



CARACTERÍSTICAS FOTOSSINTÉTICAS DE PLANTAS JOVENS DE INGA EDULIS SUBMETIDAS A DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO.

PHOTOSYNTHETIC CHARACTERISTICS IN SEEDLINGS OF INGA EDULIS SUBJECTED TO DIFFERENT NITROGEN SOURCES.

Cristiane Santos do Carmo Ribeiro de Souza¹

Carlos Eduardo Moura da Silva²

Gilberto Costa Justino³

Saul Alfredo Antezana Vera⁴

José Francisco de Carvalho Gonçalves⁵

RESUMO: O objetivo desse estudo foi investigar as características fotossintéticas em plantas jovens de *Inga edulis* submetidas a fontes de NH_4 e NO_3 . O estudo foi conduzido em casa de vegetação no INPA (3° 05'30"S e 59° 59'36"W). Plantas de *I. edulis* foram inoculadas com cepas de rizóbios e aclimatadas em sombrite de 75%. O experimento consistiu dos tratamentos: Controle = Solução nutritiva sem adição de nitrogênio; NH_4 = Solução nutritiva com adição de amônio a 5mM; e NO_3 = Solução nutritiva com adição de nitrato a 5mM. Após 106 dias foram determinados: área foliar específica (AFE), trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos (clorofilas a, b e carotenóides), índice de conteúdo de clorofila (ICC), nitrogênio total e fluorescência da clorofila a. O valor médio de fotossíntese (A) para as plantas no tratamento NH_4 foi de 37 e 30% maior comparado aos tratamentos NO_3 e Controle, respectivamente. Em relação aos pigmentos cloroplastídicos, o tratamento NH_4 exibiu maior valor para as clorofilas a, b e carotenóides. As demais variáveis não exibiram diferença entre os tratamentos. O desempenho das plantas jovens de *I. edulis* parece responder mais efetivamente na presença do NH_4 . Contudo, somente para fotossíntese e teores de clorofila se verificou diferença, em outros parâmetros não se percebeu tal efeito. Diante disso, estudos mais específicos, inclusive

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate the photosynthetic characteristics in seedlings of *Inga edulis* subjected to different nitrogen sources (NH_4 and NO_3). The study was conducted in a greenhouse at INPA (3° 05'30" S and 59° 59'36" W). Plants of *I. edulis* were inoculated with strains of rhizobio and acclimatized in shade (75%). The experiment consisted of treatments: Control = nutrient solution without added nitrogen, NH_4 = nutrient solution with addition of ammonium (5 mM), and = NO_3 nutrient solution with addition of nitrate (5 mM). After 106 days were determined: specific leaf area (SLA), gas exchange, chloroplastidic pigments (chlorophylls a, b and carotenoids), chlorophyll content index (CCI), total nitrogen and chlorophyll fluorescence. The average value of photosynthesis (A) for the treatment NH_4 was 37 to 30% higher compared with the treatments NO_3 and control, respectively. For chloroplastidic pigments, NH_4 treatment exhibited higher value to the chlorophyll a, b and carotenoids. The other variables showed no differences between treatments. The performance of seedling of *I. edulis* seems to respond more effectively in the presence of NH_4 . However, difference was observed only for photosynthesis and chlorophyll content. In other parameters such effect is not observed.

1 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical (CPST), Caixa Postal 478, CEP 69011-970, Manaus, AM. souza_santos_cristiane@hotmail.com.

2 Universidade Estadual de Roraima (UERR), Rodovia BR-210, km 70, São João da Baliza, RR. carlosmoura.dr@gmail.com .

3 Universidade Federal de Alagoas, Praça Afrânio Jorge, s/n, Prado, CEP 57010-020, Maceió, AL. gilcostjust@gmail.com .



modificando as dosagens das fontes nitrogenadas, são necessários para entender melhor qual a forma nitrogenada assimilável preferível para propiciar maior incorporação de carbono pelas plantas de *I. edulis*.

Palavras-chave: Nutrição mineral, Amônio, Nitrato, Fotossíntese

Therefore, further studies including modifying the dosage of nitrogen sources are necessary to understand what assimilable nitrogen preferable by *I. edulis* for greater uptake of carbon.

Keywords: Mineral nutrition, Ammonium, Nitrate, Photosynthesis.

4 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical (CPST), Caixa Postal 478, CEP 69011-970, Manaus, AM. saulantve@hotmail.com.com.

5 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical (CPST), Caixa Postal 478, CEP 69011-970, Manaus, AM. jfc@inpa.gov.br .



INTRODUÇÃO

Os nutrientes minerais obtidos pelas plantas durante os processos de absorção e assimilação são incorporados nos tecidos vegetais a partir de compostos de carbono necessários para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Para tanto, o metabolismo mineral envolve reações bioquímicas altamente energéticas que, quase sempre, dependem de agentes redutores produzidos pela fotossíntese. Estudos envolvendo estratégia de absorção de nutrientes minerais pelas plantas merecem atenção, em especial no caso do nitrogênio (N), cuja assimilação é essencial para o metabolismo vegetal como um todo, uma vez que este nutriente participa das moléculas de clorofila, bases nitrogenadas, aminoácidos e está diretamente associada à expansão foliar e melhores respostas nas taxas fotossintéticas (Reich; Ellsworth; Uhl, 1995, p.65; Silva; Couto; Santos, 2010, p.98). O nitrogênio sob as formas amoniacal (NH_4) e nítrica (NO_3) estão prontamente disponíveis para as plantas nos solos. Contudo, tais formas apresentam diferentes efeitos na planta inerentes à produção de biomassa e crescimento vegetal (Cruz; Pelacani; Araújo, 2008, p.644; Silva; Couto; Santos, 2010, p.102; Omena-Garcia et al., 2011, p.216). Em algumas espécies, existe efeito negativo do NH_4 relacionado à utilização do carboidrato produzido a fim de evitar toxicidade (Britto; Kronzucker, 2002, p.572). Por outro lado, o mecanismo de absorção de NO_3 ocorre contra gradiente eletroquímico e que requer gasto de energia (Nicodemus; Salifu; Jacobs, 2008, p.686).

Apesar das formas NH_4 e NO_3 serem as mais frequentemente absorvidas pelas plantas, algumas espécies vegetais apresentam fixação simbiótica que confere ingresso adicional de N no seu processo metabólico, isto inclui àquelas pertencentes à família Fabaceae, e tem reflexos diretos

sobre o ganho de biomassa (Quilici; Medina, 1998, p.528; Aidar et al., 2003, p.395; Santos Júnior; Gonçalves; Feldpausch, 2006, p.306).

A despeito de toda esta importância, o fato é que pouco se conhece sobre absorção preferencial de N, o efeito das formas minerais de N sobre a fixação biológica e suas correlações com a incorporação de carbono em espécies arbóreas tropicais (Aidar et al., 2003, p.389; Omena-Garcia et al., 2011, p.215).

Uma espécie leguminosa que merece especial atenção para a obtenção de informações acerca de seu comportamento fisiológico é a espécie *Inga edulis* Mart. (Ingá-de-metro). Esta espécie, pertencente à família Fabaceae (Mimosoideae), apresenta algumas características peculiares incluindo a alta capacidade de nodular, crescimento rápido e alta atividade da enzima nitrogenase (Souza; Silva; Moreira, 1994, p.16; Moreira, 1997, p.585). Além disso, possui uma taxa de decomposição lenta, o que pode ser vantajoso em situações nas quais se deseja aumentar a ciclagem de nutrientes e os teores de N na matéria orgânica do solo, principalmente em projetos que visem à recuperação de áreas degradadas (Santos Júnior; Gonçalves; Feldpausch, 2006, p.300; Nichols et al., 2001, p.207).

Assim, na tentativa de quantificar o ganho em carbono em relação à absorção de N mineral preferencial, o objetivo deste estudo foi investigar as características fotossintéticas de plantas jovens de *I. edulis* submetidas a diferentes fontes de nitrogênio (NH_4 e NO_3).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (3° 05'30"S e 59° 59'36"W), Manaus, AM. O material vegetal utilizado foi constituído por sementes, obtidas de matriz cultivada na Estação de



Fruticultura Tropical do INPA (2° 47'05"S e 60° 11'51"W). As sementes foram germinadas em bandejas plásticas (18 x 60 cm) contendo areia peneirada e lavada.

Decorridos 14 dias as plantas foram transferidas para sacos plásticos (4L) contendo vermiculita expandida. Em seguida, as plantas foram inoculadas com 11 cepas isoladas obtidas a partir de macerados de espécies de ingás presentes no banco de germoplasma de rizóbios da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônomicas - CPCA, selecionadas com base na habilidade nodulífera e fixadora de nitrogênio.

Posteriormente, as mudas foram divididas nos tratamentos: a) Controle, contendo solução nutritiva sem adição de nitrogênio; b) NH_4 , contendo solução nutritiva com adição de amônio a 5mM e; c) NO_3 , contendo solução nutritiva com adição de nitrato a 5mM. As plantas foram, então, cultivadas sem controle de fotoperíodo e temperatura pelo período de 106 dias.

A determinação das trocas gasosas foi realizada em folha completamente expandida e apresentando bom estado fitossanitário de cada indivíduo amostrado. As medidas foram feitas entre 8:00 e 12:00h, utilizando-se analisador de gás infra-vermelho (IRGA, LI-6400, LI-COR Inc, Lincoln, NE, USA). Além da fotossíntese líquida (A), foram também determinadas as taxas de condutância estomática (gs), de transpiração (E) e de respiração no escuro (Rd). A fotorrespiração (Pr) foi calculada como sendo a metade da taxa de oxigenação e a eficiência no uso da água calculada pela razão de A/E. Durante a determinação o IRGA foi ajustado para trabalhar com irradiância, fluxo, temperatura do bloco, concentração de CO_2 e H_2O de aproximadamente $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $400 \mu\text{mol s}^{-1}$, 30°C , $380 \mu\text{mol mol}^{-1}$ e 21mmol mol^{-1} , respectivamente (Silva; Gonçalves; Feldpausch, 2008, p.190). A determinação da

área foliar específica (AFE) foi realizada a partir da coleta de dez discos foliares de área conhecida, os quais foram acondicionados em sacos de papel e submetidos à estufa (70°C) por um período de 72h. A AFE foi determinada como a razão da área foliar pela massa foliar seca (Gonçalves et al., 2005, p.24). As medidas dos parâmetros relacionados à fluorescência da clorofila a foram feitas em folhas apresentando bom estado fitossanitário e completamente expandidas, utilizando-se fluorômetro portátil (Handy PEA, Hansatech Instruments, Norfolk, UK), entre 8:00 e 12:00h. Três folhas selecionadas de cada indivíduo foram adaptadas ao escuro durante 30 minutos, utilizando-se cliques apropriados. Após a adaptação, as folhas foram expostas a um pulso saturante de luz ($3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, comprimento de onda de 650 nm, por 1 segundo), obtendo-se as respostas relacionadas ao índice de desempenho (IP) e razão F_v/F_m (Gonçalves et al., 2010, p.91). O índice de conteúdo de clorofila (ICC) foi determinado por meio de cinco leituras foliares por indivíduo, utilizando-se clorofilômetro portátil (CCM-200, Opti-Science). Para a determinação dos pigmentos cloroplastídicos foram coletadas amostras foliares, envolvidas em papel alumínio, acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo e, imediatamente, conduzidas ao Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Vegetal (LFBV-INPA). Em seguida, 0,1g do material vegetal fresco foi macerado em 10 ml de acetona (80%) contendo carbonato de magnésio (MgCO_3). O material macerado foi filtrado usando papel de filtro qualitativo e, então, adicionado acetona (100%) até completar o volume de 20 ml.

Finalmente, foi feita a leitura da absorbância nos comprimentos de onda de 663 nm (clorofila a), 645 nm (clorofila b) e 480 nm (carotenóides) em espectrofotômetro (JENWAY, 6105 UV/VIS) (Wellburn, 1994, p.309). Os teores de clorofilas e carotenóides



foram calculados de acordo com Porra; Thompson; Kriedemann (1989, p.386). Os teores foliares de nitrogênio (N) das plantas foram obtidos a partir da coleta de amostras foliares completamente expandidas e apresentando bom estado fitossanitário, as quais foram secas em estufa (65° C) durante 72h. Do material moído foi retirado 0,1g e submetido à pré-digestão durante uma noite e, em seguida, realizou-se a digestão sulfúrica. O processo de digestão foi feito a temperatura crescente e gradativa até 400 °C, durante cerca de 4h. Após o processo de digestão, o extrato amostral foi utilizado na determinação do N pelo método de Kjeldahl (Galvani; Gaertner, 2006, p.3).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos (Controle, NO₃ e NH₄). Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Lilliefors e, em seguida, submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias posteriormente comparadas pelos testes de Tukey e Dunnett (p≤0,05) (n=11). O programa utilizado para a realização das análises estatísticas foi o Statistica 6.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Em plantas jovens de *I. edulis* submetidas a diferentes fontes de N a resposta fotossintética variou de 5,16 a 16,87 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, a uma densidade de fluxo de fótons de 1000 μmol m⁻² s⁻¹. Adicionalmente, observou-se que a taxa de A no tratamento NH₄ apresentou diferença significativa, comparado ao tratamento com NO₃ (Figura 1). Enquanto que para as variáveis R d, g s, E e EUA não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1). Segundo Bown et al. (2010, p.1097), ao estudarem os efeitos NH₄ e NO₃ no crescimento, absorção e características fotossintéticas em mudas de *Pinus radiata* em alta radiância, verificaram a preferência desta espécie pela forma nítrica,

sugerindo que o sucesso do estabelecimento desta espécie em locais de fertilização perturbada, como por exemplo pastagens abandonadas, é devido à grande disponibilidade de NO₃ disponível nestes locais. Adicionalmente, em estudo sob condições de alta irradiância em área degradada, Santos Júnior et al. (2003, p.69) observaram que a espécie *I. edulis* exibiu valores de R d em torno de 1,96 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ e de A na ordem de 15,9 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, bem como, altos valores de E e g s (5,11 e 673 mmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente), valores estes mais elevados aos observados neste estudo.

Considerando que *I. edulis* se trata de espécie exigente por luz (secundária intermediária) e que o presente experimento foi realizado sob condições de sombreamento (sombrite 75%), provavelmente os elevados valores observados sobre áreas degradadas, pode ser reflexo da exposição da espécie a maior incidência luminosa, que por sua vez, contribui substancialmente para o aumento das taxas fotossintéticas.

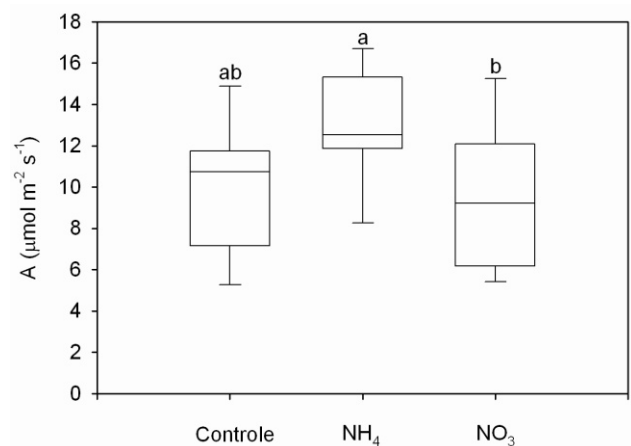


Figura 1: Fotossíntese líquida (A) de plantas jovens de *Inga edulis* submetida a diferentes tratamentos de fontes nitrogenadas. Os retângulos verticais representam a distribuição dos dados. A linha horizontal dentro de cada retângulo representa a média dos valores, e a linha



vertical acima e abaixo do retângulo representa o desvio padrão, em cada tratamento. NH_4 = tratamento com aplicação de amônio a 5mM; e NO_3 = tratamento com aplicação de nitrato a 5mM. Tratamentos com letras iguais não diferem estatisticamente pelos testes de Tukey e Dunnett ($p \leq 0,05$) ($n=11$).

Em relação à AFE, não se verificou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 2). A modificação deste parâmetro interfere no processo de obtenção de energia, o que favorece mudanças na razão entre fotossíntese e respiração, com reflexos diretos sobre o acúmulo de biomassa da planta (Shipley, 2002, p.687).

Alguns estudos têm mostrado que a AFE está significativamente correlacionada à concentração de nitrogênio foliar, assimilação de carbono e produção de tecidos fotossintetizantes (Reich; Ellsworth; Uhl, 1995; p.71; Santiago; Wright, 2007, p.22). Contudo, o resultado deste estudo não mostrou tal relação.

Tabela 1: Parâmetros das trocas gasosas e eficiência no uso da água (EUA) de plantas jovens de *Inga edulis* submetidas a diferentes tratamentos de fontes nitrogenadas. R d= respiração no escuro; g s = condutância estomática; E = transpiração; P r = fotorrespiração; NH_4 = tratamento com aplicação de amônio a 5mM; e NO_3 = tratamento com aplicação de nitrato a 5mM. Médias (\pm desvio padrão) seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelos testes de Tukey e Dunnett ($p \leq 0,05$) ($n=11$).

Parâmetro	Controle	NH_4	NO_3
R_d ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	0,78 \pm 0,39 a	0,66 \pm 0,44 a	0,93 \pm 0,50 a
g _s (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	207 \pm 136 a	247 \pm 129 a	227 \pm 132 a
E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	2,86 \pm 1,37 a	3,35 \pm 1,31 a	3,16 \pm 1,18 a
P _r ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	2,25 \pm 1,14 a	2,80 \pm 1,02 a	2,06 \pm 0,67 a
EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$)	4,28 \pm 1,40 a	4,63 \pm 2,08 a	3,43 \pm 0,64 a

Os teores de N foliares não foram significativos na comparação entre os

tratamentos (Tabela 2). Contudo, os valores foram semelhantes comparados aos valores exibidos para esta espécie (29,3 g kg⁻¹) em estudo sobre recuperação de área degradada na Amazônia (Santos Júnior; Gonçalves; Feldpausch, 2006, p.304), assim como em estudo sobre avaliação nutricional de *I. edulis* em área alteradas por pastagens no Paraná (31,8 g kg⁻¹), realizado por Bahia (2009, p.34). De acordo com Kerbauy (2008, p.56), as concentrações foliares de nitrogênio considerados adequados para as essências florestais variam de 15 a 50 g kg⁻¹, conforme observados em todos os tratamentos deste experimento. Poucos estudos têm caracterizado a influência da forma de N à partição de biomassa em espécies florestais tropicais, em especial, a relação de fontes de nitrogênio com a fotossíntese. Independente da forma de N, as taxas de A são conhecidas por estar intimamente relacionada ao nitrogênio, que é explicado pela elevada percentagem de N total particionada para carboxilantes, como a enzima Rubisco (Takashima; Hirosaka; Hirose, 2004, p.1049). Em contrapartida, o presente estudo mostra que as taxas de A foram mais baixas no tratamento com NO_3 e maior em plantas que crescem sob NH_4 , o que sugere que o particionamento de N na atividade da Rubiscos diminuíram, enquanto que o armazenamento de N aumentou com a nutrição de NH_4 . No entanto, as análises de teores de N total (tabela 2) mostra que, aparentemente, a causa da diminuição da taxa de A para NO_3 não tem relação direta com seu teor de N, necessitando de maiores investigações.

Tabela 2: Índice de conteúdo de clorofila (ICC), teores dos pigmentos cloroplastídicos (Chl a, Chl b e Car), área foliar específica (AFE) e nitrogênio foliar (N) de plantas jovens de *Inga edulis* submetidas a diferentes tratamentos de fontes nitrogenadas. Chl a = clorofila a; Chl b = clorofila b; Car = carotenóides; Chl tot = clorofila total; Chl a



/Chl b = razão clorofila a/b; Chl tot /Car = razão clorofila total/carotenóides; NH₄ = tratamento com aplicação de amônio a 5mM; e NO₃ = tratamento com aplicação de nitrato a 5mM. Médias (± desvio padrão) seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelos testes de Tukey e Dunnett (p≤0,05) (n=11).

Parâmetro	Controle	NH ₄	NO ₃
ICC	43,4±12,2 a	49,3±12,3 a	42,4±11,9 a
Chl _a (µmol g ⁻¹)	2,35±0,34 b	2,71±0,33 a	2,18±0,25 b
Chl _b (µmol g ⁻¹)	0,74±0,12 ab	0,88±0,12 a	0,69±0,09 b
Car (µmol g ⁻¹)	0,85±0,11 b	0,95±0,12 a	0,79±0,09 b
Chl _{tot} (µmol g ⁻¹)	3,08±0,46 b	3,59±0,44 a	2,87±0,33 b
Chl _a /Chl _b (µmol g ⁻¹)	3,20±0,18 a	3,09±0,15 a	3,17±0,19 a
Chl _{tot} /Car (µmol g ⁻¹)	3,63±0,32 a	3,80±0,23 a	3,61±0,17 a
AFE (m ² kg ⁻¹)	31,2±6,59 a	25,1±3,52 a	25,2±3,24 a
N (g kg ⁻¹)	29,7±2,71 a	29,1±2,90 a	27,5±1,92 a

Para o parâmetro ICC não foi verificado diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 2). No entanto, é importante ressaltar que essa variável foi coletada por meio de clorofilômetro portátil (método óptico não destrutivo) que expressam índices de clorofila e não valores absolutos por unidade de área ou massa. Apesar desse tipo de resultado, em muitos estudos, ser proporcional as concentrações de clorofilas presentes nas folhas, neste estudo não mostrou tal relação, uma vez que, a concentração dos pigmentos cloroplastídicos no tratamento com NH₄ foi maior para as variáveis Chl_a, Chl_b, Car e Chl_{tot}, comparado aos tratamentos com NO₃ e Controle (Tabela 2). Esses resultados sugerem que o tratamento com NH₄ apresenta maior capacidade de absorção de fótons com reflexos diretos sobre o ganho em carbono, quando comparados com os demais tratamentos. Os resultados do presente estudo corrobora com os de Majerowicz et al. (2000, p.199) que, ao estudarem o crescimento e metabolismo de *Catsetum fimbriatum* cultivadas com diferentes fontes de N, observaram que essa planta, quando tratada com NO₃, apresentaram teores de clorofila baixo, em relação ao uso de NH₄. Porém, em estudo realizado por Barreto et al.

(2007, p.538) em plantas jovens de *Aniba rosaeodora* Ducke (pau-rosa), verificou-se que os maiores valores de Chl_a, Chl_{tot}, Chl_{a/b} e Chl_{tot/x+c}, foram encontrados no tratamento com relação 75:25% de NO₃:NH₄, sendo os valores de 332; 461; 2,58 e 2,75 µmol m⁻², respectivamente. Os mesmos autores afirmaram que a espécie apresenta melhor desempenho quando as concentrações de NO₃ no substrato de cultivo forem superiores às concentrações de NH₄. Em estudos realizados por Santos Júnior et al. (2003, p.49), o qual estudou o comportamento de plantas jovens de *I. edulis* sob área degradada em região petrolífera na Amazônia central, as concentrações dos pigmentos cloroplastídicos foram de 395, 117 e 181 µmol m⁻² para as variáveis Chl_a, Chl_b e Car, respectivamente.

Existem ferramentas não destrutivas capazes de indicar danos ao fotossistema II que caracterizam a condição de estresse de plantas, como é o caso de parâmetros relacionados à fluorescência da clorofila a. Sendo assim, verificou-se que os parâmetros dos fluxos fenomenológicos por seção transversal, PI ABS e a razão F_v/F_m não diferiram significativamente entre os tratamentos (Figura 2). Tal fato ocorreu, provavelmente, devido à condição de luz moderada (75% de sombreamento) que não modificou o comportamento quanto ao processamento de luz do PSII, mesmo com aplicação das formas de nitrogênio na dosagem de 5mM. Outro fator que, provavelmente, contribuiu para os valores de PI ABS não diferirem estatisticamente entre os tratamentos, foi o fato de todos os tratamentos terem sofrido aplicações nutricionais (micronutrientes), bem como, terem sido irrigadas diariamente e estarem em condições de luz moderada (sombrite). Barreto et al. (2007), estudando o efeito de diferentes relações NO₃:NH₄ em plantas de *Aniba rosaeodora*, verificaram baixos valores da razão F_v/F_m das plantas no



tratamento 0:100, após 60 de experimento. Assim, no presente experimento, pode-se perceber que as plantas não estavam em estado de estresse, e que a dose da fonte de N aplicada não foi suficiente para causar alguma reação mais importante na determinação deste parâmetro.

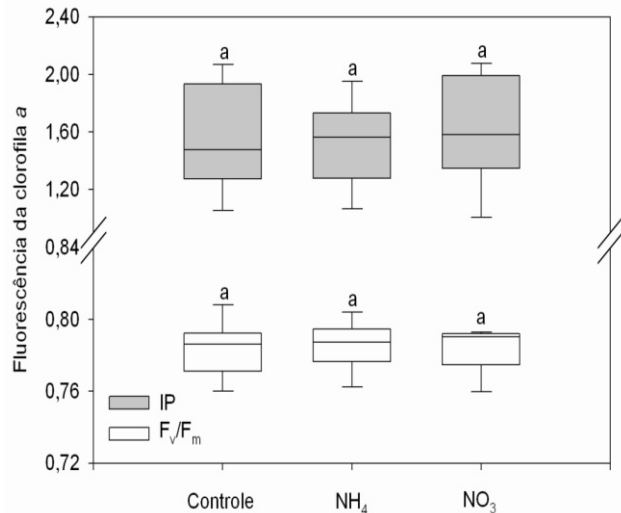


Figura 2: Índice de desempenho (IP) e razão F_v/F_m de plantas jovens de *Inga edulis* submetida a diferentes tratamentos de fontes nitrogenadas. Os quadrantes representam a distribuição dos dados. A linha horizontal em cada quadrante representa a média dos valores e a linha vertical acima e abaixo do quadrante representa o desvio padrão, em cada tratamento. NH_4 = tratamento com aplicação de amônio a 5mM; e NO_3 = tratamento com aplicação de nitrato a 5mM. Tratamentos com letras iguais não diferem estatisticamente pelos testes de Tukey e Dunnett ($p \leq 0,05$) ($n=11$).

CONCLUSÃO

O bom desempenho das plantas jovens de *I. edulis* parece responder mais efetivamente na presença do NH_4 quando se verifica, principalmente, as respostas fotossintéticas e de concentração de clorofilas. Contudo, em alguns parâmetros não se percebeu tal efeito. Diante disso, estudos mais específicos, inclusive modificando as dosagens das fontes nitrogenadas, são necessários para entender de vez qual a forma nitrogenada

assimilável preferível para a maior incorporação de biomassa pela plantas de *I. edulis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, M.P.M.; SCHMIDT, S.; MOSS, G.; STEWART, G.R.; JOLY, C.A. **Nitrogen use strategies of neotropical rainforest trees in threatened Atlantic Forest.** Plant, Cell and Environment, Oxford, v.26, p.389-399, 2003.
- BAHIA, N.D.G. **Avaliação nutricional e do desempenho de *Inga edulis* Mart. e *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez. implantadas em áreas alteradas por pastagens no município de Antonina - PR. 2009. 59 f.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- BARRETO, D.C.S.; GONÇALVES, J.F.C.; SANTOS JÚNIOR, U.M.; FERNANDES, A.V.; BARIANI, A.; SAMPAIO, P.T.B. **Biomass accumulation, photochemical efficiency of photosystem II, nutrient contents and nitrate reductase activity in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) submitted to different $NO_3^-:NH_4^+$ ratios.** Acta Amazonica, Manaus, v.37, n.4, p.533-542, 2007.
- BOWN, H.E.; WATT, M.S.; CLINTON, P.W.; MASON, E.G. **Influence of ammonium and nitrate supply on growth, dry matter partitioning, N uptake and photosynthetic capacity of *Pinus radiata* seedlings.** Trees, Berlin, v.24, p.1097-1107, 2010.
- BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. **NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review.** Journal of Plant Physiology, Jena, v.159, p.567-584, 2002.
- CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; ARAÚJO, W.L. **Influência do nitrato e do amônio sobre a fotossíntese e a concentração de compostos nitrogenados em mandioca.** Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.3, p.643-649, 2008.
- GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta.** Embrapa, Corumbá, MS. Circular Técnica, p.1-9. 2006.
- GONÇALVES, J.F.C.; SILVA, C.E.M.; GUIMARÃES, D.G.; BERNARDES, R.S.



- Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de Carapa guianensis e de Dipteryx odorata submetidas a dois ambientes de luz.** Acta Amazonica, Manaus, v.40, n.1, p.89-98, 2010.
- GONÇALVES, J.F.C.; VIEIRA, G.; MARENCO, R.A. FERRAZ, J.B.S.; SANTOS JÚNIOR, U.M.; BARROS, F.C.F. **Nutritional status and specific leaf area of mahogany and tonka bean under two light environments.** Acta Amazonica, Manaus, v.35, n.1, p.23-27, 2005.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.
- MAJEROWICZ, N.; KERBAUY, G.B.; NIEVOLA, C.C.; SUZUKI, R.M. **Growth and nitrogen metabolism of Catasetum fimbriatum (orchidaceae) grown with different nitrogen sources.** Environmental and Experimental Botany, Amsterdam, v.44, p.195-206, 2000.
- MOREIRA, F.M.S. **Nodulação e crescimento de 49 leguminosas arbóreas nativas da Amazônia em viveiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.21, p.581-590, 1997.
- NICHOLS, J.D.; ROSEMEYER, M.E.; CARPENTER, F.L.; KETTLER, J. **Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization.** Forest Ecology and Management, Amsterdam, 152: 195-209, 2001.
- NICODEMUS, M.A.; SALIFU, K.F.; JACOBS, G.F. **Nitrate reductase activity and nitrogen compounds in xylem exudate of Juglans nigra seedlings: relation to nitrogen source and supply.** Trees, Berlin, v.22, p.685-695. 2008.
- OMENA-GARCIA, R.P.; JUSTINO, G.C.; SODEK, L.; GONÇALVES, J.F.C. **Mineral nitrogen affects nodulation and amino acid xylem transport in the Amazonian legume Inga edulis Mart.** International Journal of Plant Physiology and Biochemistry, Nairobi, v.3, n.12, p.215-218, 2011.
- PORRA, R.J.; THOMPSON, W.A.; KRIEDEMANN, P.E. **Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy.** Biochimica et Biophysica Acta, Amsterdam, v.975, p.384-394, 1989.
- QUILICI, A.; MEDINA, E. **Photosynthesis-nitrogen relationships in pioneer plants of disturbed tropical montane forest sites.** Photosynthetica, Praga, v.35, n.4, p.525-534, 1998.
- REICH, P.B.; ELLSWORTH, D.S.; UHL, C. **Leaf carbon and nutrient assimilation and conservation in species of differing successional status in an oligotrophic amazonian forest.** Functional Ecology, Oxford, v.9, n.1, p.65-76, 1995.
- SANTIAGO, L.S.; WRIGTH, S.J. **Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form.** Functional Ecology, Oxford, v.21, p.19-27, 2007.
- SANTOS JÚNIOR, U.M. **Ecofisiologia de espécies arbóreas plantadas sobre área degradada por atividade petrolífera na Amazônia central.** 2003. 135 f. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.
- SANTOS JÚNIOR, U.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R. **Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia.** Forest Ecology and Management, Amsterdam, v.226, p.299-309, 2006.
- SHIPLEY, B. **Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: relationship with daily irradiance.** Functional Ecology, Oxford, v.16, p.682-689, 2002.
- SILVA, C.E.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R. **Water-use efficiency of tree species following calcium and phosphorus application on an abandoned pasture, central Amazonia, Brazil.** Environmental and Experimental Botany,



Amsterdam, v.64, p.189-195, 2008.

SILVA, P.C.C.; COUTO, J.L.; SANTOS, A.R.
Absorção dos íons amônio e nitrato e seus efeitos no desenvolvimento do girassol em solução nutritiva. Revista de Biologia e Ciência da Terra, João Pessoa, v.10, n.2, p.97-104, 2010.

SOUZA, L.A.G.; SILVA, M.F.; MOREIRA, F.W.
Capacidade de nodulação de cem leguminosas da Amazônia. Acta Amazonica, Manaus, v.24, p.9-18, 1994.

TAKASHIMA T.; HIKOSAKA K.; HIROSE T.
Photosynthesis or persistence: nitrogen allocation in leaves of evergreen and deciduous Quercus species. Plant, Cell and Environment, Oxford, v.27, p.1047-1054, 2004.

WELLBURN, A.R. **The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution.** Journal of Plant Physiology, Jena, v.144, p.307-313, 1994.