

Desempenho da soja em sistemas agroflorestais com eucalipto em solo arenoso e clima tropical

Soybean performance in agroforestry systems using eucalyptus with sandy soil and tropical climate

Alvadi Antonio Balbinot Junior^{1*}, Julio Cezar Franchini¹, Henrique Debiasi¹, José Marcos Gontijo Mandarino¹ & Fernando Sichert²

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Londrina, PR, Brasil. *Autor para correspondência: alvadi.balbinot@embrapa.br.

²Engenheiro Agrônomo e Produtor Rural, Santo Inácio, PR, Brasil.

Submissão: 07/07/2017 | Aceite: 13/06/2018

RESUMO

Sistemas agroflorestais são opções para a intensificação sustentável da produção agropecuária, sobretudo em regiões que apresentam clima tropical e solos arenosos. Objetivou-se nesse trabalho avaliar o desempenho da cultura da soja em sistemas agroflorestais com *Eucalyptus urograndis* na região Noroeste do Paraná. Os sistemas foram implantados em outubro de 2009, usando renques simples e duplos de eucalipto. O desempenho da cultura da soja foi avaliado na safra 2015/16, em quatro experimentos. Em cada experimento foi utilizada uma conformação espacial de plantas de eucalipto: renques simples com baixa densidade de árvores, renques simples com alta densidade, renques duplos com baixa densidade e renques duplos com alta densidade. Como testemunha, foi considerada uma área contígua, sem a presença de árvores. Nos quatro experimentos, o crescimento e o teor de nitrogênio na massa seca da soja, avaliados no pleno florescimento, não foram reduzidos expressivamente em função da interferência do eucalipto. A redução de produtividade de grãos de soja causada pelas árvores variou de 40 a 43% em relação à testemunha. Os teores de proteína e óleo nos grãos de soja não foram alterados pela interferência das árvores.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* L., *Eucalyptus urograndis*, N na massa seca da soja, produtividade de grãos, óleo e proteína nos grãos.

ABSTRACT

Agroforestry systems have been considered options for sustainable intensification of agricultural production, especially in regions with tropical climate and sandy soils. The objective of this study was to evaluate the performance of soybean crops in agroforestry systems with *Eucalyptus urograndis* in the Northwest region of the state of Paraná, Brazil. The systems were implanted in October 2009, using single and double rows of eucalyptus. Soybean crop performance was evaluated in the growing season between 2015/16 in four experiments. In each experiment, a spatial conformation of eucalyptus plants was used: simple row with low density of trees, simple row with high density, double rows with low density and double rows with high density. A contiguous area without tree interference was used as control group. In the four experiments, soybean growth and nitrogen content in dry mass at full bloom were not significantly reduced, due to the presence of eucalyptus. The reduction of soybean yield caused by tree interference ranged from 40% to 43% compared to the control group. Protein and oil contents in soybean grains were not altered by tree interference.

KEYWORDS: *Glycine max* L., *Eucalyptus urograndis*, nitrogen content in soybean dry mass, grain yield, oil and protein content in soybean grains.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, novos modelos de produção foram testados com o objetivo de aumentar a produção de bens para a humanidade, sobretudo alimentos, fibra e agroenergia com baixa necessidade de insumos externos às propriedades rurais e reduzido impacto ambiental (NAIR 2011, FRANCHINI et al. 2014). Nesse sentido, é fundamental o desenvolvimento de sistemas de produção que utilizem eficientemente os recursos do ambiente, concomitante à melhoria da qualidade do solo, da água e do ar,

redução do consumo de insumos e geração de maior renda por área (BALBINOT JUNIOR et al. 2009).

A presença de árvores no ambiente de produção pode conferir vários benefícios ambientais, especialmente em termos de conservação do solo e da água (NASIELSKI et al. 2015), sequestro de carbono (LORENZ & LAL 2014) e redução da velocidade do vento e da evapotranspiração (SVOMA et al. 2016). Além disso, pode propiciar benefícios econômicos, pela diversificação de atividades e aumento da renda por área, em função da geração de produtos florestais. No entanto, é necessário avaliar os efeitos do componente arbóreo sobre as culturas anuais que compõem o sistema, já que há competição interespecífica temporária por água, luz e nutrientes (ROZADOS-LORENZO et al. 2007, FRANCHINI et al. 2014, ISAAC et al. 2014, VISHWANATH et al. 2014, WERNER et al. 2017). Esse conhecimento é fundamental para a análise da viabilidade técnica e econômica dos sistemas agroflorestais, bem como para determinar conformações espaciais de plantas arbóreas que maximizem a produtividade e a rentabilidade de todo o sistema de produção (FRANCHINI et al. 2014).

Em escala global, os sistemas agroflorestais vêm sendo fomentados com maior intensidade em ambientes que apresentam restrições à produção vegetal e animal, como é o caso de ambientes com solos muito arenosos e clima tropical (NAIR 2011, FRANCHINI et al. 2014, NASIELSKI et al. 2015). Esse é o caso da região Noroeste do Paraná, a qual representa 16% da área total do Estado, correspondendo a 3,2 milhões de hectares. Os solos dessa região, originários do arenito Caiuá, apresentam textura média a arenosa e, conseqüentemente, apresentam alta suscetibilidade à erosão e baixa capacidade de armazenamento de água (FIDALSKI et al. 2013). Além disso, a região possui clima do tipo Cfa, segundo a classificação climática de Köppen, com altas temperaturas, especialmente no verão. Essas características de solo e de clima tornam essa região bastante vulnerável a estresses abióticos. Atualmente, a maioria das áreas utilizadas para a produção agropecuária é ocupada por pastagens com algum estágio de degradação. Nesse contexto, o uso de sistemas agroflorestais pode ser uma alternativa para intensificar o uso econômico das propriedades nessa região e a sustentabilidade do agronegócio.

Objetivou-se nesse trabalho avaliar o desempenho da cultura da soja em sistemas agroflorestais com *Eucalyptus urograndis* na região Noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental possui dez hectares e foi implantada em outubro de 2009, no município de Santo Inácio, Noroeste do Paraná - coordenadas geográficas da área: 22°45'56" S, 51°50'30" O e 386 m de altitude. O solo da área foi identificado como Latossolo Vermelho distrófico. No momento da implantação dos sistemas agroflorestais, o solo apresentava os seguintes atributos na camada de 0-0,25 m: 101, 18 e 881 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente; 4,7 de pH (CaCl₂), 10,6 g kg⁻¹ de C; 10,0 mg dm⁻³ de P; e 0,07, 1,25 e 0,34 cmolc dm⁻³ de K, Ca e Mg trocáveis.

Antes da implantação do sistema, a área era utilizada com pastagem perene de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O sistema agroflorestal foi implantado com renques simples e duplos de *Eucalyptus urograndis*, os quais foram posicionados seguindo o nível do terreno, correspondendo ao sentido leste-oeste. A distância entre os renques foi de 14 m e a distância entre plantas foi de 2,5 m. Na implantação do eucalipto foram aplicados 20, 60 e 45 g cova⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente. O controle de plantas daninhas nas linhas de eucalipto foi realizado com capina manual (coroamento) no primeiro ano e com aplicação de herbicida glifosato no segundo ano. Na safra 2009/10 foi implantada a cultura do milho consorciada com pastagem de *U. brizantha* nos entre renques. De março de 2010 a outubro de 2015, a área entre os renques foi cultivada com pastagem perene de *U. brizantha*.

Em junho de 2015 foi realizado raleio, retirando-se as árvores menores, bifurcadas ou quebradas. Nessa ocasião, foram criados dois níveis de densidade de plantas em cada tipo de renque. Nos renques simples: 94 e 188 plantas ha⁻¹, baixa e alta densidade, respectivamente. Nos renques duplos: 160 e 320 plantas ha⁻¹, baixa e alta densidade. As árvores remanescentes foram desramadas até 6 m de altura.

Em outubro de 2015 a pastagem de *U. brizantha* foi dessecada quimicamente com glifosato (2.160 g e.a. ha⁻¹). A soja, cultivar AS 3730IPRO, foi semeada nos entre renques no dia 10 de dezembro de 2015, em espaçamento entre fileiras de 0,5 m e com população de 250 mil plantas ha⁻¹. A adubação de implantação da soja foi realizada no sulco, com fertilizante formulado, correspondendo a 14, 70 e 35 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente. Em cobertura, foram aplicados a lanço no estádio V1 50 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de KCl. Todas as técnicas de manejo foram adotadas seguindo as orientações para a cultura, objetivando-se produtividade de 3,5 t ha⁻¹ de grãos.

Nos quatro experimentos, foram coletadas amostras de plantas de soja para determinação das variáveis em cinco posições no entre renque de eucalipto: próximo ao renque na face norte, posição

intermediária na face norte, posição central, posição intermediária na face sul e próximo ao renque na face sul. Em cada experimento, todas as avaliações foram realizadas em cinco transectos, totalizando 25 amostras em cada experimento. Como testemunha, foram coletadas cinco amostras de soja em área contígua, sem a presença de árvores, e que apresentou o mesmo histórico de manejo nas últimas duas décadas.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea no pleno florescimento (R2), determinada em amostras de duas linhas por três metros de comprimento; teor de N na massa seca da parte aérea, determinado pelo método Kjeldahl; acúmulo de N na massa seca, determinado pela multiplicação da massa seca da parte aérea pelo teor de N; produtividade de grãos, também determinada em amostras de duas linhas por três metros de comprimento, sendo os dados corrigidos para 13% de umidade; e teores de proteína e óleo nos grãos, pela técnica da Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIR), segundo HEIL (2010).

Em cada posição do entre renque, foram calculadas as médias e os desvios-padrão dos cinco transectos avaliados. As médias e os desvios-padrão no tratamento testemunha também foram determinados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com baixa densidade de árvores, 94 e 160 plantas ha^{-1} , nos experimentos com renques simples e duplos, respectivamente, não houve diminuição expressiva do crescimento da soja em R2 em função da interferência arbórea (Figura 1 A e C). No entanto, no reque simples com 188 plantas ha^{-1} de eucalipto e no reque duplo com 320 plantas ha^{-1} , observou-se menor crescimento da soja próxima às árvores em relação à testemunha (Figura 1 B e D). Isso demonstra o aumento da competição por água, nutrientes e luz em razão das maiores densidades de árvores.

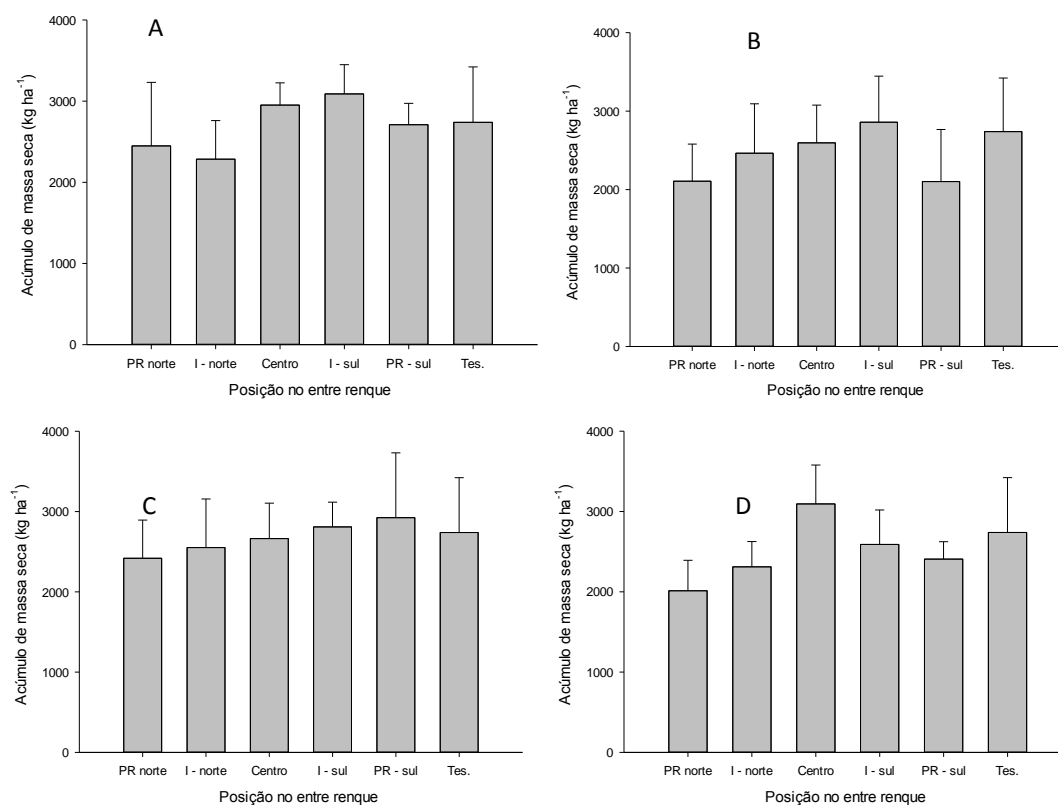


Figura 1. Acúmulo de massa seca pela soja no estágio R2 em diferentes posições no entre renque de *Eucalyptus urograndis* com sete anos de idade, cultivado em renques simples com baixa densidade (A), renques simples com alta densidade (B), renques duplos com baixa densidade (C) e renques duplos com alta densidade (D). Santo Inácio, PR, safra 2015/16. PR= próximo às árvores. I= posição intermediária. Tes.= Testemunha sem interferência arbórea.

Figure 1. Dry mass of soybean crop during the R2 development stage at different positions between rows of seven-year-old *Eucalyptus urograndis*, cultivated in simple rows with low plant density (A), simple rows with high density (B), double rows with low density (C) and double rows with high density (D). Santo Inácio, Paraná State, Brazil, 2015/16 growing season. PR= near the trees. I= intermediate position. Tes.= control group without tree interference.

Nos quatro experimentos, o teor de N na massa seca da soja não foi alterado pela interferência das árvores (Figura 2). A posição no entre renque também não influenciou essa variável. Em geral, os teores de N na parte aérea da soja são pouco variáveis frente a mudanças no ambiente de produção, o qual altera em maior magnitude a produção de massa seca e não o teor desse nutriente (FRANCHINI et al. 2015).

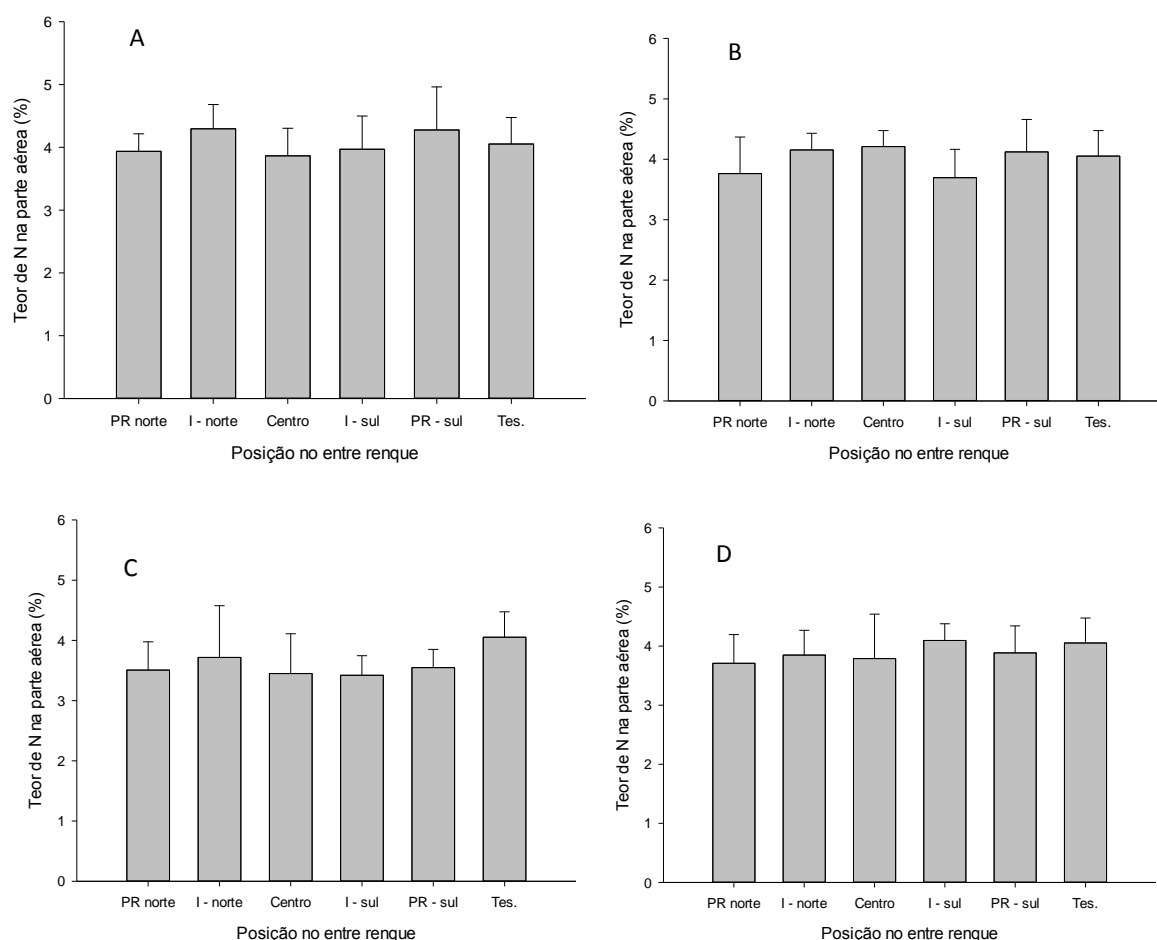


Figura 2. Teor de nitrogênio na parte aérea da soja no estágio R2 em diferentes posições no entre renque de *Eucalyptus urograndis* com sete anos de idade, cultivado em renques simples com baixa densidade (A), renques simples com alta densidade (B), renques duplos com baixa densidade (C) e renques duplos com alta densidade (D). Santo Inácio, PR, safra 2015/16. PR=próximo às árvores. I=posição intermediária. Tes.=Testemunha sem interferência arbórea.

Figure 2. Nitrogen content in the aerial part of the soybean crop during the R2 development stage at different positions between rows of seven-year-old *Eucalyptus urograndis* cultivated in simple rows with low plant density (A), simple rows with high density (B), double rows with low density (C) and double rows with high density (D). Santo Inácio, Paraná State, Brazil, 2015/16 growing season. PR=near the trees. I=intermediate position. Tes.=control group without tree interference.

As plantas de soja em competição com as árvores são submetidas à baixa disponibilidade de luz, reduzindo a abertura estomática, o que promove redução da transpiração e da fixação de CO₂. Assim, há aumento da razão entre a concentração interna de CO₂ e a do ar, em consequência da baixa radiação fotossinteticamente ativa (DING & SU 2010). Com a diminuição da absorção de luz, a fase fotoquímica da fotossíntese, a cadeia de transporte de elétrons e a fase bioquímica, na qual há conversão de CO₂ em açúcares, são prejudicadas (MENDES et al. 2013). Em razão da redução da produção dos fotoassimilados, há comprometimento do crescimento, causando diminuição do índice de área foliar. Além disso, as árvores exercem elevada competição por água e nutrientes, reduzindo a disponibilidade desses recursos às plantas de soja (SVOMA et al. 2016). No entanto, há carência de informações na literatura sobre os efeitos separados da competição por luz ou recursos edáficos imposta pelo componente arbóreo em sistemas agroflorestais.

Como o teor de N na massa não variou expressivamente, o comportamento do acúmulo desse

nutriente na massa da soja (Figura 3) foi semelhante ao acúmulo de massa seca (Figura 1). Houve redução no acúmulo de N pela soja em decorrência da interferência exercida pelas árvores somente nas maiores densidades de árvores e próximo aos renques.

Nos quatro arranjos espaciais de plantas de eucalipto avaliados, a produtividade de grãos foi fortemente afetada pelo componente arbóreo (Figura 4). No arranjo de fileiras duplas, tanto em baixa quanto em alta densidade, a redução de produtividade em relação à testemunha - média das cinco posições no entre renque - foi de 43%, mesma percentagem observada no arranjo de fileiras simples com alta densidade. No arranjo de fileiras simples com baixa densidade de árvores, a perda de produtividade foi de 40%, não observando-se efeitos expressivos da posição no entre renque sobre a produtividade da oleaginosa. Nos demais arranjos, houve tendência de haver menor rendimento nas posições próximas aos renques, tanto ao sul quanto ao norte.

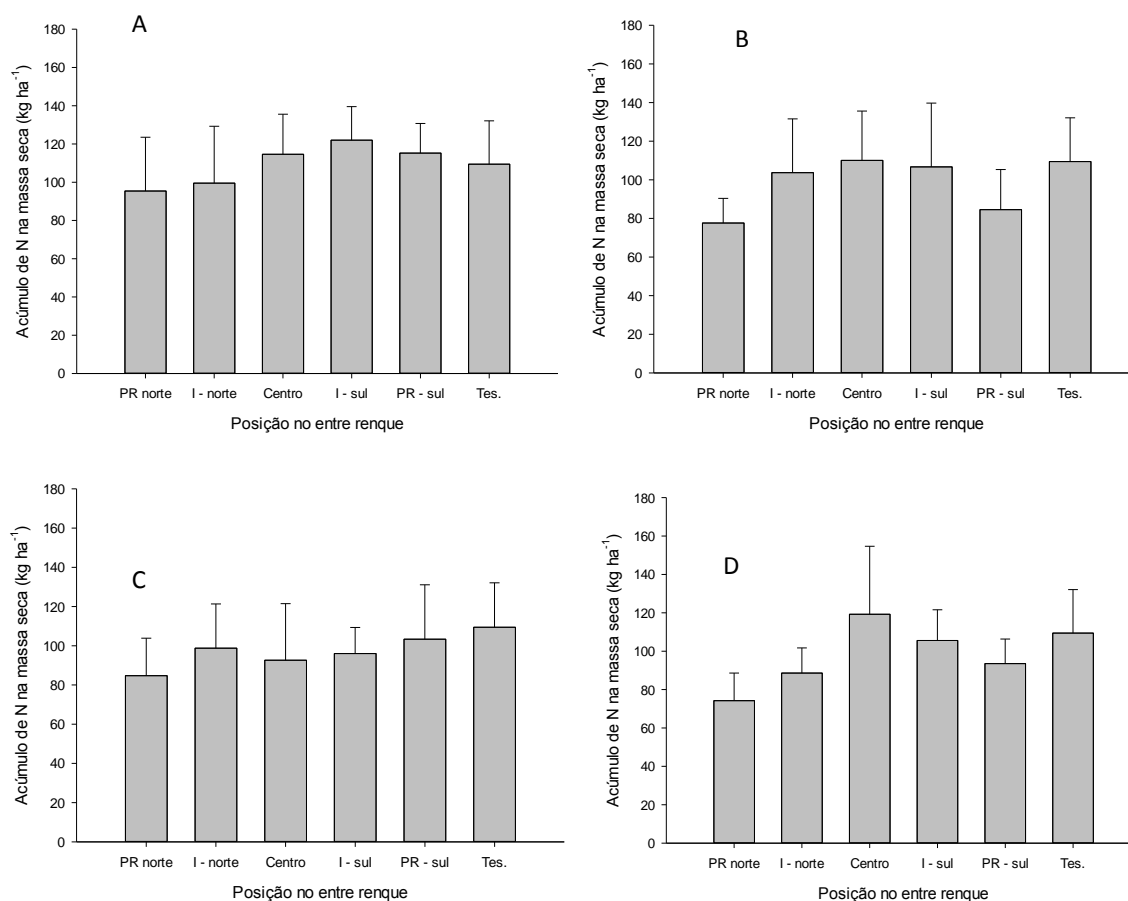


Figura 3. Acúmulo de nitrogênio na parte aérea da soja no estágio R2 em diferentes posições no entre renque de *Eucalyptus urograndis* com sete anos de idade, cultivado em renques simples com baixa densidade (A), renques simples com alta densidade (B), renques duplos com baixa densidade (C) e renques duplos com alta densidade (D). Santo Inácio, PR, safra 2015/16. PR=próximo às árvores. I=posição intermediária. Tes.=Testemunha sem interferência arbórea.

Figure 3. Nitrogen accumulation in the aerial part of the soybean crop during the R2 development stage at different positions between rows of seven-year-old *Eucalyptus urograndis*, cultivated in simple rows with low plant density (A), simple rows with high density (B), double rows with low density (C) and double rows with high density (D). Santo Inácio, Paraná State, Brazil, 2015/16 growing season. PR=near the trees. I=intermediate position. Tes.=control group without tree interference.

Em solo arenoso e clima quente, FRANCHINI et al. (2014) também constataram elevado impacto negativo de renques de eucalipto sobre a produtividade de grãos de soja. VISHWANATH et al. (2014) observaram que as perdas de produtividade da soja em associação com sete espécies florestais variaram de 57,6 a 90%, comparativamente à ausência do componente florestal, o que demonstra que a soja é pouco tolerante à competição imposta pelas árvores. A planta de soja necessita de alta intensidade de luz para produzir fotoassimilados e quando a luminosidade se apresenta inferior ao ponto de compensação, a planta oxida mais carbono do que o fixa, diminuindo a produtividade de grãos (VAN ROEKEL & PURCELL 2014).

Por outro lado, a soja é relativamente tolerante a condições atmosféricas adversas, sobretudo, durante seu período vegetativo, apresentando alta capacidade de recuperação, mas a obtenção de elevadas produtividades só será possível se ocorrerem condições ideais de disponibilidade hídrica, luz e temperatura na fase de formação de vagens e de grãos (REYNOLDS et al. 2007). A presente pesquisa mostrou que a interferência negativa das árvores foi muito superior sobre a produtividade de grãos da soja do que sobre a massa seca acumulada no florescimento. Isso indica que os maiores efeitos da competição ocorreram nas fases de formação das vagens e enchimento dos grãos.

Nas condições edafoclimáticas e de manejo deste trabalho, o efeito negativo da competição do eucalipto pelos recursos do meio sobre a soja apresentou maior relevância do que os possíveis benefícios microclimáticos observados em sub-bosque, como redução de temperaturas máximas, aumento da umidade relativa do ar e diminuição da evapotranspiração, corroborando resultados obtidos por FRANCHINI et al. (2014) e WERNER et al. (2017). Além disso, é necessário considerar a perda de área cultivada com culturas anuais nos renques de eucalipto - algo em torno de três a quatro metros de largura. Por outro lado, salienta-se que há necessidade de pesquisas com outros arranjos espaciais de plantas de eucalipto e com cultivares de soja selecionadas para ambientes parcialmente sombreados.

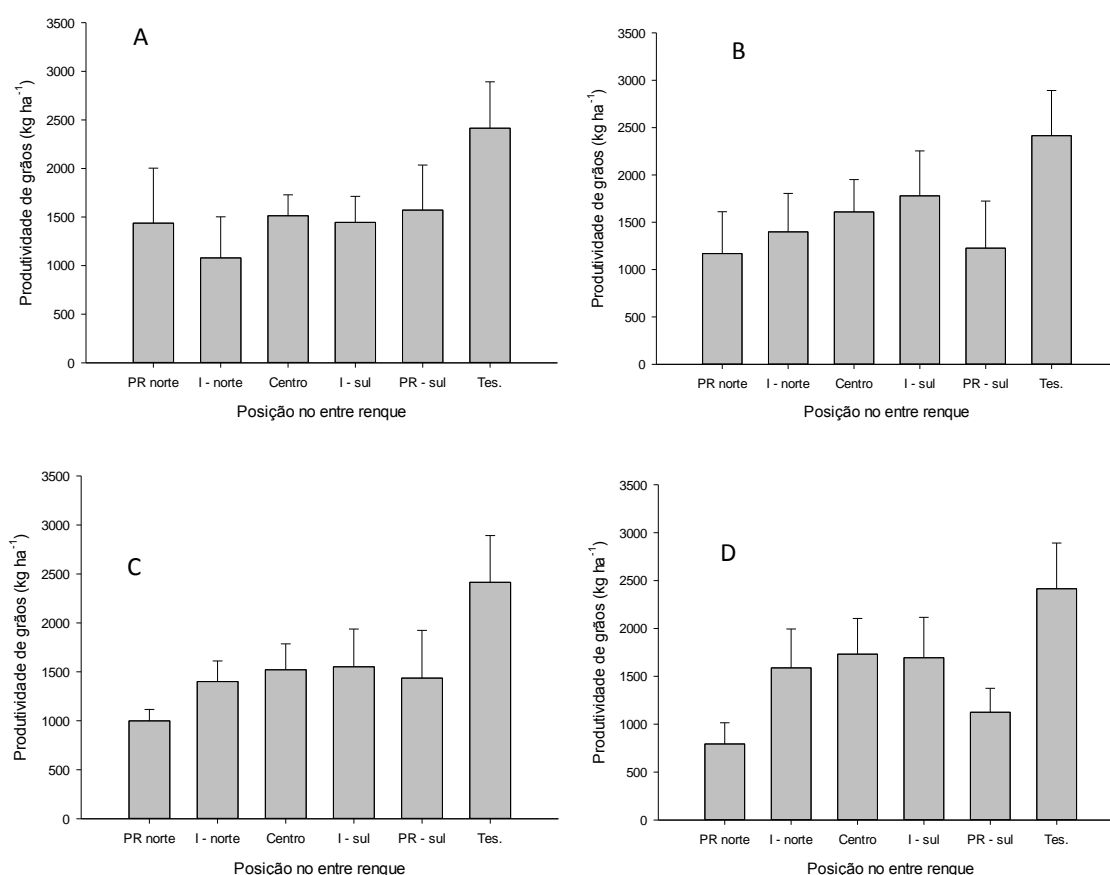


Figura 4. Produtividade de grãos de soja em diferentes posições no entre renque de *Eucalyptus urograndis* com sete anos de idade, cultivado em renques simples com baixa densidade (A), renques simples com alta densidade (B), renques duplos com baixa densidade (C) e renques duplos com alta densidade (D). Santo Inácio, PR, safra 2015/16. PR=próximo às árvores. I=posição intermediária. Tes.=Testemunha sem interferência arbórea.

Figure 4. Soybean grain yield at different positions between rows of seven-year-old *Eucalyptus urograndis*, cultivated in simple rows with low plant density (A), simple rows with high density (B), double rows with low density (C) and double rows with high density (D). Santo Inácio, Paraná State, Brazil, 2015/16 growing season. PR=near the trees. I=intermediate position. Tes.=control group without tree interference.

Os teores de óleo e proteína nos grãos não foram influenciados pela presença do eucalipto no sistema de produção, nem tampouco pela proximidade dos renques (Figura 5). Os teores de óleo e proteína dos grãos de soja são governados geneticamente, embora possam ser influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos (BUENO et al. 2013, POETA et al. 2014).

Entretanto, nessa pesquisa, apesar das expressivas mudanças no ambiente de produção decorrentes da presença do eucalipto, essas mudanças não influenciaram nos teores de óleo e proteína nos grãos.

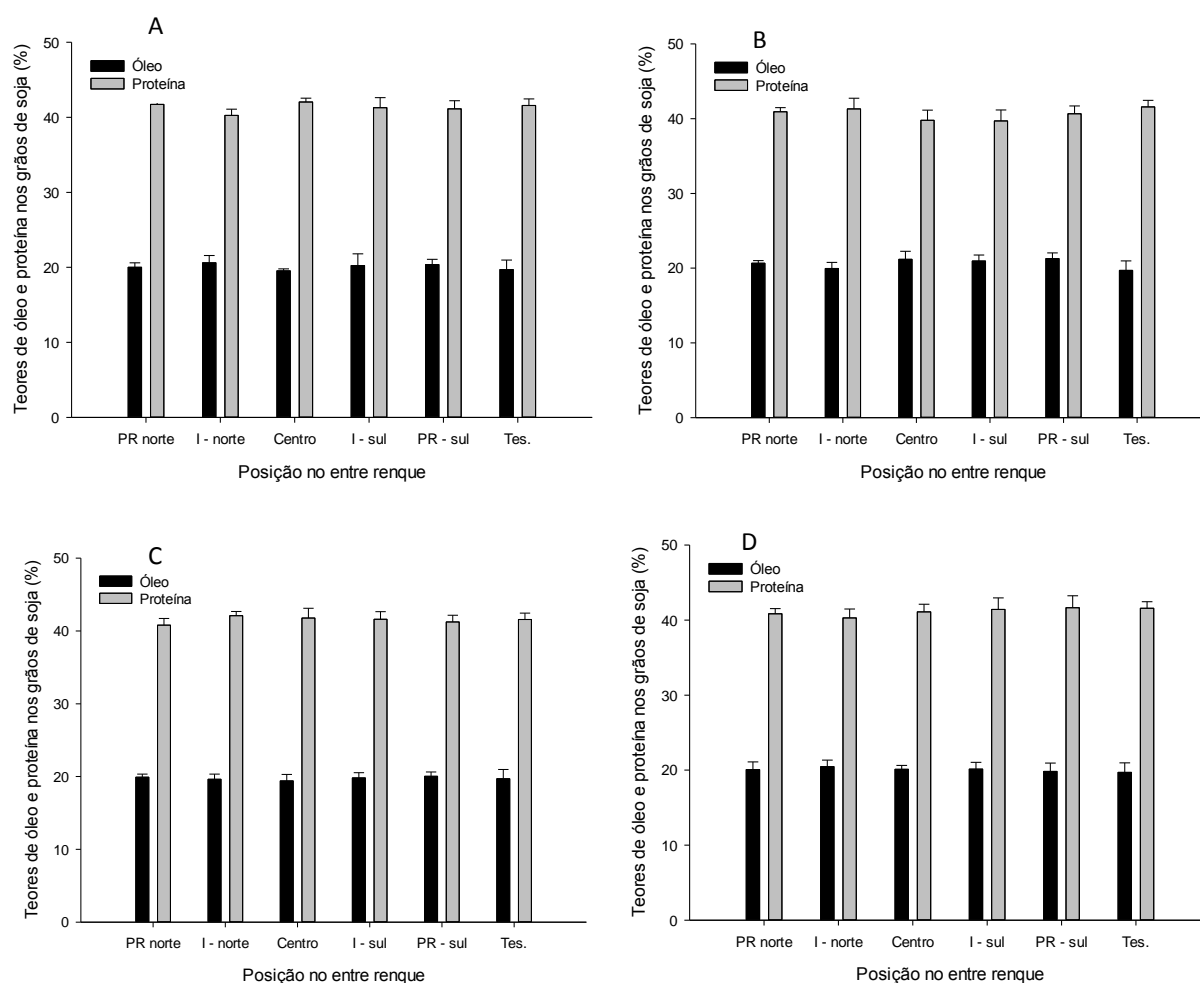


Figura 5. Teores de óleo e proteína nos grãos de soja em diferentes posições no entre renque de *Eucalyptus urograndis* com sete anos de idade, cultivado em renques simples com baixa densidade (A), renques simples com alta densidade (B), renques duplos com baixa densidade (C) e renques duplos com alta densidade (D). Santo Inácio, PR, safra 2015/16. PR=próximo às árvores. I=posição intermediária. Tes.=Testemunha sem interferência arbórea.

Figure 5. Oil and protein content in soybean grains at different positions between rows of seven-year-old *Eucalyptus urograndis*, cultivated in simple rows with low plant density (A), simple rows with high density (B), double rows with low density (C) and double rows with high density (D). Santo Inácio, Paraná State, Brazil, 2015/16 growing season. PR=near the trees. I=intermediate position. Tes.=control group without tree interference.

CONCLUSÃO

O crescimento e o acúmulo de nitrogênio na massa seca da soja, avaliados no pleno florescimento, foram reduzidos em função da interferência do eucalipto somente nas maiores densidades de árvores e nas posições próximas aos renques simples e duplos.

Os teores de nitrogênio na massa seca da soja em pleno florescimento e de proteína e óleo nos grãos não foram alterados pela interferência das árvores, independentemente do tipo de renque e da densidade de árvores.

A redução média de produtividade de grãos de soja em função da presença das árvores variou de 40 a 43% em relação à soja cultivada em pleno sol.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BALBINOT JUNIOR AA et al. 2009. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural* 39: 1925-1933.
- BUENO RD et al. 2013. Genetic parameters and genotype x environment interaction for productivity, oil and protein content in soybean. *African Journal of Agricultural Research* 8: 4853-4859.
- DING S & SU P. 2010. Effects of tree shading on maize crop within a Poplar-maize compound system in Hexi Corridor oasis, northwestern China. *Agroforestry Systems* 80: 117-129.
- FIDALSKI J et al. 2013. Influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranaíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 37: 613-621.
- FRANCHINI JC et al. 2014. Yield of soybean, pasture and wood in integrated crop-livestock-forest system in Northwestern Paraná state, Brazil. *Revista Ciência Agronômica* 45: 1006-1013.
- FRANCHINI JC et al. 2015. Crescimento da soja influenciado pela adubação nitrogenada na cultura, pressão de pastejo e épocas de dessecação de *Urochloa ruziziensis*. *Agro@mbiente On-line* 9: 129-135.
- HEIL C. 2010. Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR Spectroscopy. Madison: Thermo Fisher Scientific. 3p. (Application note: 51954).
- ISAAC ME et al. 2014. Legume performance and nitrogen acquisition strategies in a tree-based agroecosystem. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 38: 686-703.
- LORENZ K & LAL R. 2014. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 443-454.
- MENDES MMS et al. 2013. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48: 1342-1350.
- NAIR PKR. 2011. Agroforestry systems and environmental quality: introduction. *Journal of Environmental Quality* 40: 784-790.
- NASIELSKI J et al. 2015. Agroforestry promotes soybean yield stability and N₂-fixation under water stress. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1541-1549.
- POETA FB et al. 2014. Seed water concentration and accumulation of protein and oil in soybean seeds. *Crop Science* 54: 2752-2759.
- REYNOLDS PE et al. 2007. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in Southern Ontario, Canada. *Ecological Engineering* 29: 362-371.
- ROZADOS-LORENZO MJ et al. 2007. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. *Agroforestry System* 70: 53-62.
- SVOMA BM et al. 2016. Evapotranspiration differences between agroforestry and grass buffer systems. *Agricultural Water Management* 176: 214-221.
- VAN ROEKEL RJ & PURCELL LC. 2014. Soybean biomass and nitrogen accumulation rates and radiation use efficiency in a maximum yield environment. *Crop Science* 54: 1189-1196.
- VISHWANATH BR et al. 2014. Evaluation of soybean yield under biofuel based agroforestry system. *Environment & Ecology* 32: 1194-1199.
- WERNER F et al. 2017. Agronomic performance of soybean cultivars in an agroforestry system. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 47: 279-285.