



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA E AMBIENTE

MECANISMOS DE COMPENSAÇÃO FISIOLÓGICA E ALOCAÇÃO DE
RECURSOS NO DESENVOLVIMENTO DE *Canavalia ensiformis* DC.
(LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE)

ALINE CRISTINE CURIEL

Araras
2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**MECANISMOS DE COMPENSAÇÃO FISIOLÓGICA E ALOCAÇÃO DE
RECURSOS NO DESENVOLVIMENTO DE *Canavalia ensiformis* DC.
(LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE)**

ALINE CRISTINE CURIEL

ORIENTADORA: PROF^a. DRA. KAYNA AGOSTINI

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Agricultura e
Ambiente como requisito parcial à
obtenção do título de MESTRE EM
AGRICULTURA E AMBIENTE

**Araras
2018**

Curiel, Aline Cristine

Mecanismos de compensação fisiológica e alocação de recursos no desenvolvimento de *Canavalia ensiformis* DC. (Leguminosae, Papilionoideae) / Aline Cristine Curiel. -- 2018.

31 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador: Kayna Agostini

Banca examinadora: Kayna Agostini, Carlos Eduardo Pereira Nunes, Valéria Forni Martins

Bibliografia

1. Adução verde. 2. Análise de crescimento vegetal. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8 7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Aline Cristine Curiel, realizada em 14/08/2018:

Kayna Agostini

Profa. Dra. Kayna Agostini
UFSCar

Carlos Eduardo Pereira Nunes

Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira Nunes
UNICAMP

Valeria Forni Martins

Profa. Dra. Valeria Forni Martins
UFSCar

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências Agrárias e ao PPGAA, pela oportunidade de realizar esse trabalho e também pelo aprendizado proporcionado.

A professora Kayna, minha orientadora, por acreditar na minha capacidade e pelo incentivo para que eu realizasse esse projeto.

Ao professor Claudinei, pela colaboração nesse projeto cedendo a casa de vegetação para o cultivo do feijão-de-porco.

A colega de mestrado Thaís, pela ajuda e apoio, especialmente no início desse projeto.

Aos colegas de trabalho pelo apoio e incentivo.

Aos meus pais, que abraçaram esse projeto como seu também, pelo incentivo, ajuda e compreensão.

A amiga Bruna, que sempre esteve torcendo por mim. Obrigada por compreender minhas ausências, silêncios e por sempre cobrar para que eu cuidasse da minha saúde e tentasse “trabalhar menos”.

Aos colegas de mestrado pelos ótimos momentos juntos, demonstrando que não estava sozinha nos momentos de dúvida e desânimo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GERAL.....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1. ESPÉCIE ESTUDADA.....	5
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	6
3.2.1. CULTIVO DA ESPÉCIE.....	6
3.2.2. ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA.....	7
3.2.3. REALOCAÇÃO DE RECURSOS.....	8
3.2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	8
4. RESULTADOS	9
5. DISCUSSÃO	13
6. CONCLUSÕES	16
7. LITERATURA CITADA.....	17
APÊNDICE	23

MECANISMOS DE COMPENSAÇÃO FISIOLÓGICA E ALOCAÇÃO DE RECURSOS NO DESENVOLVIMENTO DE *Canavalia ensiformis* DC. (LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE)

RESUMO

As fases vegetativa e reprodutiva do desenvolvimento vegetal apresentam diferenças entre si quanto à atividade metabólica, mais intensa no período reprodutivo, o que, conseqüentemente, demanda mais energia. Mecanismos de compensação fisiológica são alternativas empregadas pelos vegetais quando a demanda energética é maior ou os recursos são escassos, a fim de obter a energia necessária. Os principais exemplos são: elevar a atividade fotossintética ou alocar recursos de outros órgãos. O objetivo desse estudo foi verificar quais os mecanismos de compensação fisiológica que *Canavalia ensiformis* emprega para suprir a maior demanda energética durante a fase reprodutiva. A avaliação da atividade fotossintética foi realizada por meio da mensuração dos parâmetros: concentração subestomática de CO₂, condutância estomática de CO₂, taxa de transpiração, taxa fotossintética e temperatura foliar. A coleta dos dados foi feita em horários determinados ao longo do dia utilizando o medidor de fotossíntese (LCi-SD). A realocação de recursos da espécie foi avaliada por meio do acúmulo de biomassa de indivíduos coletados nos estágios de floração, frutificação e maturação fisiológica. A floração de *C. ensiformis* foi precoce e embora o número de folhas tenha aumentado, a área foliar diminuiu entre as fases de pré-floração e frutificação. Os parâmetros referentes à atividade fotossintética foram maiores na fase reprodutiva, com exceção da taxa fotossintética, ligeiramente maior na fase vegetativa. A elevada temperatura ambiente registrada no período de coleta dos dados sugere que a variação da atividade fotossintética está relacionada a condições climáticas e não a fase fenológica. Os valores de massa seca foram maiores na fase de frutificação e a incorporação de biomassa reduziu entre esse estágio e o período de maturação fisiológica, indicando que a energia produzida foi direcionada para o enchimento dos grãos em vez do crescimento vegetativo. Não há indícios de realocação de reservas presentes em raízes sugerindo que a espécie apresenta equilíbrio na distribuição dos recursos, não recorrendo a mecanismos de compensação fisiológica para suprir a demanda energética da fase reprodutiva.

Palavras-Chave: crescimento vegetal, atividade fotossintética, adubação verde

PHYSIOLOGICAL COMPENSATORY MECHANISMS AND RESOURCE ALLOCATION IN *Canavalia ensiformis* DC. (LEGUMINOSAE, PAPILIONOIDEAE) GROWTH

ABSTRACT

Vegetative and reproductive phases of plant growth differ in their metabolic activity, which is greater during the reproductive period and consequently, requires more energy. Physiological compensatory mechanisms are alternatives used by plants when the energy demand is greater or resources are scarce, in order to obtain the necessary energy. The main examples are: increase the photosynthetic rates or allocate resources from other organs. This study aimed to verify what physiological compensatory mechanisms *Canavalia ensiformis* uses to supplement the greater energetic demand during the reproductive phase. The photosynthetic activity was evaluated measuring the parameters: sub-stomatal CO₂ concentration, CO₂ stomatal conductance, transpiration rate, photosynthetic rate, and leaf temperature. The data collection was done throughout the day using a portable photosynthetic measurement system (LCi-SD). The resource allocation dynamics of the species was evaluated by quantifying the biomass accumulation in plants harvested in the early stages of flowering, fructification and physiological maturity. *Canavalia ensiformis* flowering was premature and although the leaf number increased, the leaf area decreased between flowering and fructification. The photosynthetic activity parameters were higher during the reproductive phase, except for photosynthetic rate, which was slightly higher during the vegetative phase. The high temperature observed during the data collection suggests that the photosynthetic activity variation is related to climatic conditions and not to the phenological phase. The dry mass values were greater in the fructification stage and the biomass accumulation decreased between this stage and the physiological maturity period, indicating that the energy produced was allocated to the seed production instead to the vegetative growth. There is no evidence of resource allocation from roots, suggesting this species balances resources distribution, not using physiological compensatory mechanisms to obtain the energy required during the reproductive phase.

Keywords: plant growth, photosynthetic activity, green manure

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de seu ciclo de vida, uma planta deve direcionar recursos para funções de sobrevivência, crescimento e reprodução que, por sua vez, possuem necessidades diferentes. O crescimento inicial de uma plântula utiliza as reservas armazenadas em cotilédones ou endosperma, que são mobilizadas no processo de germinação (KERBAUY, 2008; BEWLEY et al., 2013), definido como a retomada de crescimento do embrião (NASSIF; VIEIRA; FERNANDES, 1998; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006). O crescimento subsequente depende de cada nova folha formada, que contribuirá para aumentar a interceptação de luz e permitir que a planta seja fotossinteticamente ativa, absorvendo nutrientes e produzindo a energia necessária nesse estágio (PEIXOTO; PEIXOTO, 2009; BARBERO et al., 2013; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A fase reprodutiva se inicia em resposta a estímulos internos (nutrição, hormônios, ritmo circadiano) e externos (fotoperíodo, temperatura, água) que indicam à planta que o padrão de desenvolvimento deve ser alterado (FORNARA; MONTAIGU; COUPLAND, 2010; ANDRÉS; COUPLAND, 2012). Nesse período ocorre a diferenciação celular e desenvolvimento de meristemas reprodutivos ou florais (FORNARA; MONTAIGU; COUPLAND, 2010; TEIXEIRA; MARINHO; PAULINO, 2014) e após a fecundação, nutrientes são alocados para a formação do fruto e sementes (KERBAUY, 2008). O desenvolvimento de flores, frutos e sementes representa um grande gasto energético para as plantas, assim como a produção de compostos e estruturas de defesa. Portanto, nessas situações, e em especial quando recursos são limitados, uma otimização no uso ou aumento da produção e captação dos mesmos pode ser observada (OLIVEIRA, MARUYAMA, 2014).

As alternativas encontradas pelas plantas para obter a energia necessária em momentos de maior demanda são referidas como mecanismos de compensação fisiológica. Alguns exemplos são a alocação de reservas presentes em outros órgãos, reabsorção de néctar (OBESO, 2002) e elevação da taxa fotossintética, sendo essa citada como a principal e imediata estratégia empregada (NARITA; BUZZATO, 2007). Além disso, é necessário considerar sépalas e pétalas capazes de realizar fotossíntese e parcialmente compensar os custos da reprodução (KNOPS; KOENIG; CARMEN, 2007). As particularidades das espécies referentes ao crescimento vegetativo e reprodução residem em quais e como essas estratégias

são empregadas e na alocação de recursos em benefício ou detrimento das funções principais de crescimento, reprodução e defesa (BAZZAZ et al., 1987, OBESO, 2002).

A principal premissa da história de vida das plantas é a de que quando recursos são alocados para uma determinada função eles ficam indisponíveis para outras funções (ASHMAN, 1994; KNOPS; KOENIG; CARMEN, 2007). E outra premissa é a de que crescimento vegetativo e reprodução são funções que competem entre si, existindo um *trade-off* entre ambas em termos de recursos disponíveis (OBESO, 2002). Como um organismo enfrenta essa situação interfere em seu valor adaptativo e a quantidade de recursos que o mesmo direciona à reprodução representa seu esforço reprodutivo em determinado momento (GUREVITCH; SCHEINER, FOX, 2009).

Esse *trade-off* é evidenciado em plantas cujos futuros investimentos em reprodução dependem diretamente do esforço empregado no evento reprodutivo anterior (JACQUEMYN; BRYN; JONGEJANS, 2010). Assumindo que a floração e a produção de sementes requerem mais recursos do que o acumulado pela planta em um dado período (CRONE; MILLER; SALA, 2009), uma alta produção de flores e sementes em um ano acarreta uma redução do esforço reprodutivo no ano seguinte (ASHMAN, 1994; MATLAGA; HORVITZ, 2015). Os *trade-offs* podem ser avaliados por meio de análises demográficas, de crescimento e produtividade vegetal, em especial pelo acúmulo de biomassa nos diferentes órgãos da planta (MATLAGA; HORVITZ, 2015).

Considerando que o alto rendimento de biomassa é a principal característica visada nas plantas utilizadas para a adubação verde (CESAR et al., 2011); estudar a produção de energia e padrão de alocação de recursos dessas espécies pode auxiliar a selecionar cultivares adaptados a condições de edafoclimáticas específicas e o melhor momento para a realização do manejo, obtendo assim o maior potencial possível dessas plantas. As leguminosas são citadas como as espécies que melhor atendem as qualidades desejadas para a adubação verde (TEJADA et al., 2008) e a família Leguminosae Lindl. é relevante em outros setores da economia, como as indústrias madeireira e farmacêutica (LEWIS et al., 2005). As espécies *Canavalia ensiformis* DC., *Crotalaria juncea* L. e *Mucuna pruriens* DC. são exemplos de leguminosas muito utilizadas como adubo verde no Brasil pela adaptação à

condições adversas e crescimento rápido (ZANELLA et al., 2004; PADOVAN et al., 2011), sendo a primeira escolhida como espécie estudada nessa dissertação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Este estudo teve por objetivo geral verificar quais os mecanismos de compensação fisiológica que suprem a demanda energética de *Canavalia ensiformis* nas fases vegetativa e reprodutiva.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Especificamente, este estudo teve por objetivos:

1. Avaliar a atividade fotossintética de *C. ensiformis* nas fases vegetativa e reprodutiva.

Considerando a alta demanda energética e atividade metabólica da fase reprodutiva do desenvolvimento vegetal, espera-se que a taxa fotossintética seja maior nesse estágio quando comparado à fase vegetativa (NARITA; BUZZATO, 2007).

2. Verificar evidências de realocação de recursos em *C. ensiformis*.

Diante da possibilidade de realocação de recursos armazenados em raízes e folhas para órgãos reprodutivos, espera-se que os valores de massa seca de raiz e da parte aérea sejam menores na fase reprodutiva quando comparados aos valores para a fase vegetativa (SILVA, 2011; TEITEL et al., 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ESPÉCIE ESTUDADA

O gênero *Canavalia* DC. é representado por 60 espécies. Das quais, 17 são encontradas no Brasil, entre cultivadas e nativas (LEWIS et al., 2005) e sete encontradas no estado de São Paulo (TOZZI et al., 2016). A espécie *Canavalia ensiformis* DC. é conhecida popularmente como feijão-de-porco, feijão-bravo ou fava-brava. A América Central é provavelmente o centro de origem desta espécie (BENTACUR; CHEL; CAÑIZARES, 1997), que tem sido utilizada em localidades do sudeste dos Estados Unidos, México, Equador, Peru, Brasil e oeste da Índia para atividades de recuperação do solo, especialmente pela capacidade de adaptar-se às condições adversas (ZANELLA et al., 2004).

Herbácea anual ou bianual, esta planta apresenta inflorescências do tipo racemo (Figura 1 A) e flores grandes de cor violácea ou roxa (Figura 1 B). Esta espécie atinge de 0,60 a 1,2m de altura, com floração entre dois a três meses após o plantio. As folhas são alternadas e trifolioladas e suas vagens achatadas, que atingem cerca de 20 cm (Figura 1 C) e podem conter entre quatro e 18 sementes grandes de cor branca (Figura 1 D) (LOPES, 2000).

No Brasil, as principais regiões de cultivo dessa espécie são o Sudeste e o Sul do país, e algumas localidades do estado do Pará (LOPES, 2000), onde é utilizada para enriquecer os solos por meio do manejo conhecido como adubação verde. Essa prática consiste na incorporação de massa vegetal não decomposta ao solo para manter ou renovar a produtividade da área de produção agrícola (RODRIGUES et al., 2004).

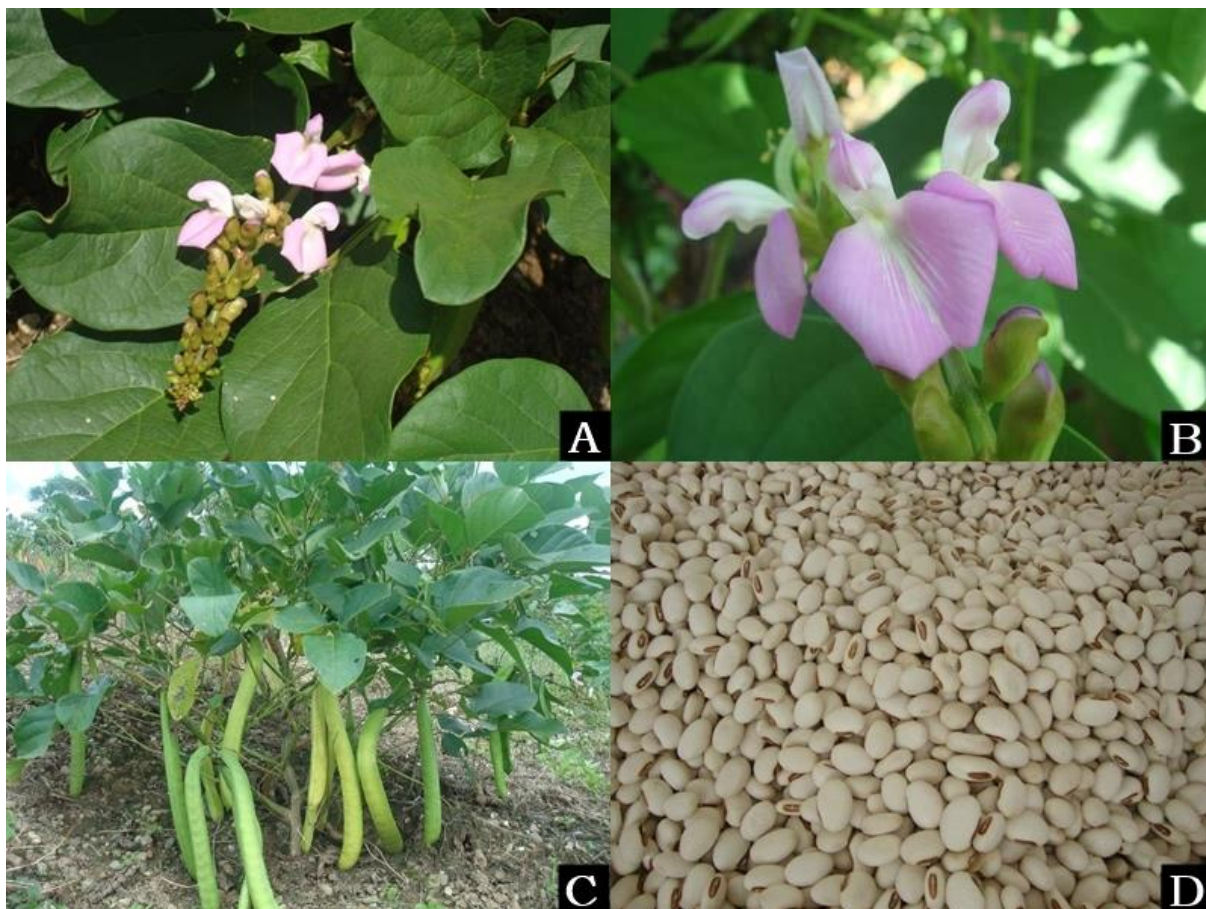


Figura 1. As inflorescências de *Canavalia ensiformis* são do tipo racemo (A) e suas flores são grandes de cor violácea (B). Os frutos são do tipo vagem (C) e contêm grandes sementes brancas (D). Fonte: *Canavalia ensiformis* in Indonésia. (<http://infocanavaliaensiformis.blogspot.com.br/2012/07/canavalia-ensiformis-jack-bean-in.html>).

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

3.2.1. CULTIVO DA ESPÉCIE

Canavalia ensiformis foi cultivada no Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de São Carlos – Araras – SP, em casa de vegetação, em canteiros com irrigação por gotejamento. O espaçamento utilizado foi de 50cm entre plantas e 70cm entre linhas, medidas indicadas pela empresa Pirai Sementes e Boletim Técnico da Embrapa (LOPES, 2000).

Análises químicas de solo foram realizadas antes do cultivo de *C. ensiformis* para verificar a necessidade de adubação e calagem para correção do pH. As amostras foram coletadas seguindo as recomendações do Boletim do Instituto

Agrônomo de Campinas (RAIJ et al., 1997) e encaminhadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo situado no Centro de Ciências Agrárias. Os resultados da análise dispensaram o uso de adubo e correção de pH e encontram-se no Apêndice.

As sementes foram fornecidas pela Piraí Sementes (Piracicaba – SP) e a semeadura, de 200 sementes, foi realizada na segunda quinzena de novembro de 2016. O crescimento vegetal foi monitorado por meio de observações semanais, desde a germinação até a fase de maturação fisiológica (frutos perdem a coloração e secam), encerrando o cultivo de *C. ensiformis* em abril de 2017. O período de cultivo possui média de temperatura ambiental de 23,4°C (dados da Estação Meteorológica Automática – EMA, monitorada pelo Grupo de Estudos e Projetos em Irrigação – GEPI do Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de São Carlos – Araras – SP).

3.2.2. ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA

A atividade fotossintética foi avaliada pela mensuração das variáveis: radiação fotossinteticamente ativa (fração do espectro da radiação solar utilizada pelas plantas), temperatura foliar, concentração de CO₂ subestomática, taxa de transpiração, condutância estomática de CO₂ (grau de abertura dos estômatos) e taxa fotossintética (quantidade de CO₂ efetivamente utilizada pela planta).

O medidor de fotossíntese modelo LCI-SD – Marconi foi utilizado para a aferição das variáveis acima mencionadas e o procedimento foi realizado em períodos determinados ao longo do dia (às 8, 12, 15 e 17 horas) e em dias ensolarados (MARRICHI, 2009). As medições foram realizadas no folíolo ímpar da primeira e terceira folhas compostas da planta, durante as fases vegetativa e reprodutiva do desenvolvimento vegetal, utilizando os mesmos 30 indivíduos.

O número de folhas e área foliar também são fatores determinantes para a atividade fotossintética. Portanto, foi verificado o número de folhas de 30 plantas e determinada a área foliar de 30 folhas, sendo três de cada indivíduo (n=10 plantas). Estes dois procedimentos foram realizados nos estágios de floração (observado o desenvolvimento dos primeiros botões florais) e frutificação (observada a formação do primeiro fruto). A área foliar foi determinada pela análise de imagem digital, onde as folhas foram processadas com uma régua milimetrada em um escâner de mesa

(HP 2600). O procedimento foi realizado, no máximo, em oito horas após a coleta das folhas para evitar possíveis deformações foliares que comprometessem a análise (FLUMIGNAN; ADAMI; FARIA, 2008). O programa ImageJ (software livre) foi utilizado para a análise das imagens.

3.2.3. REALOCAÇÃO DE RECURSOS

A realocação de recursos em *C. ensiformis* foi avaliada mediante o acúmulo de biomassa, expresso em valores de massa seca total (MST), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA). As plantas inteiras foram coletadas, mantidas em estufa de secagem com circulação de ar forçada a 60°C por 72 horas e pesadas em balança analítica (ARAUJO, 2012); esse procedimento foi realizado nos estágios de floração (n=30), frutificação (n=30) e maturação fisiológica (n=30).

3.2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os indivíduos submetidos às análises foram tomados de forma assistemática dentre a população total cultivada na casa de vegetação. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e uma vez que os dados apresentaram distribuição não-normal, testes não paramétricos foram aplicados. O teste de Wilcoxon foi empregado para comparar os valores obtidos para as variáveis referentes a atividade fotossintética (radiação fotossinteticamente ativa, temperatura foliar, concentração de CO₂ subestomática, taxa de transpiração, condutância estomática de CO₂ e taxa fotossintética), número de folhas e área foliar nas fases vegetativa e reprodutiva do desenvolvimento vegetal. O teste de Kruskal-Wallis e o teste post-hoc de Dunn foram utilizados para comparar os valores de massa seca total (MST), massa seca das raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) entre os estágios de floração, frutificação e maturação fisiológica. As análises estatísticas foram realizadas no ambiente estatístico R (R CORE DEVELOPMENT TEAM, 2016).

4. RESULTADOS

As sementes de *C. ensiformis* apresentaram alta porcentagem de germinação (>90%) e cinco dias após a semeadura as plântulas emergiram, totalizando 192 indivíduos. O desenvolvimento vegetal foi acompanhado diariamente e no 24º dia a maioria dos indivíduos apresentava a terceira folha composta em estágio inicial de desenvolvimento (Figura 2 A). O desenvolvimento das inflorescências (Figura 2 B) foi observado cerca de 45 dias após a semeadura, quando algumas das plantas já apresentavam as primeiras flores em antese.

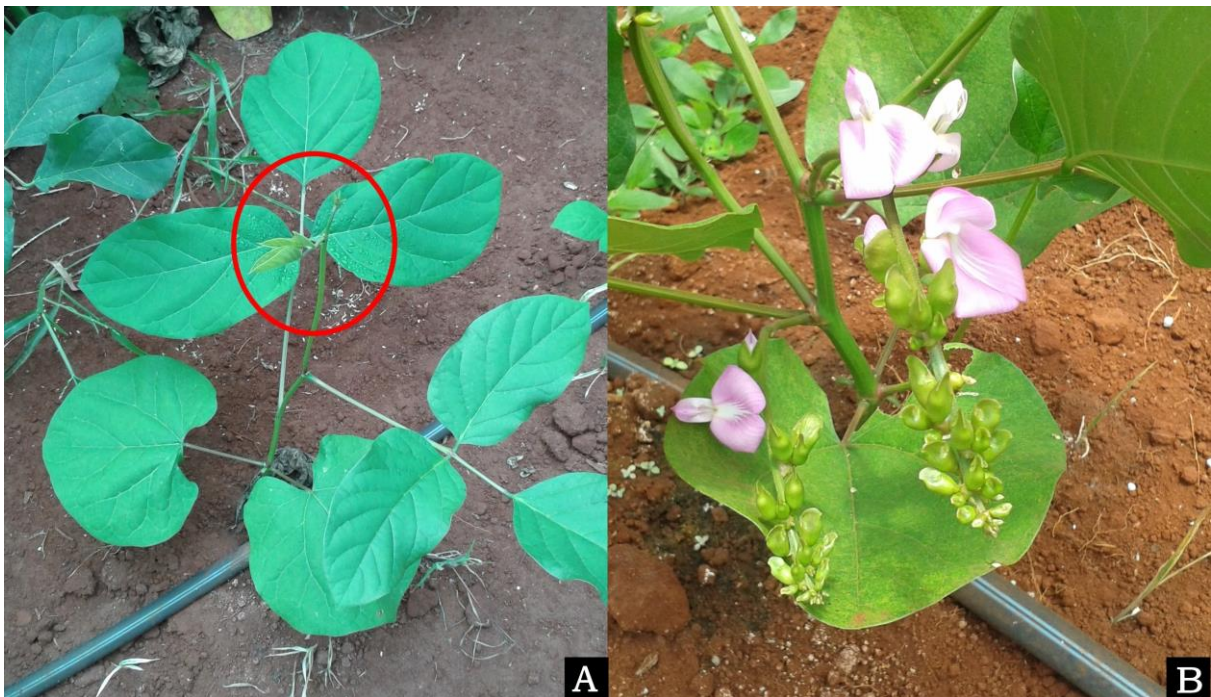


Figura 2. Desenvolvimento dos indivíduos de *Canavalia ensiformis* cultivados. A terceira folha composta em desenvolvimento (A) e as primeiras inflorescências da espécie e flores em antese (B).

Os indivíduos continuaram crescendo em altura até a fase de maturação fisiológica e o maior número de folhas por indivíduo foi na fase de frutificação quando comparada a fase de floração. Entretanto, a área foliar aferida na fase de frutificação foi menor em relação aos valores para a fase de floração ($W=348$, $p=0,016$) (Figura 3).

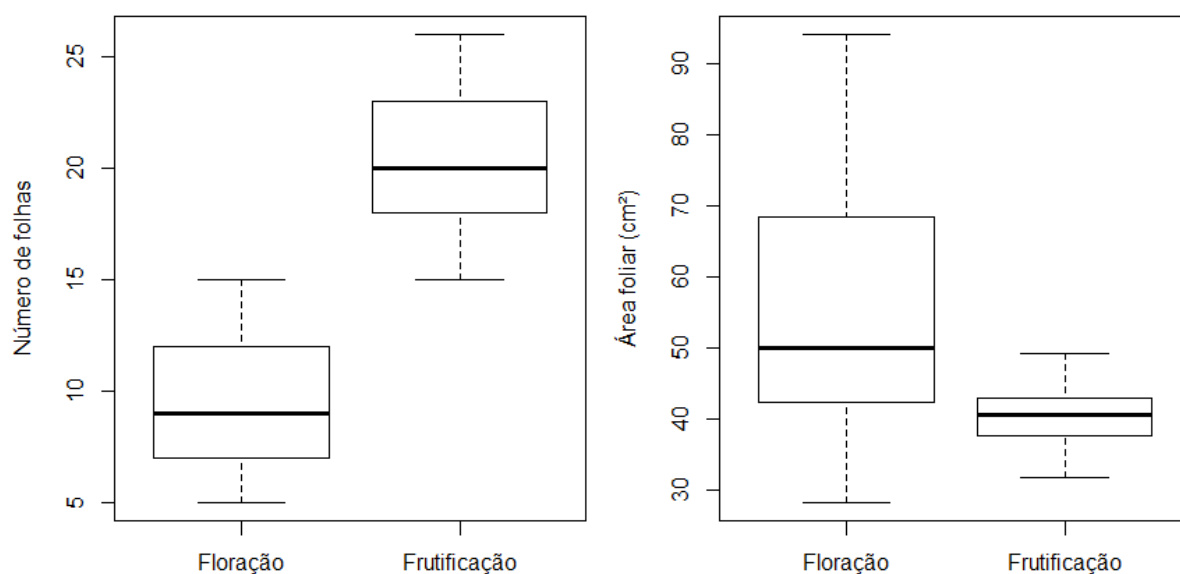


Figura 3. Boxplot do número de folhas e área foliar de *Canavalia ensiformis* amostradas nos estágios de pré-floração e frutificação.

A média da radiação fotossinteticamente ativa foi de $314,15 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para a fase vegetativa e $443,42 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para a fase reprodutiva. As médias de temperatura do ambiente, registradas pelo medidor de fotossíntese, para as fases vegetativa e reprodutiva foram de, respectivamente, $32,4^{\circ}\text{C}$ e $35,3^{\circ}\text{C}$.

Os valores obtidos para concentração subestomática de CO_2 ($W=14057$, $p<0,001$), condutância estomática de CO_2 ($W=14674$, $p<0,001$) e taxa de transpiração ($W=16512$, $p<0,001$), diferem entre as fases vegetativa e reprodutiva do desenvolvimento vegetal, sendo maiores no período reprodutivo. A taxa fotossintética também difere entre as fases do desenvolvimento vegetal pelo teste de Wilcoxon ($W=35356$, $p=0,0004$), porém apresenta valores muito próximos quando observado o boxplot (Figura 4). A temperatura foliar registrada para a fase reprodutiva é maior e difere dos valores registrados para a fase vegetativa ($W=17884$, $p<0,001$), porém com maior variação.

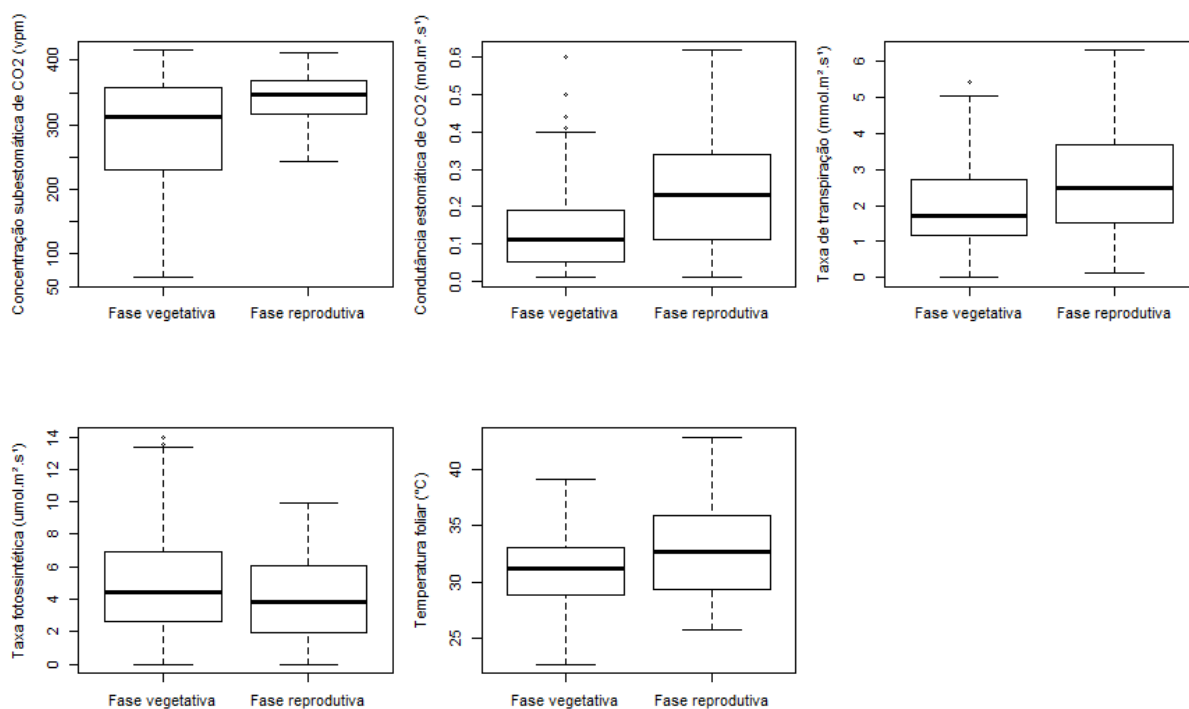


Figura 4. Concentração subestomática de CO₂, condutância estomática de CO₂, taxa de transpiração, taxa fotossintética e temperatura foliar nas fases vegetativa e reprodutiva do desenvolvimento de *Canavalia ensiformis*. Todos os valores diferem entre as fases vegetativa e reprodutiva (Teste de Wilcoxon, $p < 0,05$).

Os valores referentes à massa seca total ($\chi^2=55,807$; $p=7,614.10^{-13}$) e massa seca da parte aérea ($\chi^2=53,032$; $p=3,05.10^{-12}$) de *C. ensiformis* aumentaram ao longo do ciclo de vida dos indivíduos e diferem entre as fases fenológicas de floração, frutificação e maturação fisiológica, porém com menor variação no estágio de floração. Os valores de massa seca de raiz também aumentaram e diferem entre os estágios do desenvolvimento vegetal ($\chi^2=36,77$; $p=1,036.10^{-8}$), embora as fases de frutificação e maturação fisiológica apresentem maior variação e parte dos valores próximos quando observado o boxplot (Figura 5). O crescimento vegetativo de *C. ensiformis* foi contínuo até o início da fase de maturação fisiológica, momento em que as folhas perderam a coloração e secaram.

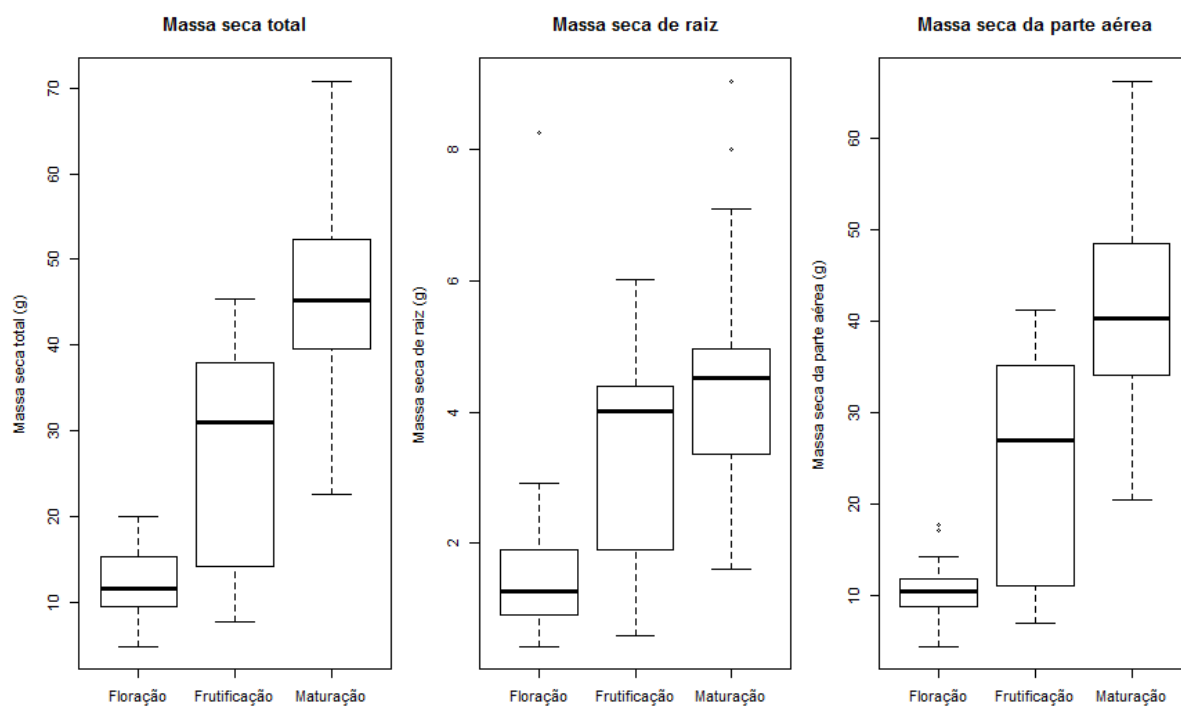


Figura 5. Massa seca total, massa seca de raiz e massa seca da parte aérea de *Canavalia ensiformis* nos estágios de pré-floração, frutificação e maturação fisiológica.

5. DISCUSSÃO

As principais características visadas em uma espécie a ser empregada na adubação verde são rusticidade, crescimento inicial rápido e alta produção de biomassa, sendo esta última fortemente influenciada pelas condições edafoclimáticas da área de cultivo (MOHANTY et al., 2011; PADOVAN, 2011). *Canavalia ensiformis*, como observado nesse estudo e afirmado por Silva (2002), apresenta as características desejadas, sendo o desenvolvimento inicial da espécie caracterizado por uma rápida e intensa produção de folhas, assim como alta atividade fotossintética.

A fase reprodutiva de *Canavalia ensiformis* inicia em até 90 dias após a semeadura (LOPES, 2000; MATEUS; WUTKE, 2006), porém o observado foi o desenvolvimento de botões florais e algumas flores em antese após 45 dias. Fotoperíodo e temperatura são os principais fatores que influenciam no início da floração, as alterações sazonais dos mesmos indicam as plantas o melhor momento para a produção de flores e sucesso reprodutivo. Dias mais longos e altas temperaturas, por exemplo, podem acelerar a floração de algumas espécies (SONG; ITO; IMAIZUMI, 2013), o que pode explicar a floração precoce de *C. ensiformis*, considerando a elevada média de temperatura do ambiente registrada no período de cultivo da espécie.

Silva (2002) ressalta que *C. ensiformis* enfrenta um momento de competição interna entre 60 e 90 dias de seu ciclo, distribuindo os recursos energéticos entre produção de folhas e flores e enchimento das primeiras vagens. Nesse estudo, *C. ensiformis* produziu mais folhas entre as fases de floração e frutificação, porém com área foliar menor. Carvalho, López-Ovejero e Christoffoleti (2008) relatam o mesmo resultado no cultivo de *Amaranthus spinosus*. A área foliar tende a aumentar ao longo do ciclo de vida de uma planta (MONTEIRO et al., 2005) para melhor aproveitamento da energia luminosa (REIS et al., 2013). Entretanto, um grande número de folhas não necessariamente representa uma área foliar elevada, pois o tamanho das folhas pode ser menor. A redução da área foliar, mesmo com o aumento do número de folhas, e como destacado por Granier e Tardieu (2009), pode ter relação com a idade das folhas (folhas mais jovens e apicais tendem a reduzir a expansão foliar em razão de sua posição nos ramos) e competição com

órgãos reprodutivos pelos recursos disponíveis, além da influência exercida pelo genótipo da espécie.

Os maiores valores de condutância estomática e transpiração verificados na fase reprodutiva de *C. ensiformis* durante esse estudo correspondem ao esperado para a intensa atividade metabólica do período reprodutivo devido à produção e manutenção das flores (ESHGHI et al., 2007; BLUM, 2009). Paiva et al. (2005) observaram o mesmo resultado no cultivo de *Phaseolus vulgaris*, quando os maiores valores de condutância estomática foram registrados no estágio R6 (floração). A concentração subestomática de CO₂, por sua vez, está diretamente relacionada à condutância estomática cuja redução representa o fechamento dos estômatos, conseqüentemente prejudicando a absorção de CO₂ (DAMOUR et al., 2010). A maior concentração subestomática de CO₂ registrada na fase reprodutiva de *C. ensiformis*, portanto condiz com os também altos valores de condutância estomática observados nesse estágio.

Assim sendo, sem limitação de CO₂ em virtude do fechamento dos estômatos, a redução, embora que sutil, da taxa fotossintética de *C. ensiformis* durante a fase reprodutiva pode estar relacionada à elevação da temperatura foliar e do ambiente e radiação. Altas temperaturas podem comprometer a capacidade de regeneração da enzima Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase (Rubisco), que catalisa a reação de fixação do carbono no processo fotossintético (SAGE; KUBIEN, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013). A ativação e desativação da Rubisco podem ser favorecidas por altas temperaturas, porém esse equilíbrio é delicado (SMITH; DUKES, 2012) e a temperatura ótima de ação dessa enzima é entre 25 e 30°C (SAGE; KUBIEN, 2007).

A exposição à alta radiação solar contribui para a redução da taxa fotossintética ao elevar a evaporação e temperatura das folhas, intensificando o processo de fotoinibição (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). O aumento da radiação fotossinteticamente ativa durante a fase reprodutiva de *C. ensiformis* pode ter contribuído para a redução da taxa fotossintética, porém não foi o suficiente para causar danos ao fotossistema e prejudicar drasticamente a produção de fotoassimilados. A adaptação às condições de alta radiação, alta temperatura, solos pobres e seca é uma característica de plantas do gênero *Canavalia*, como por exemplo, *C. gladiata* (EKNAYAKE; JANSZ; NAIR, 1999). As espécies *C. rosea* (CHEN et al., 2000), *C. maritima* e *C. cathartica* (SRIDHAR; SEENA, 2006) por exemplo, são encontradas em dunas e litorais do sul de Taiwan, sul da Flórida e

sudoeste da Índia, respectivamente. O crescimento dessas espécies nessas condições é favorecido, principalmente, pela presença dos nódulos nas raízes (CHEN et al., 2000; SRIDHAR; SEENA, 2006), o que as torna mais ativas e eficientes, influenciando na nutrição e alocação de recursos (SCHEFFER-BASSO; JACQUES; AGNOL, 2002). A atividade fotossintética, portanto, e como aponta Larcher (2004), é particular de cada espécie vegetal, apresentando oscilações durante o ciclo de vida para atender as necessidades de cada fase, adaptando-se às condições ambientais e refletindo sua eficiência no acúmulo de biomassa.

Canavalia ensiformis apresentou maiores valores de massa seca na fase de frutificação quando comparada a fase de pré-floração, resultado esse também observado por Padovan et al. (2011), que afirmam que nesse período há um grande acúmulo de biomassa que será destinada ao enchimento dos grãos. O autor salienta, entretanto, que é recomendado que o corte e a incorporação das plantas ao solo sejam realizados no estágio de florescimento, pois a realização tardia do manejo, após o desenvolvimento dos frutos, pode contribuir para a dispersão das sementes e competição com as espécies cultivadas posteriormente. Resultados semelhantes foram obtidos nos cultivos de *Pennisetum americanum* (MORAES et al., 2008) e variedades de *Glycine max* (PADOVAN et al., 2008; BIANCO et al., 2012).

A avaliação da biomassa acumulada também permite observar as evidências de realocação de recursos nas plantas e as variações que ocorrem com relação à idade e nutrição (SCHEFFER-BASSO; JACQUES; AGNOL, 2002). Embora os valores de massa seca de *C. ensiformis* sejam crescentes, a incorporação de biomassa reduziu entre as fases de frutificação e maturação fisiológica, sugerindo que a energia produzida durante a fase de frutificação foi direcionada para o enchimento dos grãos em detrimento do crescimento vegetativo intenso. O resultado também demonstra que a espécie não realocou reservas presentes em outros órgãos para a reprodução, produzindo a energia necessária à fase de frutificação e equilibrando a distribuição dos recursos. Esse equilíbrio também é observado em *Euphorbia heterophylla*, que apresenta um incremento de biomassa de raiz no estágio inicial do crescimento e ao iniciar a fase reprodutiva equilibra a distribuição de fotoassimilados entre os diferentes órgãos (BIANCO; PITELLI; CARVALHO, 2007).

6. CONCLUSÕES

Canavalia ensiformis apresentou valores de concentração subestomática de CO₂, condutância estomática, taxa de transpiração e temperatura foliar maiores na fase reprodutiva, correspondendo ao esperado para a alta atividade metabólica desse estágio do desenvolvimento vegetal. A proximidade dos valores de taxa fotossintética entre as fases vegetativa e reprodutiva, combinados com a alta temperatura e radiação observadas, indicam que a variação está relacionada às condições climáticas e de cultivo, e não a mudança de fase fenológica.

Os valores de massa seca de raiz e da parte aérea são crescentes, porém a redução de incorporação de biomassa na fase de frutificação sugere que os recursos produzidos nessa fase foram direcionados a formação dos frutos e sementes. O resultado também indica que a espécie não recorreu à realocação de recursos de outros órgãos para a obtenção de energia necessária à reprodução. *Canavalia ensiformis* apresenta, portanto, um equilíbrio na distribuição dos recursos disponíveis, não recorrendo a mecanismos de compensação fisiológica, como elevação da taxa fotossintética ou realocação de recursos, para suprir a energia requerida na fase reprodutiva.

7. LITERATURA CITADA

- AKINLADE, J. A.; FARINU, G. O.; TAIWO, A. A.; ADERINOLA, O. A.; ADEBAYO, T. A.; OJEBIYI, O. O.; OLANIRAN, O.A. et al. Agronomic and nutritive evaluation of jack beans (*Canavalia ensiformis*) for fodder in the derived savannah zone of Nigeria. **International Journal Of Agricultural Research**, [S.l.], v. 2, n. 12, p.1059-1063, 2007.
- ANDRÉS, F.; COUPLAND, G. The genetic basis of flowering responses to seasonal cues. **Nature Reviews Genetics**, [S.l.], v. 13, n. 9, p.627-639, 17 ago. 2012. Springer Nature.
- ARAÚJO, S. A. do C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p.463-472, 2009.
- ASHMAN, T. A Dynamic Perspective on the Physiological Cost of Reproduction in Plants. **The American Naturalist**, [S.l.], v. 144, n. 2, p.300-316, ago. 1994.
- BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRÜGER, B. C.; BETO, L. R. M.; SILVA, G. A. S. da. et al. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p.71-85, 2013.
- BAZZAZ, F. A.; CHIARIELLO, N. R.; COLEY, P. D.; PITELKA, L. F. Allocating resources to reproduction and defense. **Bioscience**, [S.l.], v. 37, n. 1, p.58-67, jan. 1987.
- BENTACUR, A. D.; CHEL, G. L.; CAÑIZARES, H. E. Acetylation and characterization of *Canavalia ensiformis* starch. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.l.], v. 45, n. 2, p.378-382, 1997.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3. ed. Nova Iorque: Springer, 2013. 392 p.
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; CARVALHO, L. B. de. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* (L.) Merr. e *Euphorbia heterophylla* L. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, v. 11, n. 2, p.61-72, 2007.
- BIANCO, S.; CARVALHO, L. B.; BIANCO, M. S.; PITELLI, R. A. Acúmulo de massa e de macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Solanum americanum*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p.87-95, 2012.
- BLUM, A.. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 112, n. 2-3, p.119-123, jun. 2009.

- CARVALHO, S. J. P. de; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p.317-326, 2008.
- CESAR, M. N. Z.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D.; URQUIAGA, S. S. C.; PADOVAN, M. P. Performance de adubos verdes cultivados em duas épocas do ano no Cerrado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 6, n. 2, p.159-169, 2011.
- CHEN, W.; LEE, T.; LAN, C.; CHENG, C. Characterization of halotolerant rhizobia isolated from root nodules of *Canavalia rosea* from seaside. **Fems Microbiology Ecology**, [S.l.], v. 34, n. 1, p.9-16, out. 2000.
- CRONE, E. E.; MILLER, E.; SALA, A. How do plants know when other plants are flowering? Resource depletion, pollen limitation and mast-seeding in a perennial wildflower. **Ecology Letters**, [S.l.], v. 12, n. 11, p.1119-1126, nov. 2009.
- DAMOUR, G.; SIMONNEAU, T.; COCHARD, H.; URBAN, L. An overview of models of stomatal conductance at the leaf level. **Plant, Cell & Environment**, [S.l.], v. 33, p.1419-1438, 2010.
- EKNAYAKE, S.; JANSZ, E. R.; NAIR, B. M. Proximate composition, mineral and amino acid content of mature *Canavalia gladiata* seeds. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 66, n. 1, p.115-119, jul. 1999.
- ESHGHI, S.; ENAYATOLLAH, T.; DOKHANI, S.; RAHEMI, M.; EMAM, Y. Changes in carbohydrate contents in shoot tips, leaves and roots of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) during flower-bud differentiation. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 113, n. 3, p.255-260, jul. 2007.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G.. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, [S.l.], v. 171, n. 3, p.501-523, ago. 2006.
- FLUMIGNAN, D. L.; ADAMI, M.; FARIA, R. T. de. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p.1-6, 2008.
- FORNARA, F.; MONTAIGU, A. de; COUPLAND, G.. SnapShot: Control of Flowering in *Arabidopsis*. **Cell**, [S.l.], v. 141, n. 3, p.550-552, abr. 2010.
- GRANIER, C.; TARDIEU, F. Multi-scale phenotyping of leaf expansion in response to environmental changes: the whole is more than the sum of parts. **Plant, Cell and Environment**, [S.l.], v. 32, n. 9, p.1175-1184, 2009.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. Histórias de vida de plantas. In: _____. **Ecologia Vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. Cap. 8. p. 185-202.
- JACQUEMYN, H.; BRYNS, R.; JONGEJANS, E. Size-dependent flowering and costs of reproduction affect population dynamics in a tuberous perennial woodland orchid. **Journal Of Ecology**, [S.l.], v. 98, n. 5, p.1204-1215, 19 jul. 2010.

- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2008. 452 p.
- KNOPS, J. M. H.; KOENIG, W. D.; CARMEN, W. J.. Negative correlation does not imply a tradeoff between growth and reproduction in California oaks. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.I.], v. 104, n. 43, p.16982-16985, 16 out. 2007.
- LARCHER, Walter. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LEWIS, G.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. **Legumes of the world**. Kew: Royal Botanical Gardens, 2005.
- LOPES, O. M. N. **Feijão-de-porco: Leguminosa para controle de mato e adubação verde do solo**. Altamira: Embrapa, 2000. 4 p. (Informativo Técnico 12/2000).
- MARRICHI, Ana Heloisa Carnaval. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.
- MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. **Pesquisa e Tecnologia**, [S.I.], v. 3, n. 1, p.1-15, 2006.
- MATLAGA, D. P.; HORVITZ, C. C.. Large size and high light do not lower the cost of reproduction for the Neotropical herb *Goepertia marantifolia*. **American Journal Of Botany**, [S.I.], v. 102, n. 3, p.350-357, 18 fev. 2015.
- MOHANTY, M.; REDDY, K. S.; PROBERT, M. E.; DALAL, R. C.; RAO, A. S.; MENZIES, N. W. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from a laboratory incubation study. **Ecological Modelling**, [S.I.], v. 222, n. 3, p.719-726, fev. 2011.
- MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGAT, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p.15-24, 2005.
- MORAES, R. M.; PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. de S.; HERNANI, L. C.; SOUZA, M. T. de; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, E. E. Acúmulo de massa seca e nutrientes na parte aérea do milho e o estágio mais adequado de manejo para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.I.], v. 3, n. 2, p.95-98, 2008. Suplemento especial.
- NARITA, J.; BUZATO, S.. Custos da reprodução sexual em *Abutilon rufinerve* (Malvaceae) e indícios de compensação fisiológica. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu - Mg. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu - Mg: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007. p. 1 - 3. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/755.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

- NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. **Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes**. Piracicaba: Informativo Sementes IPEF, 1998. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>>. Acesso em: 19 fev. 2016.
- OBESO, J. R.. The costs of reproduction in plants. **New Phytologist**, [S.l.], v. 155, p.321-348, 2002.
- OLIVEIRA, P. E.; MARUYAMA, P. K. Sistemas reprodutivos. In: REICH, A. R. et al (Org.). **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. Cap. 3. p. 71-92.
- PADOVAN, M. P.; CESAR, M. N. Z.; ALOVISI, A. M. T.; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, E. E. Acumulação de massa e nitrogênio em cultivares de soja para fins de adubação verde, num sistema sob transição agroecológica em Dourados, MS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 3, n. 2, p.91-94, 2008. Suplemento especial.
- PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. de S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FERNANDES, S. S. L. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 6, n. 3, p.182-190, 2011.
- PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p.161-169, 2005.
- PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: CARVALHO, C. A. L. de et al (Org.). **Tópicos em Ciências Agrárias**. Cruz das Almas: Ufrb, 2009. Cap. 4. p. 37-54.
- R CORE TEAM (2016) – R Foundation for Statistical Computing -. **R: A language and environment for statistical computing**. Version 2015. Vienna, Austria. URL [HTTPS://www.R-project.org/](https://www.R-project.org/).
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. **Boletim técnico**, v. 100.
- REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V. de; ALBUQUERQUE, A. W.; JUNIOR, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p.386-391, 2013.
- RODRIGUES, J. E. L. F.; ALVES, R. N. B.; LOPES, O. M. N.; TEIXEIRA, R. N. G.; ROSA, E. S. **A importância do feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC.) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no Município de Ponta-de-Pedras/Marajó-PA**. 96. ed. Belém: Embrapa, 2004. 4 p.

- SAGE, R. F.; KUBIEN, D. S.. The temperature response of C₃ and C₄ photosynthesis. **Plant, Cell & Environment**, [S.l.], v. 30, n. 9, p.1086-1106, set. 2007.
- SCHEFFER-BASSO, S. M.; JACQUES, A. V. Á.; AGNOL, M. D. Alocação da biomassa e correlações morfofisiológicas em leguminosas forrageiras com hábitos de crescimento contrastantes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p.629-634, 2002.
- SILVA, A. C. da. **Crescimento, produtividade e alocação de reservas da figueira, em diferentes condições de cultivo**. 2011. 126 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2011.
- SILVA, L. M. S. **O plantio associado entre banana (*Musa acuminata* Cultivar Cavendish "Grande Naine") e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.): Uma avaliação agrônômica dos efeitos da competição por água, nitrogênio e energia luminosa**. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.
- SMITH, N. G; DUKES, J. S. Plant respiration and photosynthesis in global-scale models: incorporating acclimation to temperature and CO₂. **Global Change Biology**, [S.l.], v. 19, n. 1, p.45-63, 7 set. 2012.
- SONG, Y. H.; ITO, S.; IMAIZUMI, T. Flowering time regulation: photoperiod- and temperature-sensing in leaves. **Trends In Plant Science**, [S.l.], v. 18, n. 10, p.575-583, out. 2013.
- SRIDHAR, K. R.; SEENA, S.. Nutritional and antinutritional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia* – A comparative study. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 99, n. 2, p.267-288, jan. 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TEITEL, Z.; PICKUP, M.; FIELD, D. L.; BARRETT, S. The dynamics of resource allocation and costs of reproduction in a sexually dimorphic, wind-pollinated dioecious plant. **Plant Biology**, [S.l.], v. 18, n. 1, p.98-103, jan. 2016.
- TEIXEIRA, S. de P.; MARINHO, C. R.; PAULINO, J. V. A flor: aspectos morfofuncionais e evolutivos. In: RECH, A. R. et al (Org.). **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. Cap. 2. p. 45-69.
- TEJADA, M.; GONZALEZ, J. L.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. M.; PARRADO, J. Application of a green manure and green manure composted with beet vinasse on soil restoration: Effects on soil properties. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 99, p.4949-4957, 2008.
- TOZZI, A. M. G. de A. (Org.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2016. 441 p. v. 2.

ZANELLA, F.; WATANABE, T. M.; LIMA, A. L. da S.; SCHIAVINATO, M. A. Photosynthetic performance in jack bean [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.] under drought and after rehydration. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, São Paulo, v. 16, n. 3, p.181-184, 2004.

APÊNDICE

A análise de solo realizada anteriormente a semeadura de *Canavalia ensiformis* (Tabela 1) apresentou resultados classificados como Alto (P Resina, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn), Médio (M.O, V), Baixo (Al), Muito bom (H+Al, SB, CTC, Mn) e acidez média, segundo os parâmetros estabelecidos pelo IAC – Instituto Agrônomo de Campinas (RAIJ et al., 1997), descartando a necessidade de adubação e calagem. *C. ensiformis* tolera e desenvolve-se bem em diferentes tipos de solo e com pH entre 4,3 e 6,8 (AKINLADE, 2007).

Tabela 1 – Análise de solo anterior a semeadura de *Canavalia ensiformis*.

P Resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg.dm ³	g.dm ³	CaCl ₂			mmol _c .dm ³				%			mg.dm ³			
46	28	5,4	3,2	23	19	22	45,2	67,2	67,3	15	0,62	2,5	14	86,9	1,4

Fonte: Laboratório de Química e Fertilidade dos Solos – CCA - UFSCar.