCP 76.

Ainda na Tabela 4 se observa que a TCR em altura diferiu em relação as espécies estudadas ( $p = 0,03$ ). Por outro lado não houve diferença entre os tratamentos com P ( $p = 0,07$ ). Isso sugere que outros fatores possam estar influenciando esta relação entre os tratamentos aplicados, que podem estar relacionado por exemplo à lenta solubilidade do fosfato natural.

Sousa et al. (2000), não observaram efeito das doses crescente de superfosfato simples (0; 200; 800 e 3.200 g/m<sup>3</sup>) na altura de mudas de bananeira Mysore.

As técnicas de análise de crescimento proporcionam a avaliação dos tratamentos impostos, que poderão estar relacionados com o melhor desenvolvimento da planta (Benincasa, 2003). O solo bem nutrido depende de sua fertilidade e disponibilidade de nutrientes que podem provir da decomposição da matéria orgânica, que pode ser tanto a natural do solo quanto a reciclagem de galhos e outros, além dos resquícios de adubações anteriores, que complementam a aquisição pelas plantas (Matiello et al. 2006).

**Tabela 4.** Análise de Variância (Anova 2 critérios) com teste de Tukey, acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura (cm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

FONTES DE VARIAÇÃO	TCA	TCR
Tratamentos	2	2
Blocos	11	11
$p$ (Tratamentos com P) =	< <b>0,0001</b>	0,07
$p$ (Espécies frutíferas) =	< <b>0,0001</b>	<b>0,03</b>

A análise de Variância Fatorial (axb) demonstrou mais uma vez que a TCA em altura variou entre as espécies e a interação entre os tratamentos com P x espécies ( $p < 0,0001$  e  $p = 0,03$ ), respectivamente, mas não variou entre os tratamentos com P (Tabela 5). Pode-se inferir que os efeitos das doses de fosfato aplicadas influenciaram as respostas de crescimento dessas espécies por conta do comportamento fisiológico de cada uma delas independentemente dos tratamentos, e que a falta de influência do fosfato possa estar relacionada ao baixo teor de P e sua lenta solubilidade, não ocorrendo à solubilização do fosfato reativo de Arad, mesmo em doses crescentes (Teixeira et al. 2014). Esses dados corroboram com os de Pauletti et al. (2010) e Schoniner et al. (2013), que não observaram influência do fosfato natural em relação a altura de suas espécies estudadas (soja, milho e feijão).

Para a TCR em altura foi observada diferença significativa somente para os tratamentos de P ( $p = 0,0006$ ) (Tabela 5). De forma geral, esses dados de crescimento evidenciam que os tratamentos foram favoráveis para as plantas expostas ao fosfato natural, e a condição dos tratamentos promissoras no estímulo da produção e maior investimento de assimilados no crescimento do caule, uma vez que o fósforo é o nutriente mais limitante para produção de biomassa em plantas cultivadas em solos tropicais (Novais; Smyth, 1999).

**Tabela 5.** Análise de Variância (Fatorial axb, 3 espécies x 3 tratamentos) para TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em altura (cm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

	TCA	TCR
	<i>p</i>	<i>p</i>
<i>p</i> (Tratamentos com P)	0,2	<b>0,0006</b>
<i>p</i> (Espécies frutíferas)	<b>&lt; 0,0001</b>	0,11
<i>p</i> (Interação: Tratamentos com P x Espécies)	<b>0,03</b>	0,92

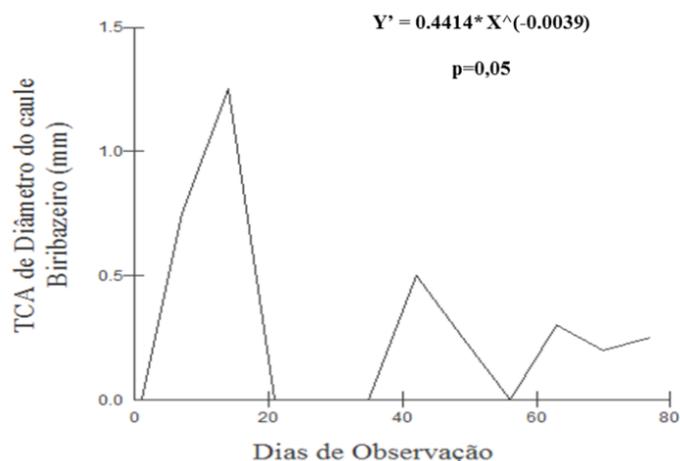
### TCA e TCR de diâmetro do caule

As taxas de crescimento absoluto para o diâmetro do caule obtiveram comportamentos diferentes entre os tratamentos em cada espécie. Das três espécies estudadas, apenas o bizibazeiro obteve modelo de ajustamento de curva com resultados significativos ajustado ao modelo geométrico no T3 ( $p=0,05$ ) (Figura 6).

Os resultados apontaram as maiores TCA em diâmetro do caule aos 15 dias de observação, com valor de 1,3 mm mm / 7 dias, sugerindo que dá mesma forma que o crescimento em altura, o biribazeiro tem diferentes velocidades para o crescimento do diâmetro do caule, sugerindo que outros fatores possam ter influenciado essa resposta, como pode ser observado aos 25 dias redução da TCA do diâmetro do caule.

Nos demais tratamentos de P (T1 e T2), não houve modelo significativo de ajuste para a variável em questão, assim como, para as outras espécies estudadas. Este resultado da TCA enfatiza a importância da adubação com P para se obter mudas mais vigorosas (Fey et al. 2010).

Teixeira; Macedo (2011), estudando o biribazeiro (*Rollinia mucosa*), observaram que as doses de fósforo em conjunto com as de calcário influenciaram no diâmetro do caule desta espécie. Freiberger (2012), analisando o pinhão-manso observou que a presença do fósforo no solo é muito importante para o crescimento, tanto em altura quanto em diâmetro do caule. Segundo Fernandes et al. (2003), a combinação do fósforo com o zinco proporcionou um crescimento positivo sobre as mudas de *Theobroma grandiflorum* e que doses elevadas de fósforo influenciou a redução do desenvolvimento da espécie.



**Figura 6.** Análise de Regressão com Modelo Geométrico para TCA (taxa de crescimento absoluto) em diâmetro do caule (mm) de planta jovem de biribazeiro (*Rollinia mucosa*), no tratamento T3- 1g/vaso de Fosfato Natural, no intervalo de 77 dias.

A Análise de Variância 1 critério para a TCA do diâmetro do caule entre as espécies frutíferas estudadas foi influenciada significativamente ( $p < 0,0001$ ) em cada tratamento com P (Tabela 6). O que se observa é que o biribazeiro e o cupuaçuzeiro obtiveram maiores médias de TCA do diâmetro do caule no tratamento T3 (10,19; 10,52 mm/ 7dias respectivamente), e o muricizeiro no T1 (4,77 mm/ 7dias).

As plantas em estudo não apresentam padrão de crescimento exato, algumas crescendo mais do que outras em diâmetro do caule. Souza et al. (2006), afirmam que a sobrevivência de mudas de plantas é avaliada de acordo com o diâmetro do caule. Estudos com diferentes doses do fósforo demonstram a eficiência da adubação com fosfato natural, como o de Vieira et al. (2011) que constataram que doses de  $380 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, proporcionaram maior diâmetro do caule em *Campomanesia adamantium* em ambiente protegido. Doses de 250 e  $289 \text{ mg/dm}^{-3}$  de fósforo influenciaram significativamente no diâmetro do umbuzeiro (Neves et al. 2008). Macedo; Teixeira (2012), observaram efeito significativo do fosfato em relação ao diâmetro do caule em mudas de araçá-boi. Em *Euterpe oleraceae* (açazeiro) houve aumento do diâmetro do caule no primeiro ano de cultivo utilizando-se fosfato natural (Frazão et al. 2008). Veloso et al., (2015), utilizando dose de  $56 \text{ g/planta}^{-1}$  de fósforo, verificaram aumento da circunferência do caule em açazeiros (*Euterpe oleraceae*) com um ano.

**Tabela 6.** Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) em diâmetro do caule (mm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.

FONTES DE VARIAÇÃO	T1		T2		T3	
(p) =	<b>&lt; 0,0001</b>		<b>&lt; 0,0001</b>		<b>&lt; 0,0001</b>	
Média (1-Biribazeiro) =	8,54		9,16		<b>10,19</b>	
Média (2-Cupuaçuzeiro) =	9,97		10,45		<b>10,52</b>	
Média (3-Muricizeiro) =	<b>4,77</b>		3,60		3,41	
Tukey:	Diferença	(p)	Diferença	(p)	Diferença	(p)
Médias (1 a 2) =	1.97	< 0.01	4.75	< 0.01	0.21	Ns
Médias (1 a 3) =	3.77	< 0.01	21.17	< 0.01	6.58	< 0.01
Médias (2 a 3) =	5.75	< 0.01	25.93	< 0.05	6.37	< 0.01

Para a TCR do diâmetro do caule a análise de variância 1 critério não apresentou diferença significativa entre as espécies para cada tratamento com P (T1, T2 e T3) a nível de 5% de probabilidade (Tabela 7).

O fósforo fornecido às plantas através do fosfato natural apresentam diferentes eficiências agrônomicas que demonstram a interação entre o sistema solo-planta, fornecendo os nutrientes de sua composição, exercendo influência no crescimento, desenvolvimento e produtividade dos vegetais (Kaminski; Peruzzo, 1997). Esses dados nos remete sugerir que essas espécies frutíferas possuem adaptações (aumento do sistema radicular e desenvolvimento de raízes laterais com abundantes pelos radiculares) que as diferenciam umas das outras na busca pelo nutriente que está absorvido no solo (Grant et al., 2001). O P é relativamente imóvel no solo e permanece próximo ao local em que foi colocado, isso gera um gradiente de concentração entre o solo e o P, onde ele passa de uma região com alta concentração para outra de baixa concentração pelo processo de difusão através das raízes (Ferri, 1985). Segundo Lima et al. (2011), para se ter mudas de qualidade o P é de vital importância para as plantas, pois melhora a absorção radicular de água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento de mudas vigorosas. No trabalho de Girardi et al., (2004), não foi observado diferença significativa quanto ao uso de fertilizante de liberação lenta no porta enxerto da laranjeira “Valência”.

**Tabela 7.** Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em diâmetro do caule (mm) entre três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural), no intervalo de 77 dias.

FONTES DE VARIAÇÃO			
Tratamentos	T1	T2	T3
F =	0,13	1,14	0,46
(p) =	0,87	0,33	0,63

A Anova 2 critérios para TCA do diâmetro do caule entre as espécies estudadas e entre os tratamentos com P, apresentaram efeitos significativos ( $p < 0,0001$ ). No entanto, a TCR do diâmetro do caule só apresentou diferenças entre as espécies frutíferas ( $p = 0,0006$ ) (Tabela 8). As frutíferas mostraram comportamento diferente que refletiu na maior eficiência quanto ao requerimento de fósforo para o crescimento de seus diâmetros caulinares na fase inicial de desenvolvimento. Foram observados por Souza (2012), usando solução nutritiva (N, P, Ca) completa em mudas de *Rollinia mucosa*, maior média de crescimento do diâmetro do caule, diferindo da solução com ausência desses nutrientes. Stahl, (2009) analisando plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* submetidas ao superfosfato triplo e K, observou influência do tratamento com aumento no diâmetro do caule e altura das plantas.

**Tabela 8.** Análise de Variância (Anova 2 critérios) com teste de Tukey, acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em diâmetro do caule (mm), de três espécies de plantas frutíferas jovens biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

FONTES DE VARIAÇÃO	TCA	TCR
Tratamentos	2	2
Blocos	11	11
$p$ (Tratamentos com P) =	<b>&lt; 0,0001</b>	0,07
$p$ (Espécies frutíferas) =	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,0006</b>

Quando aplicada a análise de variância (fatorial axb) para a TCA e TCR do diâmetro do caule, observou-se que houve diferença significativa na TCA apenas entre as espécies frutíferas ( $p = 0,04$ ), enquanto que para a TCR não houve diferença significativa entre esses fatores (Tabela 9). As frutíferas do estudo responderam de forma satisfatória as diferentes doses de P sob a forma de fosfato natural, obtendo resultados positivos quanto à taxa de

crescimento absoluto do diâmetro do caule ao longo do período observado. Stahl (2009) estudando *Eucalyptus edunnii* verificou crescimento do diâmetro do caule desta espécie aos 18 meses quando tratadas com P e K no solo.

Os dados não significativos sugerem que outros fatores ambientais tais como luz, temperatura e umidade poderiam ter produzido algum efeito sobre o crescimento do diâmetro do caule, indisponibilizando o fósforo para as plantas (Oliveira et al. (2013). Dados semelhantes foram encontrados em estudos de Oliveira et al. (2013), que não observaram influência do fosfato natural em relação ao crescimento do diâmetro do caule nos porta enxertos de goiabeira. Em mudas de cafeeiro, Marana et al., (2006), observou que os fertilizantes de liberação lenta (fosfato natural) não proporcionaram efeito significativo para esta variável.

**Tabela 9.** Análise de Variância (Fatorial axb, 3 espécies x 3 tratamentos) com teste de Tukey, acerca das médias da TCA (Taxa de Crescimento Absoluto) e TCR (Taxa de Crescimento Relativo) em diâmetro do caule (mm) entre três espécies frutíferas jovens: biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*) cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

	<b>TCA</b>	<b>TCR</b>
	<i>p</i>	<i>p</i>
<i>p</i> (Tratamentos com P)	0,17	0,16
<i>p</i> (Espécies frutíferas)	<b>0,04</b>	0,15
<i>p</i> (Interação: Tratamentos com P x Espécies)	0,06	0,13

Solos com uma boa e equilibrada taxa nutricional podem favorecer as plantas um bom desenvolvimento, crescimento e resistência aos ataques herbívoros, doenças, pragas, além das situações adversas do ambiente (Prochnow et al. 2010). Segundo Rodrigues et al. (1993) a taxa de crescimento relativo possui um rápido acúmulo de matéria seca no início, seguido de uma fase intermediária (constante), chegando ao final com grande redução devido a senescência das folhas.

### ***Área foliar, área foliar específica, massa seca foliar, massa seca da raiz e razão massa seca foliar e massa seca da raiz***

Os resultados da estatística descritiva para as variáveis AF, AFE, MSF, MSR e R: MSF/MSR do biribazeiro entre os tratamentos com fósforo (P) estão dispostos na Figura 7. No presente experimento o biribazeiro apresentou maior média de AF no T1 (20,01 cm<sup>2</sup>) e T3

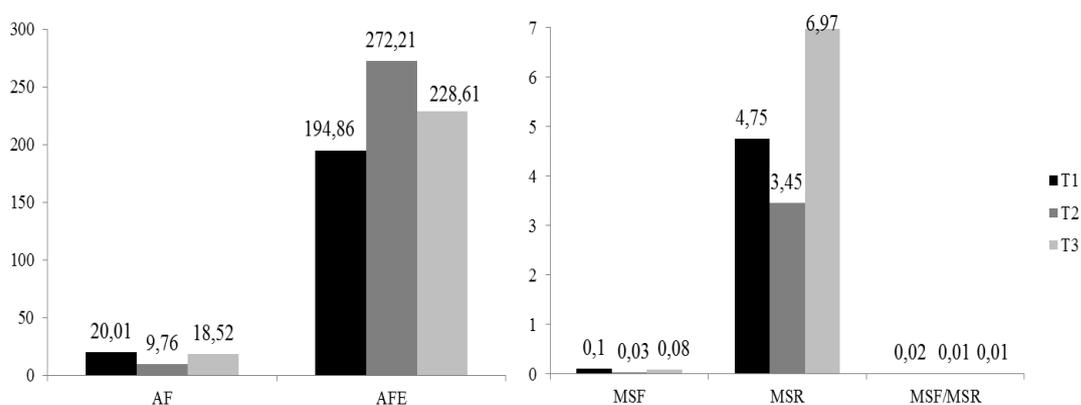
(18,52 cm<sup>2</sup>), e as maiores médias de MSF T1(0,1 g) e T3(0,08 g), comparado ao tratamento T2.

As condições impostas nos tratamentos T1 e T3 mostraram-se satisfatórias para a expansão e acúmulo de matéria seca foliar na espécie. A condição intermediária do T2 não supriu essa necessidade, por outro lado, satisfaz o investimento em AFE, pois foi o tratamento com maior média (272,21 cm<sup>2</sup>/g).

Dessa forma, a aplicação do P sob a forma de fosfato natural mostrou-se eficiente no aumento da massa seca por área da folha, haja vista, que o P é responsável pela atividade energética das plantas promovendo aumento na atividade metabólica resultando na maior AFE (Souza et al., 2011). As espécies vegetais se ajustam fisiologicamente quando estão em ambientes diferentes daqueles que estão adaptadas, dessa forma, a aquisição dos recursos deste local tornam-se mais eficazes (Melo; Cunha, 2008).

Os resultados encontrados na pesquisa de Santos et al. (2011), demonstraram que na dose de 90kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obtiveram as maiores AFE e os menores valores quando da ausência do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em plantas de *Ocimum gratissimum* L. (alfavaca).

A adequada fertilização influencia o aumento em área foliar das plantas e resulta em uma maior eficiência de crescimento (Bleninset et al. 2005). A área foliar específica determina o quanto foi investido em massa seca por área da folha e está correlacionada à capacidade fotossintética máxima (Benincasa, 2004). O aumento da área foliar específica pode ainda apontar um decréscimo no conteúdo da folha, que pode ser pela expansão do limbo ou pela migração de produtos nas folhas para dar suporte ao crescimento de outras partes da planta (Jauer et al. 2003).



**Figura 7.** Médias de Área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), Área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), Massa seca foliar - MSF (g), Massa seca da raiz - MSR (g) e Razão Massa seca foliar e radicular R: MSF/MSR (g/g) de *Rollinia mucosa* (Biribazeiro), cultivada sob três dose de fosfato natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

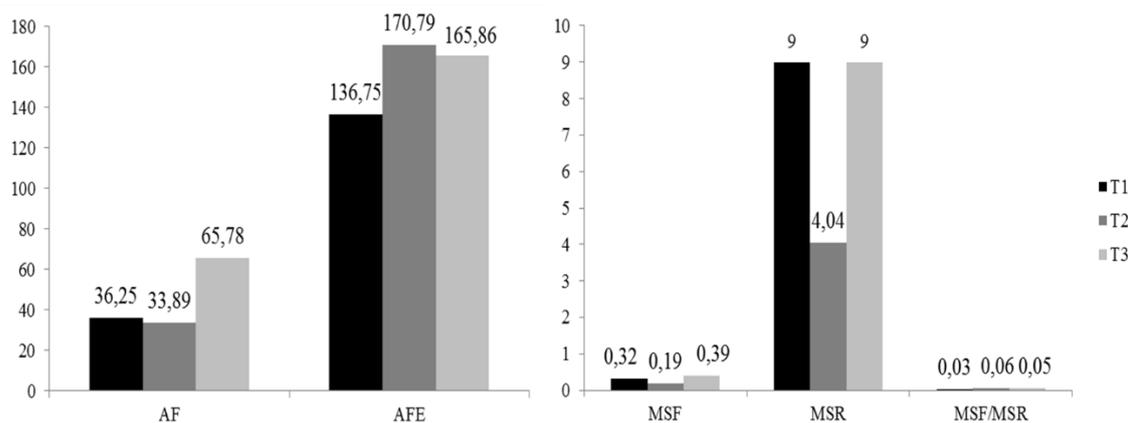
Analisando ainda a Figura 7, observa-se que o acúmulo de MSR foi maior no T3 (6,97 g), o maior acúmulo de matéria seca neste órgão, permite dizer que houve crescimento e conseqüentemente maior absorção de P necessário ao desenvolvimento da espécie analisada. Vieira Neto (2010), relata que a produção de massa seca está relacionada a uma boa nutrição fosfatada, contribuindo e melhorando o desenvolvimento radicular da planta. Este autor observou valores máximos de massa seca radicular na dose de  $1,94 \text{ g dm}^{-3}$  de fosfato natural para mangabeiras. A R: MSF/MSR não apresentou resultados significativos.

A produção de matéria seca da parte aérea e das raízes pode deduzir sobre o desempenho das plantas em relação a sua produtividade (Barbosa, 1991). Dessa forma, o fósforo tem grande importância na fase inicial das plantas, pois facilita no desenvolvimento radicular proporcionando o estabelecimento e crescimento no ambiente. Autores como Gonçalves et al. (2000) e Malavolta (2006), relatam que mais de 10% do P aplicado no solo as plantas não conseguem absorver e, isso deve-se à forma como esse elemento é fixado ou está relacionado com a adsorção no solo.

Na Figura 8 estão os resultados para a espécie o cupuaçuzeiro que apresentou as maiores médias de AF ( $65,78 \text{ cm}^2$ ) e de MSF (0,39 g) quando submetidas às maiores dosagens de fosfato natural do T3. As maiores médias de AFE foram encontradas no T2 ( $170 \text{ g/cm}^2$ ) e T3 ( $165 \text{ g/cm}^2$ ). Esses resultados demonstram que esta espécie é exigente em P, beneficiando-se com as doses impostas de fosfato natural para o crescimento foliar e produção de matéria seca. Lambers et al. (1998), afirma que o aumento da AFE geralmente reduz a espessura da folha. No trabalho de Tomaz et al. (2009), a dose de  $53 \text{ mg/dm}^{-3}$  de P propiciou um maior aumento da área foliar de mudas de pinhão manso. Bonfim-Silva et al. (2012), observou maior produção de massa seca foliar em *Crotalaria juncea* em altas doses de fosfato ( $407,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Na parte aérea das mudas de mangabeiras, Vieira Neto (2010) verificou aumento na massa seca na dose de  $1,86 \text{ g dm}^{-3}$  de fosfato natural.

A MSR nesta espécie obteve os maiores valores (9g) quando na ausência de fosfato natural (T1) e na dose de 1g (T3) respectivamente. Observa-se que valores intermediários não 0,5g (T2) demonstraram-se eficientes comparados às demais condições de tratamento. Os resultados das médias da R:MSF/MSR do cupuaçuzeiro não foram tão expressivos, assim, como foram para o biribazeiro. Segundo Almeida (2006), a planta quando bem nutrida em P, e com os outros nutrientes em níveis “ótimos” apresenta menor R:MSF/MSR. Mas esse resultado não está relacionado a diminuição do sistema radicular mais a um crescimento mais efetivo da parte aérea.

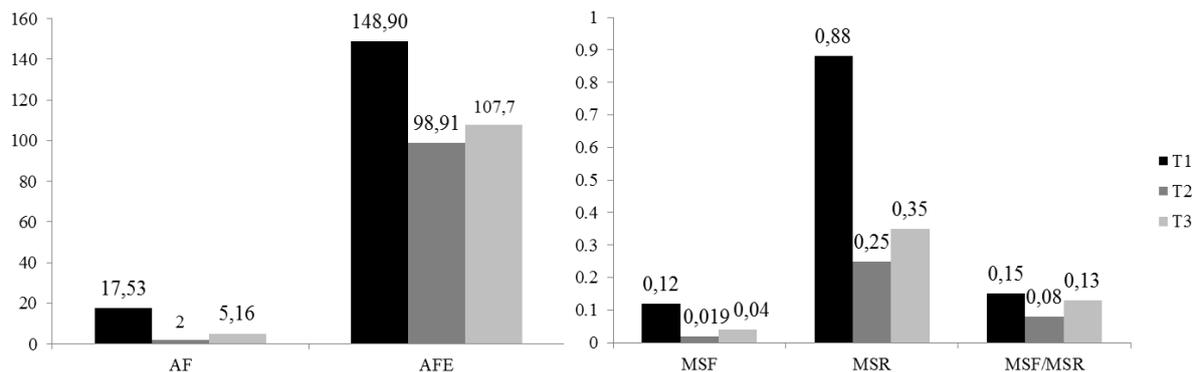
Neves et al. (2008), analisando a matéria seca da raiz de umbuzeiro, observaram que o P na concentração de  $176 \text{ mg dm}^{-3}$  é a dose necessária para a produção máxima ( $8,49 \text{ g/planta}$ ) dessa variável. Prates et al. (2010), encontraram valor máximo de massa de matéria seca da raiz do maracujazeiro ( $0,89 \text{ g}$ ) com a aplicação de  $5,67 \text{ kg/m}^{-3}$  de fósforo.



**Figura 8.** Médias de Área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), Área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), Massa seca da folha - MSF (g), Massa seca da raiz - MSR (g) e da Razão Massa seca foliar e radicular R:MSF/MSR (g) de *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçuzeiro), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

Os maiores valores de AF ( $17,53 \text{ cm}^2$ ), AFE ( $148,99 \text{ cm}^2/\text{g}$ ), MSF ( $0,12 \text{ g}$ ), MSR ( $0,88 \text{ g}$ ) e R: MSF/MSR ( $0,15 \text{ g/g}$ ) do muricizeiro foram encontradas no T1 comparados aos demais tratamentos (Figura 9). Este resultado sugere que esta espécie frutífera seja menos exigente em relação à concentração de fósforo necessária para seu desenvolvimento, podendo ser eficiente no uso de outros fatores ambientais, como por exemplo, assimilando mais  $\text{CO}_2$  que entra pelos estômatos através da fotossíntese para o acúmulo de biomassa, já que a fotossíntese tem relação com o crescimento e a produtividade das espécies cultivadas (Long et al. 2006).

O que observamos é que com o aumento das doses de fósforo, o muricizeiro aumentou sua superfície de absorção da raiz como estratégia para captar outros nutrientes para suprir suas necessidades. Essas modificações podem estar relacionada a necessidade em aumentar a busca por P ou outro nutriente para suprir as necessidades, e assim, manter o crescimento e desenvolvimento das plantas em níveis adequados (Silva; Delatorre, 2009). Esses dados corroboram com os de Paula et al. (2003), que observaram diminuição da relação raiz/ parte aérea aumentando as doses de P em *Eucalyptus grandis*.



**Figura 9.** Médias de Área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), Área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), Massa seca da folha - MSF (g), Massa seca da raiz - MSR (g) e da Razão massa seca foliar e radicular R:MSF/MSR (g/g) de *Byrsonima crassifolia* (Muricizeiro), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

Quando aplicada a análise de variância fatorial (a x b) para todas essas variáveis morfofisiológicas (AF, AFE, MSF, MSR, R: MSF/MSR), verificou-se que houve diferenças significativas. A AF e MSR apresentaram diferenças significativas para todos os fatores analisados, a AFE e R :MSF/MSR diferença entre as espécies frutíferas e entre a interação tratamentos com P e espécies, e a variável MSF apresentou diferença significativa entre tratamentos com P e entre as espécies frutíferas (Tabela 10).

**Tabela 10.** Análise de Variância (Fatorial axb, 3 espécies x3 tratamentos) com teste de Tukey da Área foliar - AF (cm<sup>2</sup>), Área foliar específica - AFE (cm<sup>2</sup>/g), Massa seca da folha - MSF (g), Massa seca da raiz - MSR (g) e Razão massa seca foliar e radicular R:MSF/MSR (g/g) entre três espécies de plantas frutíferas jovens biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural), no intervalo de 77 dias.

	AF	AFE	MSF	MSR	R:MSF/MSR
	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
<i>p</i> (Tratamentos com fósforo P)	<b>0,0005</b>	0,19	<b>0,01</b>	<b>0,006</b>	0,25
<i>p</i> (Espécies frutíferas)	<b>0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<i>p</i> (Interação: Tratamentos com P x Espécies)	<b>&lt;0,0003</b>	<b>0,001</b>	0,81	<b>0,001</b>	<b>0,02</b>

Ferreira (2000) relata que a interação significativa entre as variáveis estudadas indicam que os efeitos dos tratamentos são diferentes de um local para outro, então cada espécie responde de maneira particular quanto à necessidade de fósforo. A adubação associada ao aumento da área foliar proporciona maior aumento da aquisição de luz e conseqüentemente aumento na produção de biomassa dos vegetais (Klooster et al. 2012). Fernandes et al. (2003), analisando mudas de *Theobroma grandiflorum*, na dose de 300 mg/dm<sup>-3</sup> de fósforo observaram efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) na área foliar. Segundo Evans; Poorter (2001), a

máxima obtenção de carbono por unidade de massa foliar está no aumento da AFE, esse aumento pode reduzir a espessura da folha (Lambers et al. 1998).

Quanto a MSF, os resultados sugerem que a eficiência do fosfato natural aplicado como fonte de P leva em consideração as espécies de plantas utilizadas, as propriedades físicas e químicas do fosfato e do solo, o clima e a interação desses fatores (Franzini, 2006). O P é essencial para o desenvolvimento dos vegetais, pois favorece o desenvolvimento da parte aérea (Gonçalves et al. 2000). Esses resultados estão de acordo com o estudo de Silva (2011), que observou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos fosfatados na cultura da cunhã (*Clitoria ternatea*).

No tocante aos resultados da MSR, os resultados demonstram que o fosfato natural propiciou um bom incremento de matéria seca da raiz estimulando o seu desenvolvimento quando em quantidades adequadas, uma vez que plantas jovens absorvem mais rápido o fosfato do que plantas velhas (Gomes; Paiva, 2004; Knapik, 2005). Este fato pode ter propiciado um maior acúmulo de matéria seca radicular. Segundo Souza et al. (2003), o acúmulo de matéria seca da raiz é duas vezes maior que o acúmulo de matéria seca nas folhas. Este resultado corrobora com os encontrados por Dias et al. (2012), que analisando as doses e fontes de fósforo necessárias para a produção de capim-marandu, obtiveram aumento de, aproximadamente, 120 % na MSR com a aplicação de fósforo. Guedes et al. (2009), relatam que uma planta em condições ideais de nutrição, principalmente em relação ao suprimento de fósforo e cálcio, apresenta um maior desenvolvimento de raízes e, como consequência, terá uma maior produção de fotoassimilados.

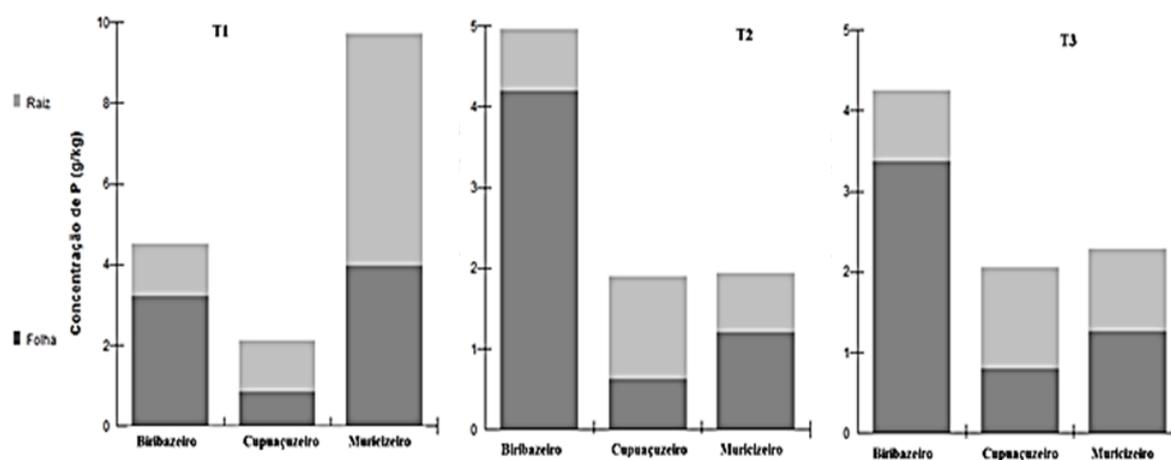
Os resultados da R:MSF/MSR sugerem que as frutíferas estudadas foram influenciadas pela adubação com fosfato natural, mostrando-se eficientes quanto à absorção nas diferentes doses impostas no experimento e, que o crescimento de uma planta é determinado pela produção de matéria seca de seus órgãos. Essa produção favorece um melhor entendimento sobre a nutrição mineral das plantas, devido à quantidade de nutrientes absorvidos e concentrados como matéria seca por unidade de área (Marschner, 1995; Pereira; Fontes, 2005).

### ***Concentração e Eficiência no uso do fósforo (P) nas folhas e raízes***

Na Figura 10 estão os resultados do particionamento da concentração de P para o muricizeiro, os quais apresentou as maiores concentrações de P em seus tecidos foliares (3,97g/kg) e radiculares (5,75g/kg) quando sem adição de fosfato do T1. Por outro lado, nos

tratamentos T2 e T3 o biribazeiro foi a espécie que apresentou as maiores concentrações de P (4,19g/kg; 3,37g/kg) nas folhas e o cupuaçuzeiro com os tratamentos concentraram mais P nas raízes (1,27g/kg; 1,25g/kg). Esses resultados demonstram que quando o P encontra-se limitado no solo, algumas espécies vegetais, como observado com o muricizeiro, investem no crescimento radicular para absorver uma maior quantidade do nutriente (Diem et al. 2000). No entanto, quando a planta está com o suprimento adequado deste nutriente, as raízes deixam de acumulá-lo translocando-o para outras regiões como observado para o biribazeiro em suas folhas (Fageria et al. 1995).

Esses resultados para o particionamento da concentração do P estão de acordo com os relatados por Malavolta (2006), onde os teores “ótimos” de P variam de 1,0 a 5g/kg e para Marschner (1995) que variam de 3 a 5g/kg na matéria seca.

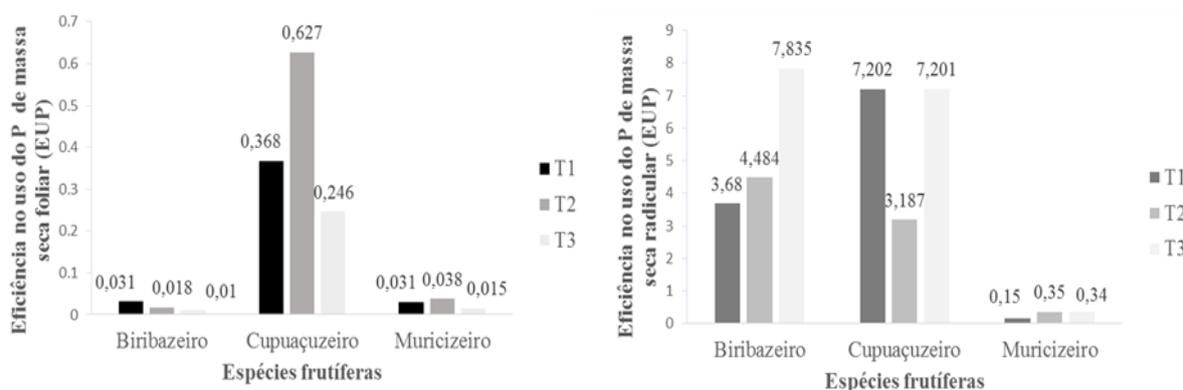


**Figura 10:** Particionamento da concentração de P (g/kg) em tecidos foliares e radiculares de plantas jovens de Biribazeiro (*Rollinia mucosa*), Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e Muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural).

Avaliar a concentração de nutrientes nos tecidos foliares é o indicativo para a diagnose de deficiências e excessos nutricionais, além de recomendações de adubação para as frutíferas (Smith, 1986). Por participar na síntese de proteínas e no balanço energético das plantas, o P torna-se importante devido a relação entre a fotossíntese e sua concentração no interior da folha (Raaimakers et al. 1995).

As maiores médias de EUP da massa seca foliar foram encontradas para o cupuaçuzeiro, no T2 (0,627 g/kg) suficiente para torna-lo eficiente comparado as demais espécies (Figura 11- A). Segundo Silva (2007), a eficiência de utilização diminui com o

aumento da disponibilidade do nutriente P. A capacidade em absorver e utilizar o P é diferente em cada tipo de planta, variando de acordo com a exigência de cada espécie e variedades da mesma espécie, além dos fatores ambientais como temperatura, radiação solar, pH e matéria orgânica do solo (Baligar; Fageria, 1997). Dessa forma, a eficiência no uso de nutrientes pode ser explicada de acordo com Blair (1993), como a habilidade da planta em adquirir nutrientes do meio e incorpora-lo para utiliza-lo na produção de biomassa aérea e radicular.



**Figura 11:** Médias acerca da Eficiência no uso do fósforo (EUP) em massa seca foliar e massa seca radicular de plantas jovens de Biribazeiro (*Rollinia mucosa*), Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), Muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1 (sem adição de fosfato natural), T2 (0,5g/vaso de fosfato natural) e T3 (1g/vaso de fosfato natural).

Por outro lado, a EUP de massa seca radicular, do biribazeiro (T3- 7,835 g/kg) e do cupuaçuzeiro (T1- 7,202 g/kg; T3- 7,201 g/kg) revelaram-se mais eficientes à medida em que se aumentou a dose de fosfato natural, esses resultados podem ser observados na Figura 11 - B. Essa eficiência também pode ser atribuída ao cálcio, que faz parte da composição do fosfato natural, melhorando as condições químicas do substrato (Malavolta, 2006) e, mantendo a integridade estrutural das membranas e paredes celulares (Marschner, 1995). O muricizeiro não apresentou EUP pelas raízes sugerindo que por ser uma espécie clímax adaptada a solos com baixa fertilidade (Naves et al. 1995), possui baixo requerimento de P, apresentando crescimento lento e baixa resposta ao fornecimento deste nutrientes (Lambers; Poorter, 1992).

Devido o cupuaçuzeiro ter sido a única espécie que apresentou as maiores médias de EUP em massa seca foliar, foi aplicada Análise de Variância 1 critério e observou-se que houve diferença significativas entre os tratamentos com P nesta espécie ( $p=0.03$ ) (Tabela 11).

O P se diferencia em diversas formas no interior da planta dependendo de sua função, desta maneira o conhecimento da EUP poderá contribuir para melhor compreensão das

respostas das plantas estudadas quanto à disponibilidade do nutriente P (Zambrosi, 2010). Os resultados revelaram que a dose 0,5g/vaso de fosfato natural (T2) favoreceu a maior capacidade de aquisição de P pelas folhas do cupuaçuzeiro com maiores médias (0,627g/kg) quanto a EUP, dessa forma, sugere-se que a espécie possui melhor aproveitamento para obter o P do substrato, obtendo maior ganho de matéria seca, enquanto que o mesmo não ocorreu na maior dosagem (T3- 1g/vaso). Plantas que absorvem em níveis moderados de P, são consideradas mais eficientes no uso do P (Matias, 2006). Dessa forma, a EUP é mais expressiva em condições de baixa disponibilidade de P, por fazer com que as plantas se adaptem ao estresse relacionado ao déficit de P imposto (Zambrosi, 2010).

**Tabela 11:** Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da Eficiência no uso do P (EUP) em matéria seca foliar de frutífera jovem de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), cultivado sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural).

FONTES DE VARIAÇÃO

	<b>Cupuaçuzeiro</b>	
<b>(p)</b>	<b>0,03</b>	
Média (T1)	0,368	
Média (T2)	<b>0,627</b>	
Média (T3)	0,246	
Tukey:	Diferença	(p)
Médias (T1 a T2)	0.25	Ns
Médias (T1 a T3)	0.12	Ns
Médias (T2 a T3)	0.38	< 0.05

Quando aplicada a Análise de Variância 1 critério para a EUP na matéria seca radicular o biribazeiro e cupuaçuzeiro foram as espécies que apresentam as maiores médias para a variável analisada, os resultados revelaram que houve diferença significativa entre os tratamentos com P para as duas espécies ( $p=0,01$ ;  $p=0,04$ ), respectivamente (Tabela 12). Estas espécies demonstraram-se eficientes no uso do P, o biribazeiro quando submetido a maior dose deste nutriente no T3, e o cupuaçuzeiro no T1 e T3, sugerindo que essas espécies possuem um sistema radicular bastante eficiente com maior eficiência de absorção e utilização do nutriente em questão (Fageria, 1998).

**Tabela 12:** Análise de Variância (Anova 1 critério) acerca das médias da Eficiência no uso do P (EUP) em matéria seca radicular de frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), cultivadas sob três doses de fosfato natural: T1(sem adição de Fosfato Natural), T2 (0,5g/ vaso de Fosfato Natural) e T3 (1g/ vaso de Fosfato Natural).

FONTES DE VARIAÇÃO						
	Biribazeiro			Cupuaçuzeiro		
(p)	<b>0,01</b>			<b>0,04</b>		
Média (T1)	3,680			<b>7,202</b>		
Média (T2)	4,484			3,187		
Média (T3)	<b>7,835</b>			<b>7,201</b>		
Tukey:	Diferença	(p)	Tukey:	Diferença	(p)	
Média (T1 a T2)	0.80	Ns	Média (T1 a T2)	4.01	ns	
Média (T1 a T3)	4.15	< 0.05	Média (T1 a T3)	0.008	ns	
Média (T2 a T3)	3.35	< 0.05	Média (T2 a T3)	4.01	ns	

De acordo com Rajan et al., (1996), os fosfatos naturais são considerados boas fontes para o cultivo de plantas perenes, pois a medida que se passa o tempo, o fósforo é liberado gradativamente, e desta forma, diminui a fixação por óxidos de ferro e alumínio e, conseqüentemente, diminui os custos para o produtor (Prochnow et al., 2006). E para se obter aumento na eficiência de uso de nutriente pelas plantas, faz-se necessário práticas de manejo adequadas, tanto para o solo quanto para a planta, com preparo adequado para cada tipo de solo e uso adequado de adubação (Fageria, 1998).

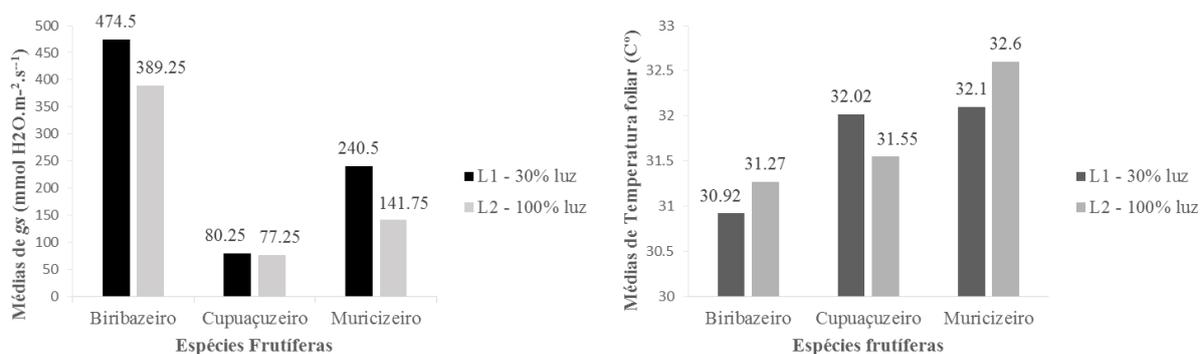
### ***Condutância Estomática x Temperatura foliar***

Quando analisada a condutância estomática e a temperatura foliar das espécies vegetais sob dois tratamentos de luminosidades (Figura 11- A, B respectivamente), os resultados da Estatística descritiva demonstraram que as maiores médias de  $g_s$  foram encontradas no L1 sob 30% de luz, para ambas as espécies, biribazeiro ( $474,5 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}^{-1}$ ) muricizeiro ( $240,5 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}^{-1}$ ) e cupuaçuzeiro ( $80,25 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}^{-1}$ ), comparado ao L2 - 100% de luz. Esses resultados indicam que essas espécies possuem estratégias adaptativas às variações nas irradiâncias, ao reduzirem suas taxas de  $g_s$  nos horários mais quentes do dia, dessa forma, evita a perda excessiva de água e mantém o potencial hídrico foliar (Taiz; Zeiger, 2004).

O estresse causado pela alta luminosidade pode limitar a  $g_s$  e acarretar danos fisiológicos às plantas, mesmo sob um estresse por curto período de tempo, como o aumento da temperatura da folha e destruição das células foliares que conseqüentemente, prejudicará a fotossíntese (Oliveira et al., 2014). No entanto, isso não foi observado, pois mesmo reduzindo

a  $g_s$  sob alta luminosidade, a temperatura foliar dessas espécies foi praticamente constante entre os dois tratamentos, variando de 30,9°C a 32,6 °C (Figura 11-B).

A intensidade luminosa a qual as plantas são submetidas pode influenciar o mecanismo de abertura e fechamento estomático, controlando a absorção de CO<sub>2</sub> para a realização da fotossíntese e o processo de transpiração, que influencia o crescimento e a produtividade vegetal (Costa; Marengo, 2007). Lameira (2010) verificou redução nas taxas  $g_s$  e Tf em uma espécie de gravioleira (*Annona muricata* L.) e conseqüentemente redução nos processos fotossintéticos e transpiratórios à medida que impunha estresse luminoso (80% de sombra) e hídrico (sem água). Em estudos com laranja Valência, Machado et al. (2002), observaram maior condutância estomática pela parte da manhã (9:00-11:00hs) comparado aos horários mais quentes do dia (12:00 as 14:00 hs).



**Figura 11:** Médias acerca da condutância estomática -  $g_s$  ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ) e temperatura foliar - Tf (°C) de três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), submetidas a dois tratamentos de luminosidade (L1-30% e L2-100% de luz).

A Análise de Variância 2 critérios acerca da  $g_s$  e Tf de ambas as espécies submetidas a dois tratamentos de luminosidade, revelou que houve diferença significativa apenas na taxa de  $g_s$  entre as espécies frutíferas ( $p=0,01$ ) e não entre os tratamentos (Tabela 13). Sugere-se que as variações na  $g_s$  ocorram em função da fisiologia de cada espécie estudada e de suas estratégias adaptativas para aproveitarem a maior ou menor intensidade luminosa sem interferir na sua temperatura foliar, já que não houve diferenças significativas entre as espécies e entre os tratamentos para essa variável e, dessa forma, não comprometendo suas atividades metabólicas. Os resultados também sugerem que as espécies se aclimatam a condições adversas do ambiente como altas intensidades luminosas, adquirindo mecanismos que dissipam parte da energia absorvida em excesso, e isso faz com que tenham um bom crescimento e desenvolvimento (Rodríguez-Calcerrada et al., 2008; Oguchi et al., 2008).

Silvestrini et al., 2007 afirmam que as condições de baixa irradiância em certas espécies permitem que elas continuem realizando os processos fisiológicos dependentes da luz, como a fotossíntese, devido modificações morfofisiológicas que possibilitam o uso eficiente da luz sendo, portanto, tolerantes ao sombreamento.

Esses dados corroboram com os de Braga (2011), que observou diferença significativa ( $p= 0,05$ ) na  $g_s$  entre nove espécies frutíferas estudadas, dentre elas o murici (*Brysonima crassifolia*), e o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). Freitas et al., (2003), também verificaram diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre as cultivar de café Icatu, Catuaí e Acaiá na  $g_s$  a 70% de sombreamento. Silva (2004), observou que a temperatura foliar e a condutância estomática do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) não variaram nos diferentes níveis de radiação (0%, 30%, 50%, 70%).

Outros estudos também demonstram que as espécies vegetais se comportam frente aos estresses provocados de maneira particular como, os estudos envolvendo plantas de soja apresentaram as maiores condutâncias em ambiente com 20% de luz incidente (Fioreze et al., 2013). Morais et al., (2003), observaram em cafeeiros (*Coffea arabica*) a pleno sol, elevadas temperaturas foliares (35°C). Flori (2012), estudando plantas de pinheira cultivadas a pleno sol apresentaram altas condutâncias estomáticas ( $190 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e altas temperaturas foliares (36,6 °C). Plantas jovens de *Aniba rosaeodora* (pau rosa) submetidas a diferentes intensidades luminosas reduziram sua  $g_s$  e conseqüentemente suas taxas transpiratórias (Gonçalves et al., 2005).

**Tabela 13:** Análise de Variância (Anova 2 critérios) acerca da condutância estomática -  $g_s$  ( $\text{mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}^{-1}$ ) e temperatura foliar - Tf (°C) de três espécies frutíferas jovens, biribazeiro (*Rollinia mucosa*), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e muricizeiro (*Byrsonima crassifolia*), submetidas a dois tratamentos de luminosidade (L1-30% e L2-100% de luz).

FONTES DE VARIAÇÃO	$g_s$	Tf
Tratamentos	1	1
Blocos	2	2
$p$ (Tratamentos de luminosidade)	0,17	0,71
$p$ (Espécies frutíferas)	<b>0,01</b>	0,15

## CONCLUSÕES

As taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro não apresentaram um único padrão de crescimento para as espécies sob diferentes doses de fosfato natural.

A utilização da adubação fosfatada no tratamento com 1g/vaso de fosfato natural proporcionou incremento na altura (61,51 cm) e no diâmetro do caule (10,19mm) do biribazeiro. As demais variáveis morfofisiológicas responderam ao tratamentos com P na dose de 0,5 e 1g/vaso fosfato natural.

Para as variáveis de crescimento do cupuaçuzeiro o tratamento com 1g/vaso de fosfato natural incrementaram os valores da altura e diâmetro do caule (50,90cm; 10,52mm). As demais variáveis morfofisiológicas responderam ao tratamentos com P nas doses de 0,5 e 1g/vaso fosfato natural.

O muricizeiro não respondeu à adubação fosfatada utilizada, durante o período de avaliação, apresentando os maiores valores para todas as variáveis estudadas no tratamento T1 (sem adição de fosfato natural).

A concentração de P foi mais expressiva com os tratamento fosfatados nas folhas do biribazeiro (T2-4,19g/kg, T3-3,37g/kg), para o cupuaçuzeiro as maiores concentrações foram encontradas nas raízes (T2-1,27g/kg, T3-1,25g/kg).

O cupuaçuzeiro foi mais eficiente no uso do fósforo no T2 (0,5g/vaso fosfato natural) nas folhas (0,627) e raízes (7,202; 7,201) no T1 (sem adição de fosfato natural) e T3 (1g/vaso fosfato natural), e o biribazeiro foi mais eficiente no T3 (1g/vaso fosfato natural) nas raízes (7,835).

As espécies frutíferas reduziram a gs a 100% de luz e a temperatura foliar foi praticamente constante entre os dois tratamentos de luminosidade variando de 30,9°C a 32,6 °C.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Laboratório de Estudos de Ecossistemas Amazônicos (LEEA) e a UFOPA pelo suporte logístico, aos colegas de laboratório pelo apoio em campo e a CAPES pelo auxílio financeiro concedido.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

ABREU, N. A. A. de; MENDONÇA, V.; FERREIRA, B. G.; TEIXEIRA, G. A.; SOUZA, H. A. de; RAMOS, J. D. Crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) em substratos com utilização de superfosfato simples. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 6, p. 1117-1124, 2005.

ABREU, V. P, de; MARTINS, G. S. L.; CUNHA, A. C. M. C. M. da; CAMPOS, A. N. R. Inoculação com esporos de *Pisolithus microcarpus* e adição de fosfato natural em mudas de *Eucalyptus grandis*. Vértices, v. 14, p. 27-36, 2012.

BALIGAR, V. C., FAGERIA, N. K. Nutrient use efficiency in acid soils: nutrient management and plant use efficiency. In: Moniz, A. C.; Furlani, A. M. C.; Schaffert, R. E.; Fageria, C. A., Cantarella, H. Plant-Soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. (eds.). Vicosa: Brazilian Soil Science Society, p. 75-95, 1997.

BARBOSA, D.C.A. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (Leguminosae – Mimosoideae), Phytos, v. 52, n. 1, p. 51-62, 1991.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de. Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e Desvantagens para a produção de Biodiesel, Embrapa Algodão. Documentos 201, 2008.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal-SP, FUNEP, 2004.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). FUNEP, Jaboticabal, 2003.

BONFIM-SILVA, E.M.; GUIMARÃES, S. L.; SILVA, J. R.; NEVES, L. C. R. das; SILVA, T. J. A. da. Desenvolvimento e produção da *Crotalária* adubada com fosfato natural reativo em latossolo do cerrado. Enciclopedia Biosfera, v. 8, nº 14, p. 347, 2012.

BRAGA, Jacqueline. Etnobotânica e ecofisiologia de vegetações em cenários indígenas na região do Tapajós como indicadores de estudos de interação biosfera-atmosfera na Amazônia. 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) – Universidade Federal do Oeste do Pará - Pará.

CAVICHIOLO, J. C. S; CORRÊA, L. S.; GARCIA, M. J. M.; FISCHE, I. H. Desenvolvimento, produtividade e sobrevivência de maracujazeiro amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. 2, p. 567-574, 2011a.

CORRÊA, F. L. de O; SOUZA, C. A. S.; CARVALHO, J. G. de; MENDONÇA, V. Fósforo e zinco no desenvolvimento de mudas de aceroleiras. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 24, n. 3, p. 793-796, 2002.

COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. Pesq. Agropec. Bras., v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.

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

DIEM, H. G.; DUHOUX, E.; ZAID, H.; ARAHOU, M. Cluster roots in Casuarinaceae: role and relation ship to soil nutriente factors. Ann Bot 85, p. 929-936, 2000.

EVANS, J.R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. Plant, Cell and Environment, v.24, p.755-767, 2001.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.2, p.6-16, 1998.

FAGERIA, N.K; ZIMMERMANN, F.J.P; BALIGAR, V.C. Lime and phosphorus interaction on growth and nutrient uptake by upland rice, wheat, common bean and corn in on oxisol. Journal of Plant Nutrition, v.18, p.2519- 2532, 1995.

FALCÃO, N.P.S.; SILVA, J.R.A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. Acta Amazonica, 34(3): 337-342, 2004.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; MELO, P. C. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.), v.9, n. 2, p. 221-230, 2003.

FERREIRA, P.V. Estatística experimental aplicada à agronomia. Maceió: EDUFAL, 2000.

FERRI, M. G. Fisiologia Vegetal, São Paulo: EPU, 1985.

FEY, R.; ZOZ, T.; STEINER, F.; CASTAGNARA, D. D.; FERREIRA, G. Crescimento inicial de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses crescentes de fosfato simples. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, nº 3, pp. 347-353, 2010.

FIGUEIREDO, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P.C.; SILVA, A. A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. Pesq. agropec. bras., v.48, n.11, p.1432-1439, 2013.

FLORI, J.E.; CHAVES, A. R. M.; AIDAR, S. T.; MOURA, M. S. Avaliações ecofisiológicas da pinheira (*Annona squamosa* L.) cultivada sob malha termo-refletora e a pleno sol. In: XXII Congresso de Fruticultura. Bento Gonçalves-RS, 2012.

FRANZINI, V. I. Efeito do superfosfato triplo (32P) na adsorção do fósforo do fosfato natural pelas plantas de milho e soja. 2006. Dissertação Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP. Piracicaba.

FRAZÃO, D. A. C.; VIÉGAS, I. J. M.; OLIVEIRA, R. F.; VELOSO, C. A. C. Crescimento de plantas de açazeiro em função da aplicação de fertilizantes nas condições edafoclimáticas de Inhangapi-Pará. In: XX Congresso Brasileiro de Fruticultura- 54th Annual Meetingg of the Interamerican Society for Tropical Horticultura, 2008.

FREIBERGER, M. B. Crescimento inicial e nutrição do pinhão-manso em função da adubação NPK. 2012. Dissertação Mestrado - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Câmpus de Botucatu.

FREITAS, R. B.; OLIVEIRA, L. E. M.; FILHO, N. D.; SOARES, A. M. Influencia de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arábica* L.). Ciênc. Agrotec., v.27, nº4, p.804-810, 2003.

GIRARDI, E. A., et al. Crescimento inicial de laranjeira “Valência” sobre dois porta enxertos Em função da adubação nitrogenada no plantio. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 26, p. 26, 2004.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. Viveiros florestais: propagação sexuada. Viçosa: Editora da UFV, 2004.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELI, E. G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (Eds.). Nutrição e fertilização florestal, IPEF, P.309-350, Piracicaba, 2000.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Potafos - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Informações Agrônomicas, 95: 1-5, 2001.

GUEDES, E. M. S. et al. Fosfato natural de arad e calagem e o crescimento da Brachiária brizantha em Latossolo amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. Revista de Ciências Agrárias, p. 117-129, 2009.

JAUER, A, DUTRA, L. M. C, ZABOT, L., LUCCA FILHO, A O., LOSEKANN, M. E., UHRY, D., STEFANELO, D., FARIAS, J.R., LUDWIG, M.P. Análise de crescimento da cultivar de feijão Pérola em quatro densidades de semeadura. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia de Uruguaiana, 10:101-113, 2003.

KAMINSKI, João; PERUZZO, Geraldino. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivos. Núcleo Regional Sul da Soc. Brás.de Ciência do Solo - Boletim Técnico, 31pág, 1997.

KLOOSTER, W.S.; CREGG, B.M.; FERNANDEZ, R.T.; NZOKOU, P. Growth and physiology of deciduous shade trees in response to controlled-release fertilizer. Scientia Horticulturae, Amstersdam, v. 135, p. 71-79, 2012.

KNAPIK, J.G. Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2005.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. Plant physiological ecology, 540 p., 1998.

LAMBERS, H.; POOTERS, H. Inherent variations in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. Advances in Ecological Research, v. 23, p. 188-261, 1992.

- LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L.S.; GHEYI, H.R.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H.C. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 950-956, 2011.
- LONG, S. P.; ZHU, X.; NAIDU, S. L.; ORT, D. R. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell and Environment*, v. 29, p. 315-330, 2006.
- LOPES, A. S. Manual de fertilidade do solo. Piracicaba: Fundação Cargill, 1998.
- MACEDO, S. T., TEIXEIRA, P. C. Calagem e adubação fosfatada para a formação de mudas de araçá-boi. *ACTA Amazônica*, p. 405-412, 2012.
- MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. M. A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranja Valência. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.53-58, 2002.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, 2006.
- MALAVOLTA, E.; G.C. VITTI; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. Potafos. Piracicaba, 1997.
- MARANA, P. J.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P.; KAINUMA, R. H.; Índice de qualidade de crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. *Revista Ciência Rural*, v.38, 2006.
- MARQUES, J.D.O.; TEIXEIRA, W.G.; REIS, A.M.; CRUZ JUNIOR, O.F.; BATISTA, S.M.; AFONSO, M.A.C.B. Atributos químicos, físico-hídricos e mineralogia da fração argila em solos do Baixo Amazonas: Serra de Parintins. *Acta Amazonica*, 40(1):1-12, 2010.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2th. London: Academic Press, 1995.
- MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v.5, n.2, p.313-317, 2001.
- MATIAS, G.C.S. Eficiência nutricional de fontes de fósforo com solubilidade variável em água em cultivares de arroz (*Oryza sativa L.*). 2006. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. Adubos corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira: indicações de uso. EMBRAPA, 2006.
- MELO, R. R. de; CUNHA, M. do C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. *Ambiência*, v.4, n.1, p.67-77, 2008.
- MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesq. agropec. bras.*, v. 38, p. 1131-1137, 2003.

MOTA, J.H.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; OLIVEIRA, R. J.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S. A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Production of crisphead lettuce using doses and sources of phosphorus. *Horticultura Brasileira*, v. 21, p. 620-622, 2003.

NAVES, R. V.; ALMEIDA NETO, J. X. de A.; ROCHA, M. R. da; BORGES, J. D.; CARVALHO, G. C.; CHAVES, I. J. Determinação de características físicas em frutos e teor de nutrientes, em folhas e no solo, de três espécies frutíferas de ocorrência natural nos Cerrados de Goiás. *Anais da Escola de Agronomia e Veterinária*, v. 2, n. 25, p. 107-114, 1995.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; OLIVEIRA, E. V.; NEVES, B. F. Crescimento, nutrição e nível crítico foliar de P em mudas de umbuzeiro, em função da adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, p. 801-805, 2008.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999.

OGUCHI, R.; HIKOSAKA, K.; HIURA, T.; HIROSE, T. Costs and benefits of photosynthetic light acclimation by tree seedlings in response to gap formation. *Oecologia*, v.155, p.665–675, 2008.

OLIVEIRA, F. T. de; MENDONÇA V.; HAFLE, O.M.; MOREIRA, J.N.; MARACAJÁ, P.B., AUGUSTO, J.; LOPES, J.D.A. Fontes orgânicas e doses de fosfato natural na produção de porta-enxertos de goiabeira – ACSA- *Revista Agropecuaria Científica no Semiárido* – v.9, p.36-42, 2013.

PANDEY, V.; JAMBUKIA, T.K.; PATEL, A.T.; SHARMA, A.N. Phenology growth and yield of sesamum (*Sesamum indicum* L.) in relation to rainfall and temperature. *Annals of Arid Zone*, v. 29, p. 43-46, 1990.

PAULA, R. C.; de PAULA, N. F.; VALERI, S. V.; da CRUZ, M. C. P.; TOLFO, A. L. T. Controle genético da eficiência de utilização de fósforo em famílias meios irmãos de *Eucalyptus grandis*, em casa de vegetação. *R. Árvore*, v.27, p.25-34, 2003.

PAULETTI, V. et al. Yield response to fertilization strategies in no-tillage soybean, corn and common bean crops. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 53, n. 3, p. 563-574, 2010.

PEREIRA, P.R.G.; FONTES, P.C.R. Nutrição Mineral de Hortaliças. In: Fontes, P.C.R (ed). *Olericultura: teoria e prática*, Viçosa, 2005.

PRATES, F. B. S.; VELOSO, H. S.; SAMPAIO, R. A.; ZUBA JUNIOR, G. R.; LOPES, P. S. N.; FERNANDES, L. A.; MAIO, M. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo em resposta à adubação com superfosfato simples e pó de rocha. *Rev. Ceres*, v. 57, p. 239-246, 2010.

PROCHNOW, L. I., CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes. IPNI – Piracicaba- SP, v.3, p. 05–155, 2010.

PROCHNOW, L. I., FRANCISCO, J. F. B.; BRAGA, E. A. G. Effectiveness of phosphate fertilizers of different water solubilities in relation to soil phosphorus adsorption. *Scientia Agricola*, v. 63, p. 333-340, 2006.

RAAIMAKERS, D. et al. Photosynthetic rates in relation to leaf phosphorus content in pioneer versus climax tropical rainforest trees. *Oecologia*, v.102, n.1, p.120-125, 1995.

RAJAN, S. S. S.; WATKINSON, J. H.; SINCLAIR, A. G. Phosphate rocks for direct application to soils. *Advances in Agronomy*, v. 57, p. 77-159, 1996.

RODRIGUES, J. D. et al. Influence of different calcium levels in estiró plants (Aubl.) Sw. CV. COOK), evaluated through some physiological parameters. v. 50, p. 45-57, 1993.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L.; CARDOSO JUNIOR, E. Q. Caracterização e classificação dos solos da área do planalto de Belterra, município de Santarém, PA. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 115, 2001.

SANT'ANA, E. P.; SANT'ANA, E. V. P.; FAGERIA, N. K., FREIRE, A. B. Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea da planta de arroz. *Ciênc. agrotec.*, p. 370-381, 2003.

SANTOS, G. P. dos; NETO, A. J. de LIMA; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; SOUTO, A. G. de LUNA. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo, sob diferentes fontes e doses de fósforo em cobertura. *Biosci. J.*, p. 525-533, 2014.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, v. 4, p. 289-302, 1981.

SILVA, J. O. da. Eficiência de utilização de fósforo no cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.). 2007. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

SILVA, R. M. da. Adubação fosfatada na cultura da cunhã. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. *Revista de Ciência Agroveterinárias*, v. 08, p.152-163, 2009.

SILVESTRINI, M.; VÁLIO, I.F.M.; MATTOS, E.A. Photosynthesis and carbon gain under contrasting light levels in seedlings of a pioneer and a climax tree from a Brazilian Semideciduous Tropical Forest. *Revista Brasileira de Botânica*, v.30, p.463-474, 2007.

SMITH, F.W. Interpretation of plant analysis concepts and principles. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. *Plant analysis, an interpretation manual*, p. 1-12, 1986.

SOUSA, H. U.; SILVA, C. R. R.; CARVALHO, J. G.; MENEGUCCI, J. L. P. Nutrição de mudas de bananeira em função de substratos e doses de superfosfato simples. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 24 p. 64-73, 2000.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; SOUZA, J. L. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência Florestal*, v. 16, p. 243-249, 2006.

SOUZA, C. A. S.; CORRÊA, F. L.O.; MENDONÇA, V. CARVALHO, J. G. Crescimento de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) em substrato com superfosfato simples e vermicomposto. *Rev. Bras. Frutic.*, v. 25, p. 453-456, 2003.

SOUZA, H. A.; GURGEL, R. L. S.; TEIXEIRA, G. A.; CAVALLARI, L. L.; RODRIGUES, H. C. A.; MENDONÇA, V. Adubação nitrogenada e fosfatada no desenvolvimento de mudas de uvaia. *BioscienceJournal*, p. 99-103, 2009.

SOUZA, M. F.; MARTINS, M. Q.; SILVA, M. F. O.; COELHO, R. I. Omissão de macronutrientes em mudas de biribazeiro (*Rollinia mucosa* [Jacq.] Baill) cultivadas em solução nutritiva. *Agronomía Colombiana*, p. 41-45, 2012.

SOUZA, G. S. de; SILVA, J. dos. S.; SANTOS, A. R. dos; GOMES, D. G.; OLIVEIRA, U. C. de. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em alfavaca cultivadas sob malhas coloridas e adubação fosfatada. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, vol.7, 2011.

SCHONINER, E. L.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado Semina: *Ciências Agrárias*, v. 34, p. 95-106, 2013.

STAHL, James. Resposta inicial de *Eucalyptus* spp. à adubação fosfatada e potássica no Planalto Sul Catarinense. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC, 2009.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.

TEIXEIRA, P. C., MACEDO, S. T. Calagem e fósforo para a produção de mudas de biribazeiro. *Revista de Ciências Agrárias*, v.54, p.259-266, 2011.

TEIXEIRA, P. E.G.; FERNANDES, A. R.; GALVÃO, J. R.; SILVA, V. F. A.; MELO, N. C. Fosfato de Arad, NPK e calagem na cultura do milho em área de pastagem degradada. *Revista Caatinga*, v. 27, p. 124 – 131, 2014.

TOMAZ, M. A. et al. Desenvolvimento de pinhão-mansão em um latossolo corrigido com calcário e óxido de magnésio e submetido a diferentes doses de fósforo. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM PINHÃO-MANSO 2009*, Brasília.

VANIN, J.P.; NETO, J. E. B.; CURI, P. N.; MOURA, P. H. A.; MENDONÇA, V. Superfosfato simples e cloreto de potássio na formação do porta-enxerto de marmeleiro ‘japonês’. *Revista Verde*, v.6, n.5, p. 235 – 241, 2011.

VELOSO, C. A. C.; SILVA, A. R.; SALES, A. Manejo da adubação NPK na formação do açazeiro em latossolo amarelo do Nordeste paraense. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, v.11, p. 2175, 2015.

VIEIRA NETO, R. D. Resposta de mudas de mangabeira a fontes e doses de fósforo em solo de baixada litorânea. 2010. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

VIEIRA, M. C.; PEREZ, V. B.; HEREDIA, ZÁRATE N. A.; SANTOS, M. C.; PELLOSO, I. A. O.; PESSOA, S. M. Nitrogênio e fósforo no desenvolvimento inicial da guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg] cultivada em vasos. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v.13, p.542-549, 2011.

WEBER, O. B., et al. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. Pesq. agropec. bras., v.39, p.477-483, 2004.

ZAMBROSI, F. C. B. Absorção, eficiência de uso e partição de fósforo em plantas cítricas. 2010. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia.

## SÍNTESE INTEGRADORA

A fruticultura brasileira vem ao longo dos anos se destacando cada vez mais com um mercado favorável que tem revelado um crescimento na demanda por frutas no mercado interno e externo. A preocupação com a saúde das populações indica que tanto o consumo mundial quanto o brasileiro continuarão crescendo. Isto faz com que ocorra investimento em tecnologias que ampliem a produtividade e qualidade dos serviços e produtos, em especial na produção de frutas. Hoje as frutas da Amazônia também tem seu espaço garantido na mesa das famílias brasileiras por apresentarem sabor e aroma exóticos que atraem os mais requintados paladares. Para que este fato só aumente são necessárias pesquisas no desenvolvimento das espécies em solos que são considerados pobres em nutrientes ou inadequados, para que se possam levar informações técnicas aos produtores. Novas pesquisas quanto à análise de crescimento em virtude do uso de fertilizantes e análises fisiológicas em espécies frutíferas na Amazônia como o biribazeiro, cupuaçuzeiro e o muricizeiro são fundamentais, principalmente, em meio às frequentes oscilações ambientais que podem influenciar na sobrevivência de tais espécies. As principais contribuições acerca do referido estudo revelaram que as espécies frutíferas biribazeiro, cupuaçuzeiro responderam bem ao uso do fosfato natural como fonte de P, e o muricizeiro desenvolveu-se melhor nas condições em que não era ofertado o P, além do fosfato ser economicamente mais viável ao produtor, tendo maior disponibilidade de permanência residual e assim, proporcionando condições de cultivo para essas espécies. As frutíferas do estudo apresentaram plasticidade fisiológica no processo de condutância estomática e temperatura foliar em função da maior radiação solar, determinando serem espécies tolerantes as oscilações nas condições ambientais. O impacto das condições ambientais nos ecossistemas terrestres possui relação com a fisiologia das plantas, uma vez que os altos níveis de radiação solar, aumento da temperatura dentre outros, influenciam diretamente a dinâmica de processos fisiológicos dos vegetais. Devido à importância e o potencial de exploração das frutíferas amazônicas e considerando a escassez de trabalhos científicos disponíveis sobre sua fisiologia, adubação e nutrição, pesquisas desta natureza devem ser incentivadas na região.

## **ANEXOS**

ANEXO A- Análise de atributos físicos e químicos do solo antes da implantação do experimento.

ANEXO B- Concentração de fósforo (P) em raízes e folhas das espécies frutíferas: biribazeiro, cupuaçuzeiro e muricizeiro.

ANEXO A

	SOUZA NETO & SOUZA LTDA Av. Fernando Correa da Costa, 7.421 - Bairro São José - Cep:78060-535 - Cuiabá - MT CNPJ: 37.443.074/0001-02 Inscrição Estadual: Isento Inscrição Municipal: 45184 Fone/Fax: (65) 3634-3893 / 3634-3774 E-mail de contato: agroanalise@agroanalise.com.br	
Solicitante: LEUZIMAR SILVA DOS SANTOS Propriedade: FAZENDA EXPERIMENTAL DA UFOPA Data Protocolo: 19/02/2015		Município: SANTAREM Protocolo: 3665

RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE SOLO - (Química/Física)																												
Nº Lab.	Amostra	Prof.	pH		P	K	Ca+Mg		Cu	Mg	Al	H	M.O. Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Base (S)		CTC	Sat por Bases (V)	RELAÇÕES			SATURAÇÃO (%) PON:				SAT. AL
			Aqua	CaCl2			mg/dm³	cmolc/dm³									g/dm³	cmolc/dm³			%	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca	Mg	K	
2681	01		6,8	6,1	20,4	83,0	9,8	7,65	2,16	0,0	1,5	52,6	656	077	267	10,0	11,5	87,0	3,5	35,4	10,0	66,5	18,8	1,9	12,8	0,0		

Obs.:	mg/dm³ ppm cmolc/dm³ meq/100g g/dm³ % S.O. g/kg % S.O. SAT. AL = mV = A/(M+S) x 100	Resp. Técnico  JOSÉ JOAQUIM DE SOUZA NETO Químico - CRQ - MT - 16186/05-MT Data Assinatura: 25/02/2015
<b>Métodos de Análises</b> * pH (H <sub>2</sub> O) - em água na proporção de 1:2,5 (solo: água) * pH (CaCl <sub>2</sub> ) - em solução de cloreto 0,01M, na proporção 1:2,5 (solo: Ca Cl <sub>2</sub> ) * P - extraição com solução de HCl 0,05 N e H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,025N (Mehlich) * Ca, Mg e Al - extraição com solução do cloreto de potássio 1 N * H - extraição com extrato de cálcio a pH=7 * M.O. - (matéria orgânica) - destilação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica * AREIA, SILTE, E ARGILA - dispersão na OH <sub>2</sub> e determinação por densímetro.		

## ANEXO B



## RESULTADO DE ANÁLISE DE TECIDO VEGETAL – CLIENTE EXTERNO

**Nome do cliente:** LEUZIMAR SILVA DOS SANTOS  
**Endereço:** Rua Vera Paz, s/nº **Bairro:** Salé  
**Município:** Santarém **CEP:** 66035-110 **UF:** Pará  
**Dados da amostras (nome e parte da planta):**  
**Local da coleta:** Santarém **UF:** Pará  
**Data da Entrada:** 04/03/2016  
**Data da Emissão:** 06/04/2016  
**Endereço Eletrônico:** edson.amaral@embapa.br / alda.mileo@embrapa.br

## RESULTADO DE ANÁLISE DE MACRONUTRIENTES

Protocolo	Identificação da amostra	P	K	Na	Ca	Mg
		g/kg				
0091	T1 BR (RAIZ)	1,29	*	*	*	*
0092	T2 BR (RAIZ)	0,77	*	*	*	*
0093	T3 BR (RAIZ)	0,89	*	*	*	*
0094	T1 CR (RAIZ)	1,25	*	*	*	*
0095	T2 CR (RAIZ)	1,27	*	*	*	*
0096	T3 CR (RAIZ)	1,25	*	*	*	*
0097	T1 MR (RAIZ)	5,75	*	*	*	*
0098	T2 MR (RAIZ)	0,73	*	*	*	*
0099	T3 MR (RAIZ)	1,03	*	*	*	*
0100	T1 BF (FOLHA)	3,23	*	*	*	*
0101	T2 BF (FOLHA)	4,19	*	*	*	*
0102	T3 BF (FOLHA)	3,37	*	*	*	*
0103	T1 CF (FOLHA)	0,86	*	*	*	*
0104	T2 CF (FOLHA)	0,63	*	*	*	*
0105	T3 CF (FOLHA)	0,80	*	*	*	*
0106	T1 MF (FOLHA)	3,97	*	*	*	*
0107	T2 MF (FOLHA)	1,21	*	*	*	*
0108	T3 MF (FOLHA)	1,26	*	*	*	*

Responsável Técnico:

Laboratório de Solos  
Embrapa Amazônia Oriental