

CIRCULAR TÉCNICA

82

Manaus, AM  
Dezembro, 2021

# Trocas gasosas de *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth submetida à variação da temperatura foliar

Ronaldo Ribeiro de Moraes  
José Roberto Antoniol Fontes

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

13 AÇÃO CONTRA A  
MUDANÇA GLOBAL  
DO CLIMA



## Trocas gasosas de *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth submetida à variação da temperatura foliar<sup>1</sup>

*Pueraria phaseoloides* é uma leguminosa introduzida em diferentes sistemas de cultivo para conservação do solo, com diminuição da erosão e aumento da fertilidade. Essa leguminosa fixa nitrogênio biologicamente em simbiose com bactérias diazotróficas. Além disso, produz uma biomassa rica em fósforo, potássio e cálcio, além de servir como fonte de suplementação alimentar de ruminantes (Canellas et al., 2004; Ekeleme et al., 2004; Nascimento et al., 2005; Bergo et al., 2006; Gama-Rodrigues et al., 2007).

Contudo, estudos sobre crescimento, desenvolvimento e adaptação dessa leguminosa em sistemas agrícolas, em cenários de mudança climática, são escassos. Dentre os efeitos das mudanças climáticas na agricultura, destaca-se o aumento da temperatura global, que altera diferentes processos fisiológicos das plantas, como as trocas gasosas (Maxwell; Johnson, 2000; Costa et al., 2002; Ribeiro et al., 2004; Sage; Kubien, 2007). Os efeitos nas trocas gasosas podem ser observados na promoção de danos às estruturas dos tilacoides (Wise et al., 2004) e no aumento do processo da fotorrespiração (Dias; Marengo, 2007).

Portanto, surge a necessidade de investigações futuras para a obtenção de bases científicas que permitam formular opções de mitigação e adaptação dessa espécie de leguminosa frente a novos cenários de alterações climáticas. Com isso, o trabalho analisou os efeitos da variação da temperatura foliar sobre as trocas gasosas de *P. phaseoloides*.

---

<sup>1</sup> Ronaldo Ribeiro de Moraes, biólogo, doutor em Ciências Biológicas (Botânica), pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM. José Roberto Antoniol Fontes, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

## Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área denominada Jazida 21, na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura (BOGPM), na Província Petrolífera do Rio Urucu, município de Coari, AM, localizada entre os paralelos de 4°45' e 5°05'S e os meridianos de 65°00' e 65°25'W. A vegetação da região é caracterizada por uma floresta densa de terra firme (Amaral, 1996). A região possui uma média de precipitação pluviométrica acima de 3.000 mm, incluindo um período menos chuvoso entre os meses de julho e setembro.

Na BOGPM foram desmatadas áreas na floresta primária para instalar poços para exploração de petróleo e gás, retirar solo para construção de estradas e para depósito de materiais oriundos de obras civis. As áreas desmatadas passam a ser denominadas de jazidas. Os estudos foram realizados na Jazida 21, que foi utilizada como fonte de material para construção de estradas e depósito de obras civis. O solo dessa jazida foi classificado como Argissolo Amarelo com textura franco-siltosa. Nessa área, o horizonte C do solo permaneceu como remanescente, enquanto os horizontes superficiais A e B foram removidos. Algumas características físico-químicas do solo exposto na superfície da Jazida 21 são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Propriedades físico-químicas do solo exposto na superfície da Jazida 21, na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura (BOGPM), na Província Petrolífera da Petrobrás no Rio Urucu, município de Coari, AM.

| Areia Grossa | Areia Fina | Silte              | Argila                             | Silte/argila | DS                 | Pt   | P                   | C. Org             |
|--------------|------------|--------------------|------------------------------------|--------------|--------------------|------|---------------------|--------------------|
|              |            | g kg <sup>-1</sup> |                                    |              | kg m <sup>-3</sup> | %    | mg kg <sup>-1</sup> | g kg <sup>-1</sup> |
| 68           | 251        | 369                | 312                                | 1            | 1,47               | 44   | 12                  | 11,50              |
| PH           | Ca         | Mg                 | K                                  | Na           | Al                 | CTC  | V                   | m                  |
|              |            |                    | cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> |              |                    |      |                     | %                  |
| 5,68         | 4,69       | 0,64               | 0,25                               | 0,02         | 0,13               | 7,55 | 74,67               | 2,67               |

Abreviações: DS = Densidade do solo; Pt = Porosidade total; P = Fósforo; C. org. = Carbono orgânico; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; K = Potássio; Na = Sódio; Al = Alumínio; CTC = Capacidade de troca catiônica; V = Saturação de bases; e m = Saturação por alumínio.

Na Jazida 21 foi monitorada a umidade do solo por meio de um sistema automático com sondas de umidade volumétrica do solo instaladas a 10 cm, 30 cm e 60 cm de profundidade, constatando-se que a umidade volumétrica permaneceu próximo de sua capacidade de saturação [ $\sim 0,40$  (adimensional) – umidade volumétrica do solo] (Macedo et al., 2006). Esses valores de umidade do solo indicam que não houve restrição na disponibilidade hídrica do solo para as plantas na época de coleta dos dados das trocas gasosas.

A espécie escolhida para o estudo foi *P. phaseoloides*, e vale salientar que não foi plantada intencionalmente no sistema de recuperação, ela invadiu e dominou a área.

A determinação das taxas de fotossíntese líquida ( $A$ ), transpiração ( $E$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ) foi realizada por meio de um medidor portátil de fotossíntese (CID, Modelo CI-340, Camas) de câmara aberta. Adicionalmente, foi calculada a eficiência do uso da água ( $EUA$ ) pela razão  $A/E$ . Os dados foram coletados em folhas completamente expandidas e com bom aspecto fitossanitário, no período de 5 a 9 de maio de 2008, entre 8h e 11h, em dias sem chuva.

Os dados da curva de resposta fotossintética à variação de temperatura foram obtidos na intensidade de fluxo de fótons (PPDF) de  $1.000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , câmara foliar ajustada com concentração de  $\text{CO}_2$  de  $380 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2 \cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  e nas temperaturas de  $30^\circ\text{C}$ ,  $34^\circ\text{C}$ ,  $38^\circ\text{C}$ ,  $42^\circ\text{C}$ ,  $46^\circ\text{C}$  e  $50^\circ\text{C}$ , obtidas por meio do módulo de controle de temperatura CI-510CS acoplado ao medidor portátil de fotossíntese (CI-340, CID, Inc). A sequência das medições foi sempre seguindo ordem crescente de intensidade de temperatura, e o tempo mínimo pré-estabelecido para a estabilização das leituras, em cada nível de temperatura, foi de 10 minutos e o máximo de 20 minutos.

Para o estudo das trocas gasosas foram escolhidas 15 plantas ao acaso, e os dados foram submetidos à análise de variância, com ajuste das equações de regressão para as variáveis de trocas gasosas.

## Resultados e Discussão

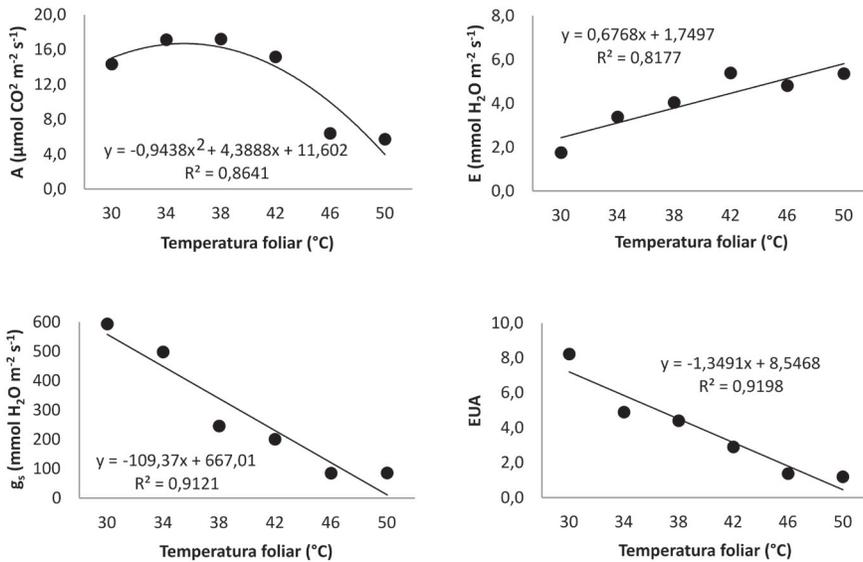
A variação da temperatura foliar teve efeito sobre as trocas gasosas de *P. phaseoloides* ( $p \leq 0,01$ ). Em relação à análise de regressão, o modelo linear explicou a maioria das variáveis das trocas gasosas, com exceção para as taxas de fotossíntese líquida (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise de regressão e significância dos quadrados médios (QM) da variação da temperatura foliar sobre as taxas de fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática ( $g_s$ ) e eficiência no uso da água (EUA) de *Pueraria phaseoloides*,  $n = 15$ .

| Fatores              | GL | QM           |              |               |              |
|----------------------|----|--------------|--------------|---------------|--------------|
|                      |    | A            | E            | $g_s$         | EUA          |
| Temperatura foliar   | 5  | 414,25**     | 29,41**      | 688.545,06**  | 103,91**     |
| Regressão linear     | 1  | 86,11ns      | 8,01*        | 209.343,50**  | 31,89**      |
| Regressão polinomial | 1  | 33,22ns      | 1,30ns       | 12.572,44ns   | 1,61ns       |
| <b>Média</b>         | -  | <b>12,64</b> | <b>4,11</b>  | <b>284,20</b> | <b>3,82</b>  |
| <b>CV (%)</b>        | -  | <b>24,16</b> | <b>13,21</b> | <b>33,07</b>  | <b>25,64</b> |

\*\* , \*Significância a 1% e 5%, respectivamente; ns Não significativo; CV = Coeficiente de variação; GL = Graus de liberdade.

Com a elevação da temperatura foliar houve alterações nas trocas gasosas, com redução das taxas fotossintéticas de *P. phaseoloides* em 58% no intervalo de 42 °C a 46 °C. E mais, a temperatura foliar promoveu uma redução nas taxas de condutância estomática (50%) que ocorreu a partir dos 38 °C, em relação à temperatura de 34 °C (Figura 1). Estudos realizados por Pereira-Netto et al. (1999a, 1999b) e Taneda e Tateno (2007) mostram que *P. phaseoloides* possui o hábito invasivo e se propaga em ambientes distintos, do ponto de vista climático, devido a sua estrutura anatômica peculiar e a alta capacidade de tolerar déficits hídricos, possuindo alta eficiência no uso da água.



**Figura 1.** Relações e ajuste de equações entre a temperatura foliar (°C) e as taxas de fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e eficiência no uso da água (EUA) de *Pueraria phaseoloides*, n = 15.

A espécie apresentou correlações negativas em relação às taxas de condutância estomática e eficiência no uso da água, em função da elevação das temperaturas foliares, o inverso da transpiração foliar, em que as maiores taxas foram obtidas na temperatura foliar de 42,5 °C (Figura 1), mostrando ser uma estratégia utilizada pela espécie para reduzir a temperatura foliar e evitar danos ao aparato fotossintético, pois, sem restrições hídricas no solo, as taxas de transpiração são elevadas mesmo sob a influência de altas temperaturas, atuando como um mecanismo de dissipação de calor a fim de evitar danos ao aparato fotossintético (Taiz; Zeiger, 2004).

Pereira-Neto et al. (1999b) avaliaram o efeito da disponibilidade hídrica do solo sobre as trocas gasosas de *P. phaseoloides* e verificaram que o efeito do déficit hídrico pode ser rapidamente superado com a reirrigação. Essa recuperação da fotossíntese após a reidratação das plantas de *P. phaseoloides* foi observada também por Sharkey e Loreto (1993), quando verificaram a emissão de isopreno da espécie sob condições de estresse.

Clermont-Dauphin et al. (2016) verificaram que *P. phaseoloides* consorciada com seringueira melhora o status nutricional e o crescimento das árvores quando não há restrição hídrica no solo. Em outro estudo de Clermont-Dauphin et al. (2018), consorciando *P. phaseoloides* em um plantio de seringueira, verificou-se que, devido à competição efetiva por recurso hídrico do solo, houve um crescimento de raízes finas da seringueira nas camadas mais profundas, mostrando que a espécie pode ser extremamente competitiva com a cultura associada.

Contudo, o aspecto dessa adaptabilidade da espécie às possíveis mudanças climáticas, e o fato de, na maioria das vezes, agir como invasora, pode sobremaneira ser prejudicial aos sistemas agrícolas. Ziska et al. (2011) mostraram o efeito negativo dessas espécies de *Pueraria* invasoras sobre a produção agrícola dos Estados Unidos.

Forseth e Innis (2004) verificaram que os aumentos projetados de CO<sub>2</sub> atmosférico podem potencialmente favorecer o crescimento de *Pueraria montana* e conseqüentemente potencializar as interações hospedeiro-patógeno, visto que a espécie pode aprisionar esporos de ferrugem-asiática da soja, contribuindo assim com a disseminação e distribuição do patógeno (Sasek; Strain, 1988). Outros estudos relatam que a espécie *P. montana* tem uma alta capacidade na emissão de óxido nítrico e ozônio, gases estes que podem contribuir para o aquecimento atmosférico (Gupta; Igam, 2010; Hickman et al., 2010).

## Conclusões

A redução da condutância estomática inicial não restringe a capacidade de as plantas de *P. phaseoloides* perderem água na forma de vapor pelas folhas, nem limita significativamente a eficiência fotossintética.

*Pueraria phaseoloides* mostra ser uma espécie com grande capacidade de adaptabilidade aos possíveis aumentos de temperatura global em virtude de mudanças climáticas e que, sem restrições hídricas do solo, apresenta estratégia efetiva de dissipação de calor pela transpiração das folhas até certo ponto, em que a eficiência do uso da água atinge níveis próximos a zero.

## Referências

- AMARAL, I. L. **Diversidade florística em floresta de terra firme, na região do Rio Urucu-AM**. 1996. 104 f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- BERGO, C. L.; PACHECO, E. P.; MENDONÇA, H. A.; MARINHO, J. T. S. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 1, p. 19-24, 2006.
- CANELLAS, L. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; REZENDE, C. E.; CAMARGO, P. B.; ZANDONADI, D. B.; RUMJANEK, V. M.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; BRAZ-FILHO, R. Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. **Scientia agricola**, v. 61, n. 1, p. 53-61, 2004.
- CLERMONT-DAUPHIN, C.; DISSATAPORN, C.; SUVANNANG, N.; PONGWICHIAN, P.; MAEGHT, J. L.; HAMMECKER, C.; JOURDAN, C. Intercrops improve the drought resistance of young rubber trees. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, art. 56, p. 1-10, 2018.
- COSTA, E. S.; SMITH, R. B.; OLIVEIRA, J. G.; CAMPOSTRINI, E.; PIMENTEL, C. Photochemical efficiency in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) during recovery from high temperature stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 105-110, 2002.
- DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 305-311, mar. 2007.
- EKELEME, F.; CHIKOYE, D.; AKOBUNDU, O. Impact of natural, planted (*Pueraria phaseoloides*, *Leucaena leucocephala*) fallow and landuse intensity on weed seedling emergence pattern and density in cassava intercropped with maize. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 581-593, 2004.
- FORSETH, I. N.; INNIS, A. F. Kudzu (*Pueraria montana*): history, physiology and ecology combine to make a major ecosystem threat. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 23, n. 5, p. 401-413, 2004.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, dez. 2007.

GUPTA, K. J.; IGAMBERDIEV, A. U. Kudzu invasion leads to NO<sub>x</sub> increase and ozone pollution: unraveling possible mechanisms. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 39, E153, 2010.

HICKMAN, J. E.; WU, S.; MICKLEY, L. J.; LERDAU, M. T. Kudzu (*Pueraria montana*) invasion doubles emissions of nitric oxide and increases ozone pollution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 22, p. 10115-10119, 2010.

MACEDO, R. S.; TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; RODRIGUES, M. do R. L.; MARQUES, A. O. Monitoramento da dinâmica da água através das sondas reflectométricas do conteúdo da água no solo (WCR) numa clareira na Província Petrolífera de Urucu – Amazonas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. **Novos desafios do carbono no manejo conservacionista: resumos e palestras**. Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM.

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

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 825-831, 2005.

PEREIRA-NETTO, A. B.; GABRIELE, A. C.; PINTO, H. S. Aspects of leaf anatomy of kudzu (*Pueraria lobata*, leguminosae-Faboideae) related to water and energy balance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 8, p. 1361-1365, 1999a.

PEREIRA-NETTO, A. B.; MAGALHÃES, A. C. N.; PINTO, H. S. Effects of soil water depletion on the water relations in tropical kudzu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 7, p. 1151-1157, 1999b.

RIBEIRO, R. V.; SANTOS, M. G.; SOUZA, G. M.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F.; ANGELOCCI, L. R.; PIMENTEL, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 615-623, jul. 2004.

SAGE, R. F.; KUBIEN, D. S. The temperature response of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, n. 30, p. 1086-1106, 2007.

SASEK, T. W.; STRAIN, B. R. Effects of carbon dioxide enrichment on the growth and morphology of kudzu (*Pueraria lobata*). **Weed Science**, v. 36, n. 1, p. 28-36, 1988.

SHARKEY, T. D.; LORETO, F. Water stress, temperature, and light effects on the capacity for isoprene emission and photosynthesis of kudzu leaves. **Oecologia**, n. 95, p. 328-333, 1993.

TAIZ, Z.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Massachusetts: Sinauer Associates, 2004. 792 p.

TANEDA, H.; TATENO, M. Effects of transverse movement of water in xylem on patterns of water transport within current-year shoots of kudzu vine, *Pueraria lobata*. **Functional Ecology**, v. 21, p. 226-234, 2007.

WISE, R. R.; OLSON, A. J.; SCHRADER, S. M.; SHARKEY, T. D. Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown Pima cotton plants at high temperature. **Plant, Cell and Environment**, v. 27, p. 717-724, 2004.

ZISKA, L. H.; BLUMENTHAL, D. M.; RUNION, G. B.; HUNT, E. R.; DIAZ-SOLTERO, H. Invasive species and climate change: an agronomic perspective. **Climatic Change**, n. 105, p. 13-42, 2011.



**Embrapa Amazônia Ocidental**  
Rodovia AM-010, Km 29,  
Estrada Manaus/Itacoatiara  
69010-970, Manaus, Amazonas  
Fone: (92) 3303-7800  
Fax: (92) 3303-7820  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**1ª edição**  
Publicação digital (2021)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*Inocencio Junior de Oliveira*

Secretária-executiva

*Gleise Maria Teles de Oliveira*

Membros

José Olenilson Costa Pinheiro, Maria Augusta  
Abtíbol Brito de Sousa e Maria Perpétua  
Beleza Pereira

Supervisão editorial e revisão de texto

*Maria Perpétua Beleza Pereira*

Normalização bibliográfica

*Maria Augusta Abtíbol Brito de Sousa*  
(CRB 11/420)

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*Gleise Maria Teles de Oliveira*

Foto da capa

*José Roberto Antoniol Fontes*

CGPE 017179