

Desenvolvimento inicial de mudas de pinhão manso depende da intensidade de desfolha

¹ João Alexandre Lopes Dranski, ² Artur Soares Pinto Júnior, ³ Marcelo Angelo Campagnolo, ⁴ Ubirajara Contro Malavasi, ⁴ Marlene de Matos Malavasi

¹Faculdade Educacional de Medianeira, Rua Rio Branco, 1820, CEP 85884-000, Medianeira, PR, Brasil. E-mail: joadranski@yahoo.com.br

² Simbiose Distribuidora de Fertilizantes Biológicos e Inoculantes Especiais, BR 158, Km 206, CEP 98005-970, Cruz Alta, RS, Brasil. E-mail: artur_bio@hotmail.com

³ Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Av. da União, 500, CEP 85902-532, Toledo, PR, Brasil. E-mail: campagnolo.m@hotmail.com

⁴ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. E-mails: biramalavasi@yahoo.com.br, marlenemalavasi@yahoo.com.br

Resumo: A herbivoria causada por formigas cortadeiras pode remover até 15% da folhagem de vegetais cultivados. Este estudo avaliou os efeitos de taxas de desfolhamento simulado sobre o crescimento inicial de mudas transplantadas de *Jatropha curcas* L., submetidas à desfolha artificial de 0%, 33%, 66% e 100% dos limbos foliares. Foram avaliadas a altura, no diâmetro do coleto, no tamanho médio de novos limbos foliares, e na área foliar aos 30, 60 e 90 dias após a desfolha, seguindo um delineamento inteiramente ao acaso em arranjo de parcelas subdivididas no tempo, com seis repetições. Ao final dos 90 dias quantificou-se a matéria seca do sistema radicular e dos tecidos aéreos, os teores de nitrogênio nas raízes e folhas, e o teor de proteínas totais solúveis nas folhas. Quando da existência de significância pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que uma taxa de desfolha de até 33% não altera significativamente a taxa de crescimento e a alocação de matéria seca em mudas de *Jatropha curcas*, e que a área foliar suprimida é recuperada através da expansão do limbo foliar. Expansão foliar, remobilização de nitrogênio e alteração na concentração de proteínas são indícios de uma estratégia de defesa da espécie à herbivoria.

Palavras chave: *Jatropha curcas* L., Herbivoria, Formigas cortadeiras.

Development of the physic nut seedlings depends on the defoliation intensity

Abstract: The herbivory caused by leaf-cutting ants can remove up to 15% of the foliage of cultivated plants. This study evaluated the effects of artificial defoliation on the initial growth of *Jatropha curcas* L. seedlings transplanted subjected to defoliation of 0%, 33%, 66% and 100% of the total leaf blades. Measurements included increments in seedling height, stem diameter, new leaf blade length, and leaf area at 30, 60 and 90 days after defoliation, following a completely randomized design in subdivided time arrangement with six seedlings (replications). Ninety days after defoliation we quantified root and shoot dry biomass, nitrogen content of roots and leaves, and leaf total soluble protein. Upon existence of significance by F test, Tukey test at 5% probability, compared treatment means. A defoliation rate of 33% did not significantly alter growth rate or dry matter allocation of *Jatropha curcas* seedlings. Suppressed leaf area was reset through expansion of leaf blade. Leaf expansion, nitrogen remobilization and alteration in protein content are indications of a defense strategy of the specie to herbivory.

Keywords: *Jatropha curcas* L., Herbivory, Leaf cutting ants.

Introdução

Formigas cortadeiras são consideradas como um dos principais insetos-praga no cultivo de plantas perenes, cujos danos ocasionados pela desfolha são identificados desde a produção das mudas ao momento de colheita (Zanuncio et al., 2001 & Ukan et al., 2010). A herbivoria causada por formigas cortadeiras pode remover até 15% da folhagem de vegetais cultivados (Urbas et al., 2007).

Em espécies de rápido crescimento, e principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, a alocação de carbono e compostos orgânicos para sustentar o crescimento primário é inversamente relacionada ao acúmulo de compostos químicos de defesa, tornando os vegetais mais palatáveis e atrativos a herbivoria por formigas (Wainhouse et al., 1990 & Farji-Brener, 2001).

Mudas são desprovidas de um sistema de defesa eficiente como o observado em um indivíduo adulto, tornando-as mais vulneráveis ao ataque por insetos desfolhantes (Zanetti et al., 2014), seja pelo seu baixo grau de lignificação dos tecidos (Wainhouse et al., 1990), ou pela capacidade reduzida de amplificação e transdução de sinal ao ataque de um inseto, capaz de desencadear a síntese de metabólitos secundários responsáveis por conferir uma resposta sistêmica de defesa (Pinto-Zevallos et al., 2013).

Os efeitos da herbivoria dependem da frequência e da intensidade da desfolha. A redução da área foliar fotossinteticamente ativa pelo desfolhamento promove desarranjo fisiológico nos vegetais interferindo no crescimento, na partição da biomassa aérea e radicular, na alocação de fotoassimilados para a emissão de novas folhas e biossíntese de compostos de defesa (Freitas, Berti, 1994 & Koch et al., 2013).

A simulação exata do desfolhamento provocado por insetos é extremamente difícil, do ponto de vista prático (Matrangolo et al., 2010), desta forma os efeitos do ataque de insetos desfolhantes sobre o crescimento do vegetal podem ser avaliados por simulação que visa quantificar os danos tal como eles são

provocados pelos insetos (Cantarelli et al., 2008, Reis et al., 2011 & Nickele et al., 2012),

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é um arbusto perene, de múltiplo propósito, pertencente à família Euphorbiaceae e nativa da América Central. Cultivado principalmente como alternativa para a produção de biodiesel obtido de suas sementes oleaginosas (Brittaine & Lualadio, 2010). No entanto, ainda é uma planta cujas propriedades agrônômicas não são totalmente conhecidas e os efeitos ambientais não foram completamente elucidados, além da falta de variedades melhoradas e com características desejáveis para as condições de cultivo e comercialização (Horbach et al., 2014).

De acordo com Lama et al. (2015), cerca de 78 espécies de artrópodes herbívoros, integrantes de nove ordens e trinta e uma famílias forrageiam a *Jatropha curcas*. Na América Central e do Sul foram identificadas trinta e quatro espécies, principalmente da família Formicidae, cuja preferência ao forrageamento ocorre em mudas recém-plantadas, principalmente das espécies *Atta sexdens rubropilosa* e *Acromyrmex landolt balzani* (Saturnino et al., 2005, Brittaine & Lualadio, 2010).

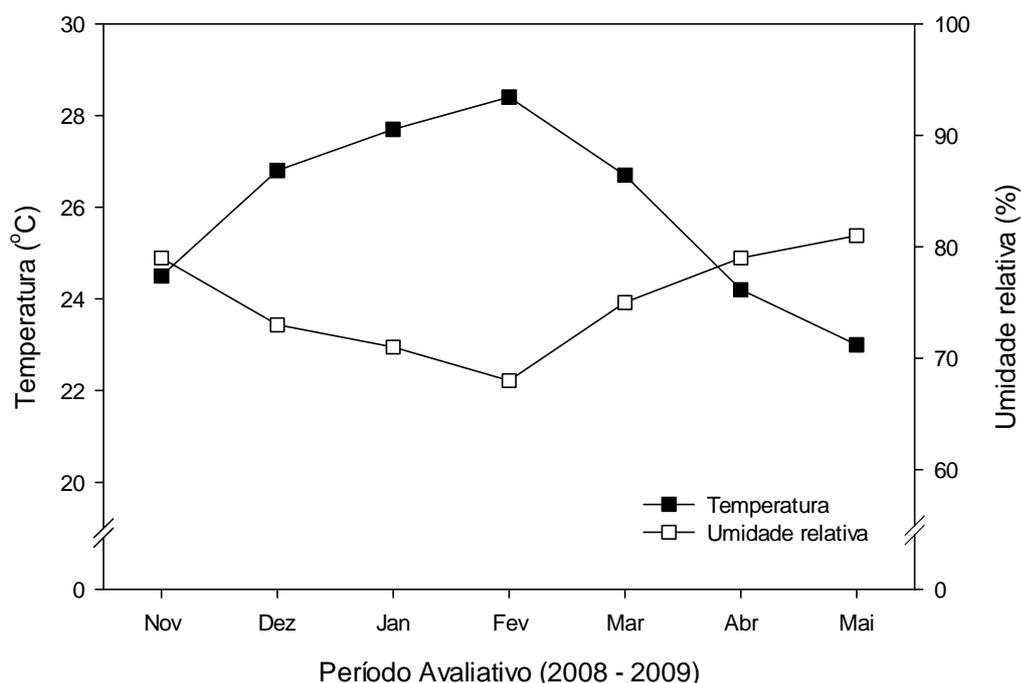
O custo despendido com o controle destes insetos-praga depende em parte da densidade de formigueiros e do tamanho populacional. Portanto a quantificação das perdas e do prejuízo econômico pode incentivar o silvicultor a melhorar as práticas de manejo e reduzir os danos causados pelos insetos (Matrangolo et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do desfolhamento simulado sobre o crescimento inicial em mudas de *Jatropha curcas*.

Material e métodos

O experimento foi instalado em ambiente protegido, com 50% de sombreamento, localizado em Marechal Cândido Rondon, PR, durante os anos de 2008 e 2009. As médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas com o auxílio de um termohigrômetro digital (Figura 1).

Figura 1 - Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar do ambiente propagativo em função do período avaliativo.



O ensaio seguiu o delineamento inteiramente ao acaso em arranjo de parcelas subdivididas no tempo, composto por três porcentagens de desfolha artificial (33%, 66% e 100%) baseadas no número de folhas por muda e um tratamento controle (0%). As mensurações morfológicas foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a desfolha. Cada intensidade de desfolha utilizou seis repetições de quatro mudas cada, totalizando 72 mudas.

As mudas de *Jatropha curcas* foram produzidas via semeadura direta com sementes provenientes de Pedro Juan Caballero-PY. A semeadura ocorreu em novembro de 2008 em tubetes de 120 cm³ de seção circular, preenchidos com substrato comercial (Plantmax HA[®]) e acomodados em bandejas plásticas planas com capacidade para 96 recipientes. A fertilização constou de 4 kg m⁻³ da formulação N₂-P₂O₅-K₂O (10-10-10) incorporado ao substrato. A irrigação ocorreu diariamente até a saturação do substrato.

Quando externaram uma altura de 15 ± 3 cm, alcançada após 90 dias da emergência, no mês de fevereiro de 2009, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 22 dm³

preenchidos com solo peneirado da região (Latosolo Vermelho Distroférico típico, de textura argilosa). Por ocasião do transplante os valores da altura, diâmetro do coleto, área foliar e número de folhas foram mensurados. Os vasos foram dispostos sobre bancadas de madeira onde permaneceram com irrigação diária até saturação por duas semanas antes do início dos tratamentos.

As desfolhas foram efetuadas em fevereiro de 2009 com o auxílio de uma tesoura de poda, excisando os limbos foliares localizados no terço inferior da folhagem (correspondente a 33% do total de folhas), nos dois terços inferiores da folhagem (desfolha de 66%) e em todos os limbos foliares (desfolha de 100%).

Foram avaliadas a altura, o diâmetro do coleto e a área foliar aos 30, 60 e 90 dias após a desfolha.

Após a última mensuração (90 dias após desfolha, no mês de maio de 2009) quantificou-se as massas de matéria seca dos tecidos aéreos e radiculares, bem como os teores de nitrogênio nas raízes e folhas, e o teor de proteínas totais solúveis nas folhas.

A área foliar foi determinada pelo método de imagens digitalizadas com o software QUANT 1.0 (Vale et al., 2003). O número de folhas representativas para obtenção da área foliar média foi estimado pelo método da amostragem aleatória simples, com base na variância da média de 10 folhas totalmente expandidas por repetição obtidas de diferentes posições na folhagem da muda. Admitiu-se o limite de erro de 15% a 95% de probabilidade pelo teste t de Student para uma população que tende ao infinito (Pellico & Brena, 1997). Após a determinação da área média do limbo foliar, multiplicou-se pelo número de folhas para obtenção da área foliar total.

Para a determinação da massa de matéria seca dos tecidos aéreos e radiculares, as amostras foram acondicionadas em estufa com circulação de ar a 60 °C por 72 h até peso constante. Após a pesagem, a massa seca foi moída em moinho tipo Willye e passada em peneira de malha 40 mesh.

Na quantificação do teor de nitrogênio utilizou-se amostras de 0,2 g submetidas à digestão sulfúrica e posterior destilação em aparelho semi-micro Kjeldhal seguido de espectrofotometria UV-VIS como descrito por Tedesco et al. (1995).

O teor de proteínas totais foi determinado pelo método de Bradford (1976), utilizando amostras de 1,5 g de folhas frescas, e os resultados expressos em g kg^{-1} de massa fresca.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para normalidade da distribuição dos resíduos e ao de Cochran e Bartlett para homogeneidade das variâncias, seguido da análise de variância a 5% de probabilidade. Quando da existência de significância pelo teste F, as médias foram comparadas pelo Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do software Saeg 9.0.

Resultados e discussão

A análise de variância mostrou diferença entre os níveis de desfolha ao longo do período avaliativo para os incrementos na altura ($F_{\text{calc}} = 3,317$; $p = 0,0086$) e no diâmetro do coleto ($F_{\text{calc}} = 4,014$, $p = 0,0027$). A probabilidade de significância para normalidade da distribuição dos resíduos e para a homogeneidade das variâncias

foi respectivamente de $p = 0,118$ e $p = 0,271$ para a taxa de incremento em altura e de $p = 0,745$ e $p = 0,594$ para a taxa de incremento no diâmetro do coleto.

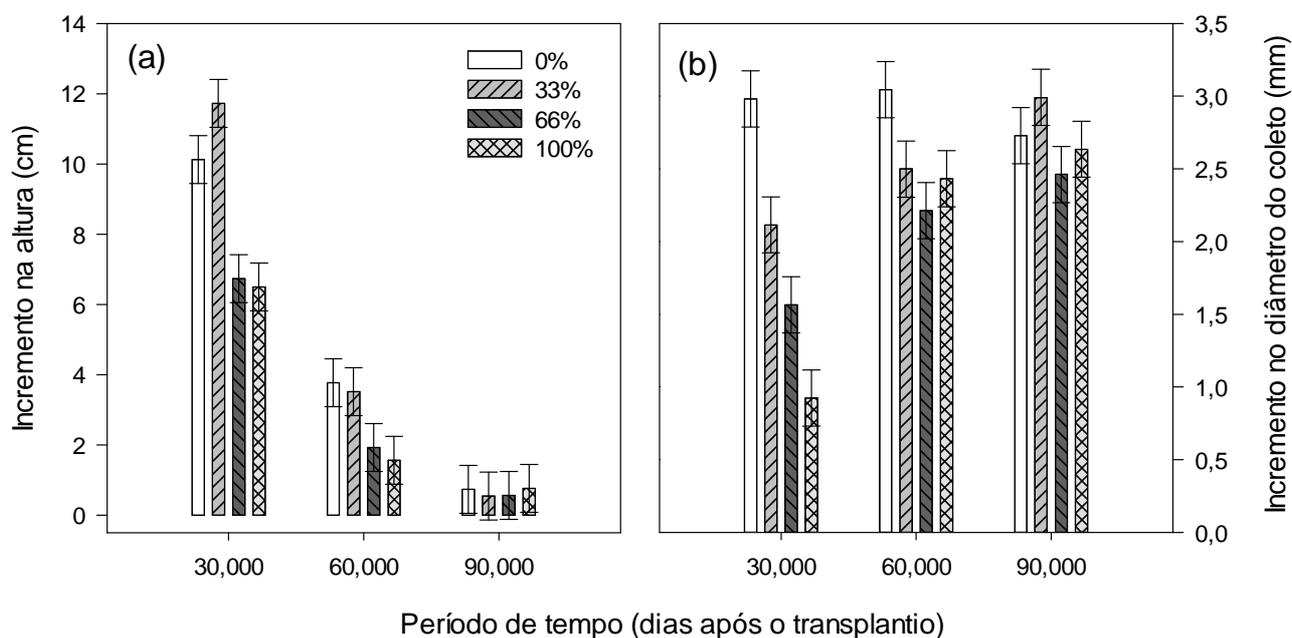
Mudas submetidas a 33% de desfolhamento apresentaram uma maior taxa de crescimento em altura em relação aos demais tratamentos nos primeiros 30 dias (Figura 2 a), sendo que aos 60 dias não foram constatadas diferenças significativas em relação ao tratamento controle. Mudas submetidas a níveis maiores do que 33% de desfolhamento apresentaram crescimento primário fortemente comprometido até 60 dias após a supressão da área foliar. Aos 90 dias não houve diferenças significativas entre as porcentagens de desfolha.

Houve redução na velocidade de crescimento em altura em função do período avaliativo, independente da porcentagem de desfolha. Esta redução na velocidade de crescimento primário justifica-se pela redução de temperatura do ambiente propagativo, visto que no ato do transplântio foi em média de 28 °C e ao final situou-se em 22 °C (Figura 1).

Schock et al. (2014) observaram que parâmetros de trocas gasosas em folhas de mudas de *Jatropha curcas* avaliados ao longo de 240 dias após a semeadura, que ocorreu no mês de outubro, foram modulados de acordo com os elementos do clima, nas condições meteorológicas do município de Capão do Leão, RS, principalmente pela temperatura, com uma redução de até 50% na assimilação líquida de CO_2 , coincidindo aos meses de avaliação da presente pesquisa, o que justifica a redução do crescimento primário ao longo do tempo em detrimento ao acúmulo de compostos orgânicos a outros órgãos e tecidos.

A taxa de incremento no diâmetro do coleto foi reduzida significativamente e gradativamente com o aumento da taxa de desfolha nos primeiros 30 dias (Figura 2b), resultando em redução de até 70% na velocidade de crescimento secundário, quando comparados os tratamentos controle e ao de 100% de desfolha. Após 30 dias da desfolha não foram evidenciadas diferenças significativas entre mudas submetidas à redução da área foliar, sendo que aos 90 dias do transplântio não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Figura 2 - Incremento na altura (a) e no diâmetro do coleto (b) de mudas de *Jatropha curcas* em função do período de tempo e da porcentagem de desfolha.



Para o tratamento controle as taxas de incremento no diâmetro do coleto mantiveram-se constantes. Para mudas submetidas a diferentes intensidades de desfolha, após o período de 30 dias do transplante, a velocidade de crescimento secundário foi aumentada até que as taxas de crescimento se igualaram ao do tratamento controle aos 90 dias do transplante.

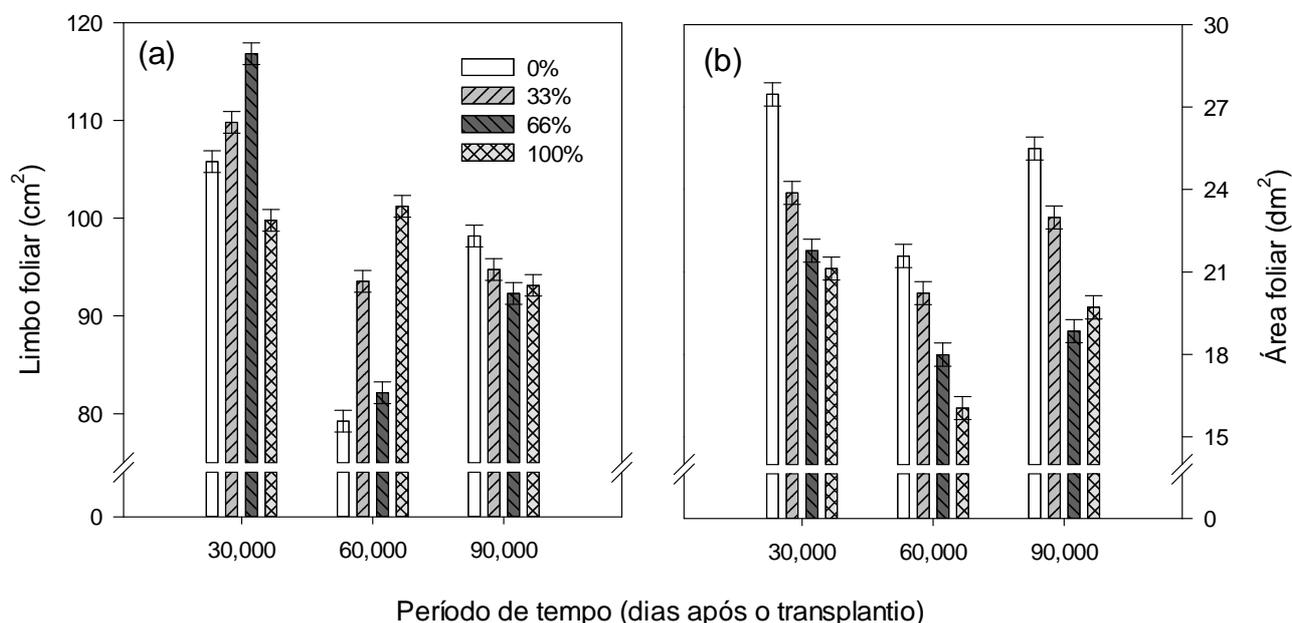
A análise dos resultados revelou haver direcionamento preferencial dos fotoassimilados das folhas-fonte para o crescimento secundário, tendo em vista que as taxas de crescimento em diâmetro mantiveram-se mais constantes quando comparadas com as do crescimento primário, independente a porcentagem de desfolha aplicada.

Mesmo havendo redução nas taxas de crescimento em altura com o passar do tempo, mudas submetidas à desfolha maior que 33% resultaram na redução da taxa de crescimento primário até os 60 dias da simulação. Portanto, as mudas seriam menos competitivas tendo em vista que as taxas de crescimento de um vegetal podem refletir a habilidade e a hierarquia competitiva das espécies na comunidade vegetal (Salvadori et al., 2013).

A simulação da desfolha por formigas do gênero *Acromyrmex* com redução acima de 50% da área foliar resultou na redução das taxas de crescimento em altura e em diâmetro de mudas de *Pinus taeda* L. após um ano do plantio, externando forte aderência com ataques naturais observados em duas áreas de cultivo no estado de Santa Catarina (Nickel et al., 2012).

A área média do limbo foliar de novas folhas foi afetada significativamente pela intensidade da desfolha (Figura 3a). O aumento do limbo foliar ocorreu com a supressão de até 66% da área foliar após 30 dias, indicando que o crescimento da folha foi um mecanismo compensatório à redução do número de folhas, visando à manutenção do fluxo de carbono. A supressão de 100% da folhagem resultou em folhas com menor área de limbo foliar. Sessenta dias após a desfolha, os valores da área foliar oscilaram entre os tratamentos, com exceção da supressão de 100% das folhas que manteve média estatisticamente igual ao mensurado aos 30 dias. Já aos 90 dias, a maior média foi estimada em mudas do tratamento controle enquanto que com os demais níveis de desfolha não houve diferenças significativas.

Figura 3 - Área do limbo foliar (a) e área foliar (b) em mudas de *Jatropha curcas* em função do período de tempo e da porcentagem de desfolha.



A área foliar por muda de *Jatropha curcas* seguiu a tendência das taxas de desfolha, ou seja, mudas do tratamento controle que apresentaram maior número de folhas resultaram na maior área fotossinteticamente ativa. Alterações deste comportamento foram anotadas para as taxas de desfolha de 66% e 100% que por medida compensatória à redução do número de folhas, externaram maiores limbos foliares até os 60 dias da simulação de herbivoria.

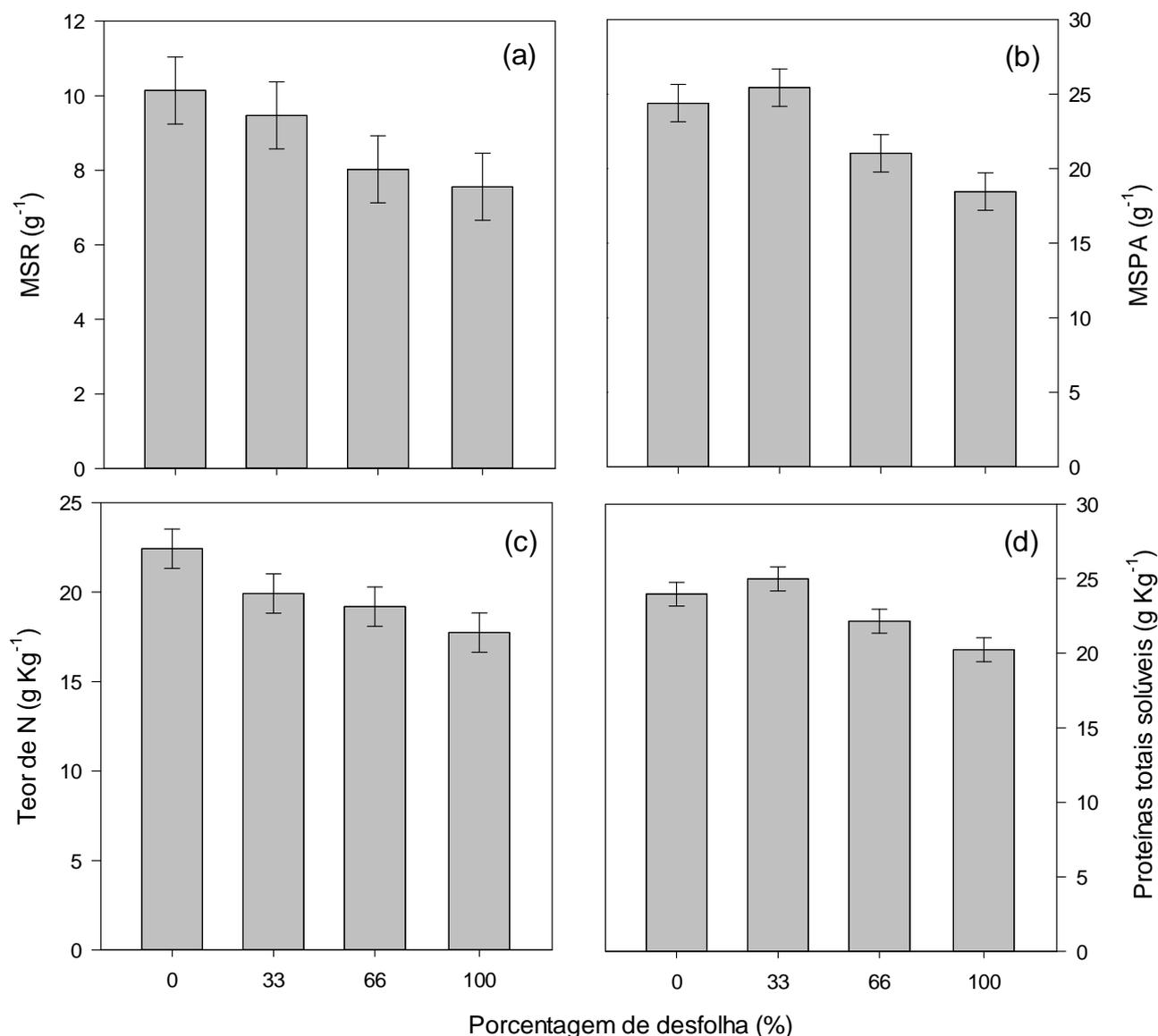
Notou-se, contudo, uma redução na área foliar aos 60 dias, quando comparado com os demais períodos avaliativos, fato este associado à expansão do limbo foliar decorrente do processo de renovação da folhagem, uma vez que o número de folhas manteve-se semelhante entre os períodos avaliativos, independente do tratamento, corroborando com o exposto por Fernandes et al. (2013), cujos períodos de abscisão e emissão de novas folhas ocorreram em função da redução na temperatura do ambiente.

Herbívoros normalmente selecionam as plantas segundo a atratividade das folhas, pois folhas com mais aminoácidos e compostos de nitrogênio orgânicos livres são mais nutritivas e, portanto, mais atrativas para herbívoros (Price,

1991) o que torna as folhas jovens preferidas para forrageamento. Por outro lado, o número de camadas do mesófilo foliar, o desenvolvimento de esclerênquima e células com parede espessas e lignificadas conferem maior dureza à folha e reduzem a palatibilidade (Corrêa et al., 2008).

Desfolha maior do que 33% reduziu significativamente o acúmulo de massa seca radicular ($F_{\text{calc}} = 6,601$; $p = 0,003$) e aérea ($F_{\text{calc}} = 7,377$; $p = 0,002$) 90 dias após a desfolha (Figura 4a e 4b). A redução no acumulado de biomassa radicular e aérea com a remoção igual e superior 66% de área foliar foi de 23% e 19% respectivamente, em comparação ao tratamento controle. Mudas submetidas a uma maior taxa de desfolha investiram mais carbono na reposição de área foliar inicialmente suprimida, visto que aos 90 dias após a desfolha a redução em área foliar foi de 24% em comparação ao tratamento controle, gerando uma taxa de reposição de 42% e 76% sobre o que foi suprimido inicialmente. Portanto, a redução de biomassa aérea se deve a uma área foliar fotossinteticamente ativa menor, além de menor acúmulo de biomassa no sistema radicular para sustentar o crescimento secundário (Figura 2b) e de novas folhas.

Figura 4 - (a) Massa seca de raízes (MSR), (b) massa seca dos tecidos aéreos (MSPA), (c) teor de nitrogênio nas folhas e (d) proteínas totais solúveis nas folhas em mudas de *Jatropha curcas* em função da porcentagem de desfolha após 90 dias.



Segundo Nabity et al. (2009) a atividade fotossintética é fortemente afetada quando um vegetal sofre danos por herbivoria, visto que a perturbação do forrageamento estimula síntese de jasmonatos, que promovem uma redução na transcrição de genes envolvidos na carboxilação, como os envolvidos na síntese da enzima ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), conseqüentemente, diminuindo a taxa de acúmulo de biomassa (Giri et al., 2006).

A análise de variância revelou não haver diferenças significativas para o teor de nitrogênio no sistema radicular ($F_{\text{calc}} = 0,953$; $p = 0,434$),

com teor médio de $10,9 \text{ g kg}^{-1}$ enquanto que nas folhas, a desfolha simulada reduziu os teores de nitrogênio ($F_{\text{calc}} = 6,344$; $p = 0,003$), e de proteínas totais solúveis ($F_{\text{calc}} = 4,041$; $p = 0,021$), independente da intensidade de desfolha (Figura 4c e 4d).

A concentração de nitrogênio (N) foliar em espécies herbáceas comumente aumenta em resposta a herbivoria (Moser & Schultz, 2006) provavelmente para repor rapidamente a área fotossintética perdida. Em quatro espécies arbóreas do cerrado, Mundim et al. (2012) reportaram que o teor de N foliar aumentou 1,4 e

1,2 vezes respectivamente para as espécies *Coussarea hydrangeaeifolia* (Benth.) e *Maprounea guianensis* (Aubl.) ou permaneceu inalterado para as espécies *Cardiopetalum callophyllum* (Schltdl.) e *Guapira graciliflora* [(Mart. ex Schum.) Lundell] em função da simulação da desfolha trimestral ou mensal em comparação a ausência de desfolha. Para *Jatropha curcas* a baixa concentração de nitrogênio nos tecidos foliares em função da intensidade de desfolha é um resultado de defesa química para torná-la menos atraente à herbivoria.

A diversidade de insetos herbívoros associados a uma planta hospedeira pode ser afetada por fatores como a qualidade nutricional da planta, disponibilidade de recursos e estratégias de defesa. O teor de nitrogênio presente em plantas está entre as características fundamentais para o desenvolvimento e reprodução de insetos (Marschner, 1995). Portanto, como a concentração de nitrogênio (N) é maior nas folhas do que nas raízes e no caule, a perda de folhas resulta na redução da concentração total de N do vegetal (Kouki et al., 2005). Os efeitos da desfolha simulada podem induzir a uma alteração bioquímica da qualidade da folha, pela redução da concentração de nitrogênio nas folhas mais jovens, visto que a redução na concentração da Rubisco afeta negativamente a assimilação do nitrogênio via reações de fotorrespiração (Schachtman & Shin, 2007), que podem reduzir os ataques futuros por insetos por atratividade (Kudo, 1996).

A redução do teor de proteínas totais solúveis pode estar associada à síntese de saponinas, curcinas, lectinas e inibidores de tripsina (Taiz & Zeiger, 2013). Estes nitroderivados estão associados com a redução da palatibilidade das folhas, bem como apresentam toxicidade para insetos, moluscos e microorganismos, o que habilita o vegetal na produção de inseticidas naturais para o controle de pragas (Devappa et al., 2010).

A interpretação dos resultados indica a desfolha de até 33% do número de folhas em mudas de pinhão manso não alterou significativamente a taxa de crescimento e a alocação de matéria seca, e que a área foliar suprimida foi repostada mediante a expansão do limbo foliar.

Mudas submetidas à desfolha provavelmente cercam-se de estratégias de

defesa, mediante a regulação da atratividade, seja pelo estado nutricional ou por metabólitos secundários envolvidos na defesa do vegetal.

Conclusões

A simulação de herbivoria através da desfolha com redução de 33% da folhagem não afetou o crescimento inicial em mudas de *Jatropha curcas*. A expansão foliar e a remobilização de nitrogênio indicam possíveis estratégias de defesa da espécie à herbivoria.

Referências

- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72 (1-2), 248-254.
- Brittaine, R., & Litaladio, N. (2010). *Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop the Potential for Pro-Poor Development*. Integrated Crop Management, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 8.
- Cantarelli, E. B. et al. (2008). Quantificação das perdas no desenvolvimento de *Pinus taeda* após o ataque de formigas cortadeiras. *Ciência Florestal*, 18 (1), 39-45.
- Corrêa, P. G. et al. (2008). Herbivoria e anatomia foliar em plantas tropicais brasileiras. *Ciência e Cultura*, 60 (3), 54-57.
- Devappa, R. K. et al. (2010). *Jatropha* toxicity – a review. *Journal of Toxicology and Environmental Health B*, 13, 476-507.
- Farji-Brener, A.G. (2001). Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. *Oikos*, 92, 169-177.
- Fernandes, J. D. et al. (2013). Fenologia e produção do pinhão-manso cultivado com

- diferentes fontes de adubação. *Ciência Agrônômica*, 44 (2), 339-346.
- Freitas, S., & Berti Filho, E. (1994). Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Myrtaceae). *Circular Técnica do IPEF*, Piracicaba, 47, 36-43.
- Giri, A. P. et al. (2006). Molecular Interactions between the Specialist Herbivore *Manduca sexta* (Lepidoptera, Sphingidae) and Its Natural Host *Nicotiana attenuata*. VII. Changes in the Plant's Proteome. *Plant Physiology*, 142 (4), 1621-1641.
- Horbach, M. A. et al. (2014). Métodos de propagação do pinhão-manso (*Jatropha curcas*). *Advances in Forestry Science*, 1 (1), 53-57.
- Koch, S. I. et al. (2013). Caste-specific expression patterns of immune response and chemosensory related genes in the leaf-cutting ant, *Atta vollenweideri*. *Plos One*, 8 (11), 1-17.
- Kouki, H. et al. (2005). Biomass allocation and leaf chemical defence in defoliated seedlings of *Quercus serrata* with respect to carbon–nitrogen balance. *Annals of Botany*, 95 (6), 1025-1032.
- Kudo, G. (1996). Herbivory pattern and induced responses to simulated herbivory in *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*. *Ecological Research*, 11 (1), 283-289.
- Lama, A. D. et al. (2015). Global patterns of arthropod herbivory on an invasive plant, the physic nut (*Jatropha curcas* L.). *Journal Applied Entomology*, 139 (1-2), 1-10.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants* (889p.). San Diego: Academic Press.
- Matrangolo, C. A. R. et al. (2010). Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45 (9), 952-957.
- Moser, B., & Schutz, M. (2006). Tolerance of understory plants subject to herbivory by roe deer. *Oikos*, 114, 311–321.
- Mundim, F.M. et al. (2012). Attack frequency and the tolerance to herbivory of neotropical savanna trees. *Oecologia*, 168, 405-414.
- Nabity, P. D. et al. (2009). Indirect suppression of photosynthesis on individual leaves by arthropod herbivory. *Annals of Botany*, 103 (4), 655–663.
- Nickele, M. A. et al. (2012). Leaf-cutting ant attack in initial pine plantations and growth of defoliated plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47 (7), 892-899.
- Pellico Netto, S., & Brena, D. A. (1997). *Inventário Florestal* (316p). Curitiba: Editorado pelos autores.
- Pinto-Zevallos, D. M. et al. (2013). Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. *Química Nova*, 36 (9), 1395-1405.
- Price, P. W. (1991). The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, 62 (2), 244-251.
- Reis Filho, W. et al. (2011). Danos causados por diferentes níveis de desfolha artificial para simulação do ataque de formigas cortadeiras em *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31 (65), 37-42.
- Salvadori, S. L. et al. (2013). Análise de sobrevivência e crescimento de *Cordia trichotoma*, Boraginaceae, Lamiales, no sul de Mato Grosso do Sul – Brasil. *Ciência Florestal*, 23 (4), 735-742.
- Saturnino, H. M. et al. (2005). Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). *Informe Agropecuário*, 26 (229), 44-78.
- Schachtman, D. P., & Shin, R. (2007). Nutrient sensing and signaling: NPKS. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 47-69.
- Schock, A. A. et al. (2014). Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Engenharia*

Agrícola e Ambiental, 18 (1), 3-9.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal* (5 ed., 918p). Porto Alegre: Artmed.

Tedesco, M. J. et al. (1995). *Análise de solo, plantas e outros materiais* (Boletim técnico, n.5, 2 ed., 174p). Porto Alegre: UFRGS.

Ukan, D. et al. (2010). Identificação de espécies de formigas cortadeiras em plantios de *Eucalyptus urograndis*. *Revista Floresta*, 40 (4), 819-824.

Urbas, P. et al. (2007). Cutting More from Cut Forests: Edge Effects on Foraging and Herbivory of Leaf-Cutting Ants in Brazil. *Biotropica*, 9 (4), 489-495

Vale, F.X.R. et al. (2003). A software plant disease severity assessment. *Annals of International Congress of Plant Pathology* (p. 105). Christchurch, New Zealand, 8.

Wainhouse, D. et al. (1990). The role of lignin as a defence against the Spruce bark Beetle *Dendroctonus micans*: effect on larvae and adults. *Oecologia*, 85 (2), 257-265.

Zanetti, R. et al. (2014). An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. *Forests*, 5, 439-454.

Zanuncio, J.C. et al. (2001). Influência da idade da muda de *Eucalyptus grandis* no desenvolvimento da lagarta-rosca *Nomophila sp.* *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (5), 743-750.

Recebido em: 21/01/2015

Aceito em: 03/04/2017