



ARTIGO ORIGINAL

Talita de Novais Mariosa¹
Eliane Guimarães Pereira Melloni¹
Rogério Melloni^{1*}
Gustavo Magno dos Reis Ferreira²
Suemis Maria Parenti de Souza²
Luiz Fernando de Oliveira da Silva³

Rizobactérias e desenvolvimento de mudas a partir de estacas semilenhosas de oliveira (*Olea europaea* L.)

Rhizobacteria and development of seedlings from semi-hardwood cuttings of olive (Olea europaea L.)

¹ Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Instituto de Recursos Naturais – IRN, Av. BPS, 1303, 37500-903, Itajubá, MG, Brasil

² Universidade Federal de Lavras – UFLA, Departamento de Biologia, Av. Central, s/n - Campus Universitário, 37200-000, Lavras, MG, Brasil

³ Núcleo Tecnológico EPAMIG Azeitona e Azeite, Rua Washington Alvarenga Viglioni, s/n^o, Bairro Varge, 37517-000, Maria da Fé, MG, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: rogerio.melloni@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Inóculo
Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas
Fitohormônios
AIB

KEYWORDS

Inoculum
Plant growth-promoting rhizobacteria
Phytohormones
IBA

RESUMO: O enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira, durante o desenvolvimento de mudas, ainda é considerado baixo. Estudos têm demonstrado que rizobactérias, pela produção de hormônios, principalmente ácido indolacético (AIA), podem atuar no enraizamento. Este estudo objetivou avaliar o potencial de isolados de rizobactérias (32, 39, 42 e 48) e das estirpes-tipo *Azospirillum brasilense* (BR 11001^t), *Azospirillum amazonense* (BR 11040^t), *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11175^t) e *Burkholderia brasiliensis* (BR 11340^t) de promoverem o enraizamento e desenvolvimento de mudas de oliveira, a partir de estacas semilenhosas da cultivar Grappolo 541. Os isolados e estirpes-tipo apresentaram produção de AIA *in vitro* variando de 200 a 1.406 µg mL⁻¹, sendo os isolados 39 e 48 os maiores produtores. No entanto, não houve correlação entre produção de AIA obtida *in vitro* e o enraizamento. A estirpe-tipo *H. seropedicae* (BR 11175^t), pelo incentivo no crescimento das raízes, apresentou potencial de utilização no enraizamento e desenvolvimento de estacas de oliveira da cultivar Grappolo 541, comparado ao hormônio ácido indolbutírico (AIB), comercialmente utilizado na formação de mudas.

ABSTRACT: The rooting of olive semi-hardwood cuttings, during the formation of seedlings, is still considered low. Studies have shown that plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), due to its hormones production, mainly indoleacetic acid (IAA), can act in rooting. This study aimed to evaluate the potential of rhizobacteria isolates (32, 39, 42 and 48) and of the reference strains *Azospirillum brasilense* (BR 11001^t), *A. amazonense* (BR 11040^t), *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11175^t) and *Burkholderia brasiliensis* (BR 11340^t) promote rooting and development of seedlings from semi-hardwood cuttings of olive cultivar Grappolo 541. The bacterial isolates and the reference strains showed production of IAA *in vitro* ranging from 200 to 1406 mg L⁻¹, being the isolates 39 and 48 the largest producers. However, there was no correlation between IAA production *in vitro* and formation and root growth. The strain *H. seropedicae* (BR 11175^t), for the incentive in the root growing, showed rooting potential and development of olive cuttings cultivar Grappolo 541, compared to hormone indolbutyric acid (IBA), commercially used in the formation of seedlings.

1 Introdução

A olivicultura ou cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.) é praticada em várias regiões do mundo, mas a sua produção está concentrada, principalmente, nos países europeus, sendo à base da agricultura da região Mediterrânea da Europa (Oliveira et al., 2010). A oliveira foi introduzida no Brasil no início do século XIX, nas regiões sul e sudeste, e atualmente existem áreas com plantios comerciais nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Santa Catarina (Coutinho et al., 2009).

O método de propagação vegetativa mais utilizada na olivicultura é a estaquia devido, principalmente, a sua simplicidade e capacidade de formação de raízes adventícias pelas estacas (Porfirio et al., 2016). Diferentes cultivares de oliveira apresentam respostas distintas quanto ao enraizamento das estacas, sendo que a época do ano pode influenciar nesse processo, devido ao estado fenológico das plantas (Silva et al., 2012). Entretanto, fatores genéticos também podem influenciar no processo de diferenciação celular e formação de raízes em estacas (Pio et al., 2010). Segundo Oliveira et al. (2010), para espécies vegetais que apresentam dificuldade de enraizamento, como a oliveira, podem ser utilizadas técnicas auxiliares com reguladores de crescimento, como o ácido indolbutírico (AIB).

Embora a auxina natural amplamente encontrada nas plantas seja o ácido indolacético (AIA), a utilização de auxinas sintéticas é muito comum na propagação vegetativa por estaquia, tais como o AIB que, aplicado de forma exógena, possui ação similar ao fitohormônio (Lazaj et al., 2015). Entretanto, estudos mostram que a aplicação do hormônio sintético AIB em altas concentrações pode causar toxidez ao vegetal ou efeito inibitório do enraizamento (Sauer et al., 2013).

Por outro lado, o desenvolvimento de inoculantes com rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP) pode contribuir com a agricultura sustentável, podendo ser utilizadas como inoculantes biofertilizantes, as quais promovem crescimento das plantas por meio de maior comprimento e número de raízes, bem como de produção de clorofila (Mohite, 2013; Ruzzi & Aroca, 2015).

Apesar de poucos estudos relacionados à inoculação de rizobactérias no processo de propagação vegetativa da oliveira, essa pode servir como uma opção alternativa natural aos reguladores sintéticos de enraizamento, atualmente utilizados para a cultivar Grappolo 541, definida em função de seu potencial de produtividade e desenvolvimento na região de estudo (Oliveira et al., 2012; Ferreira et al., 2015).

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção de AIA por diferentes isolados de rizobactérias e a possibilidade de sua utilização no enraizamento e desenvolvimento de mudas, a partir de estacas semilenhosas de oliveira da cultivar Grappolo 541.

2 Material e Métodos

As RPCP utilizadas no presente trabalho foram as estirpes-tipo, *Azospirillum brasilense* (BR 11001¹), *Azospirillum amazonense* (BR 11040²), *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11175³) e *Burkholderia brasilensis* (BR 11340⁴) pertencentes à coleção de cultura da Embrapa Agrobiologia - Seropédica-RJ, e os isolados de rizobactérias 32, 39, 42 e 48, obtidos por Silva & Melloni (2011) e depositados no banco de microrganismos

do Centro de Estudos em Qualidade Ambiental (Cequam), da Universidade Federal de Itajubá.

Os isolados bacterianos foram cultivados em meio Dygs (glicose 2%; peptona 1,5%; extrato de levedura 2%; KH_2PO_4 0,5%; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5%; ácido glutâmico 1,5% com pH 6,8), conforme recomendado por Kuss et al. (2007), em agitação de 120 rpm a 28°C, até atingir a densidade populacional de 10^8 UFC/mL.

Para avaliar a produção de AIA *in vitro* de cada isolado e estirpe-tipo foram realizados testes conforme metodologia descrita em Salkowski (Mayer, 1958). Para isso, os microrganismos foram padronizados em 0,6 de absorbância, acrescentando-se uma solução salina de 0,85% até se obter uma absorbância de 0,5, utilizando-se espectrofotômetro a 600 nm. Uma alíquota de 0,5 mL de suspensão de cada um dos microrganismos foi inoculada em meio líquido Dygs e agitada por 72 horas a 30 °C. Após esse período, cada uma das culturas homogêneas foi centrifugada a 10000 rpm por 15 minutos. No sobrenadante obtido foram acrescentados 2 mL de reagente de Salkowski (2 mL de FeCl_3 0,5 mol L⁻¹ + 98 mL de HClO_4 35%) e armazenados em ambiente escuro por 30 minutos para desenvolvimento de cor, a qual foi determinada em espectrofotômetro a 530 nm.

A curva padrão para comparação da absorbância colorimétrica da quantidade de AIA produzida RPCP foi obtida por meio de oito concentrações de AIA comercial (0, 0,5, 50, 100, 200, 300, 400, 500 µg mL⁻¹, respectivamente), obtidas por meio de diluições de uma solução 1 mg L⁻¹ de ácido-3-indolacético comercial, e 2 mL do reagente de Salkowski em cada frasco (Galdiano-Junior, 2009), com as quais gerou-se a equação linear $y = 0,0005x + 0,0041$, com $R^2 = 0,99$.

Para verificar o potencial de enraizamento das estacas de oliveira por RPCP, instalou-se um experimento em delineamento inteiramente casualizado, com 9 fontes produtoras de hormônio (4 isolados de rizobactérias + 4 estirpes-tipo + 1 hormônio sintético AIB), com 5 repetições por tratamento, totalizando 45 unidades experimentais, em casa de vegetação dotada de nebulização intermitente automatizada, acionada das 7 às 19 h, em intervalos de 10 min, por 10 s, na Fazenda Experimental de Maria da Fé (FEMF-Epamig/MG).

Cada unidade experimental foi constituída por um copo plástico de 100 mL, sendo preenchido com areia esterilizada autoclavada duas vezes por 2 h, com intervalo de 24 h. Cada unidade experimental recebeu duas estacas semilenhosas, resultando em 90 estacas de oliveira no total. A cultivar de oliveira utilizada no experimento foi a Grappolo 541, pertencente ao banco ativo de germoplasma situado na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), de Maria da Fé (MG).

As estacas foram obtidas no mês abril de 2014, apresentando tamanho de 15 cm e dois pares de folhas, oriundas de ramos sadios e com folhas bem desenvolvidas, estágio considerado de dormência da planta. O caule das estacas foi desinfestado superficialmente com álcool 70% por 10 segundos. Em seguida, foram submersas em solução de hipoclorito de sódio 1% por 3 minutos, sendo realizadas, em seguida, cinco lavagens com água destilada e esterilizada (Silva, 2011).

Posteriormente, os caules das estacas ficaram imersos em 125 mL de cada suspensão bacteriana em meio Dygs durante 60 min. No tratamento controle sem inoculação, as estacas de cada

cultivar ficaram imersas em meio Dygs autoclavado sem inóculo bacteriano, durante 60 min, conforme metodologia descrita em Baldotto et al. (2010), com modificações. No tratamento com hormônio sintético, as bases das estacas foram mergulhadas em ácido indolbutírico (AIB), com concentração de 3 g L⁻¹, por 5 s, conforme metodologia descrita em Silva (2011).

Após 150 dias da instalação do experimento, as estacas foram avaliadas quanto à porcentagem de estacas enraizadas, ao número e crescimento de raízes formadas, seguindo a análise de variância, com teste de Tukey a 5% de significância por meio do *software* estatística Sisvar (Ferreira, 2008), e dados transformados por raiz de $x + 0,5$. Para verificar a correlação entre a produção de hormônios *in vitro* pelos microrganismos e seu potencial de enraizamento das estacas de oliveira, foi determinado o coeficiente de correlação de Pearson.

3 Resultados e Discussão

Os resultados da produção de AIA *in vitro* pelas RPCP estão apresentados na Tabela 1. Destaca-se o isolado 39, que apresentou um maior valor bruto de produção de AIA (1406 µg mL⁻¹), em contraposição à menor produção para o isolado 32 (270 µg mL⁻¹). As estirpes-tipo utilizadas como microrganismos-padrão na produção dos hormônios apresentaram produção de AIA em média de 417 µg mL⁻¹.

Kuss et al. (2007), avaliando a produção de AIA por rizobactérias diazotróficas isoladas de arroz em relação às estirpes-tipo *A. lipoferum* e *A. brasilense* pertencentes à coleção de cultura de microrganismos da Embrapa Agrobiologia (Seropédica - RJ), registraram valores entre 2,79 e 13,47 µg mL⁻¹ para as primeiras e de 4,63 e 5,04 µg mL⁻¹ para as respectivas estirpes-tipo. Esses valores podem ser considerados muito inferiores aos obtidos no presente estudo para todas as bactérias. Essa variação pode ser resultado de diversos fatores ainda não bem esclarecidos, como às diferentes condições de armazenamento, repicagem e mutações genéticas que podem ocorrer naturalmente (Madigan et al., 2010).

Diversos fatores como tempo de incubação, aminoácidos, fontes de carbono e nitrogênio interferem diretamente na produção de hormônios pelos microrganismos, como demonstrado por Bharucha et al. (2013) uma máxima produção de AIA na concentração de 0,20 mg/mL de triptofano, presença de sacarose como fonte de energia e (NH₄)₂SO₄ como fonte de nitrogênio em um tempo de incubação de 96 h. Os isolados estudados apresentaram uma faixa de produção do AIA de 26,4 a 591,8 µg mL⁻¹, destacando-se a bactéria *Pseudomonas putida* cepa UB1, com maior produção. No presente estudo, os isolados 39 e 48 proporcionaram valores de produção *in vitro* de AIA muito superiores (Tabela 1), apresentando potencial de utilização em programas de enraizamento de oliveira, considerando esse fator como determinante. Nesse sentido, os dados referentes ao enraizamento das estacas de oliveira estão apresentados na Tabela 2.

Observa-se, na Tabela 2, que não houve significância (P>0,05) para os valores de número médio de raízes (NR), não justificando, assim, uma análise complementar dos dados, ou seja, não houve diferença estatística entre as médias apresentadas, mesmo sendo obtido um valor médio de 22,4 raízes para o tratamento com o AIB.

Observou-se que o tratamento com a estirpe-tipo *H. seropedicae* (BR 11175^t), juntamente com o isolado 42, apresentaram

50% das estacas enraizadas. Esse valor é maior ao encontrado na literatura para a mesma cultivar (Grappolo 541), com registros de porcentagem de enraizamento de 8% para o tratamento de 3 g L⁻¹ de AIB (Oliveira et al., 2012) e de 12%, em trabalho realizado por Silva et al. (2012), nas mesmas condições.

Para o comprimento médio das raízes (CR), o maior valor médio atribuído ao tratamento com a estirpe *H. seropedicae* (BR 11175^t), seguida pelo isolado 42, *B. brasilensis* (BR 11340^t) e isolado 39, não havendo diferença estatística entre eles, de acordo com o teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Houve diferença estatística apenas para o tratamento com a estirpe *H. seropedicae* (BR 11175^t), com maior valor, em relação à *A. amazonense* (BR 11040^t), *A. brasilense* (BR 11001^t),

Tabela 1. Produção *in vitro* de ácido indolacético (AIA) pelas rizobactérias promotoras de crescimento em planta (RPCP).

Table 1. Indolacetic acid (IAI) *in vitro* production by plant growth promoter rhizobacteria (PGPR).

RPCP	Produção de AIA (µg mL ⁻¹)
32	270,46
39	1406,46
42	199,80
48	719,14
<i>Herbaspirillum seropedicae</i> (BR 11175 ^t)	304,14
<i>Azospirillum brasilense</i> (BR 11001 ^t)	477,80
<i>Burkholderia brasilensis</i> (BR 11340 ^t)	365,14
<i>Azospirillum amazonense</i> (BR 11040 ^t)	522,46

Tabela 2. Avaliação do potencial de enraizamento das estacas de oliveira (Grappolo 541) inoculadas com rizobactérias promotoras de crescimento em planta, em comparação com o tratamento com hormônio sintético AIB.

Table 2. Evaluation of rooting potential of olive tree cuttings (Grappolo 541) inoculated with plant growth promoter rhizobacteria, in comparison with synthetic hormone IBA.

Tratamentos	% de estacas enraizadas	NR	CR (cm)
AIB	20 ab	22,4	0,52 b
32	10 ab	4	0,59 b
39	20 ab	5	0,89 ab
42	50 a	2,6	1,74 ab
48	10 ab	0,8	0,31 b
<i>Herbaspirillum seropedicae</i> (BR 11175 ^t)	50 a	4	3,09 a
<i>Azospirillum brasilense</i> (BR 11001 ^t)	10 ab	2	0,64 b
<i>Burkholderia brasilensis</i> (BR 11340 ^t)	20 ab	2	0,90 ab
<i>Azospirillum amazonense</i> (BR 11040 ^t)	0 b	0	0 b
IV (%)	36,65	44,07	17,55
P value	0,0029	0,32	0,0062

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Índice de Variação (IV) dado pelo coeficiente de variação dividido pela raiz quadrada do número de repetições. NR: número de raízes; CR: comprimento das raízes. P value obtido pela análise de variância.

isolados 32 e 48, e o tratamento com o AIB, com os menores valores de CR.

Silva et al. (2012) observaram, em seu trabalho, utilizando como indutor do enraizamento o hormônio AIB, variação entre 9,2 e 11 para NR em estacas da cultivar Grappolo 541 de acordo com os meses de abril e agosto respectivamente, não apresentando diferenças estatísticas entre eles, e com um CR de 0,6 cm. Tais resultados podem ser considerados próximos aos encontrados no presente trabalho, quando comparados ao tratamento AIB, com um comprimento médio de 0,52 cm (Tabela 2).

Com os resultados desse estudo observa-se maior efeito das RPCP no comprimento das raízes (CR) do que na formação de raízes (NR) em estacas (Tabela 2), quando comparadas ao tratamento convencional com o hormônio sintético AIB, destacando-se a estirpe *H. seropedicae* (BR 11175^o). Entretanto, mesmo não apresentando significância estatística na formação de raízes nas estacas, houve um incremento no comprimento das raízes potencializados pela inoculação, uma vez que o AIA tem como característica o aumento no comprimento de raízes, número de pelos radiculares e raízes laterais (Zhao, 2010). Segundo Mohite (2013), isso se deve a um aumento osmótico da célula, aumento da permeabilidade de água, diminuição da pressão da parede e aumento da síntese de parede celular do vegetal, obtendo-se, assim, um maior alongamento radicular.

Ainda, a inoculação com a estirpe *H. seropedicae* (BR 11175^o) proporcionou maiores valores médios de comprimento radicular (Tabela 2), mesmo não apresentando os maiores valores de produções de AIA *in vitro* (Tabela 1). Da mesma forma, a rizobactéria 39, mesmo apresentando a maior produção *in vitro* de AIA (Tabela 1), não se destacou como promotora de formação de raízes e maior comprimento médio nas raízes (Tabela 2), apresentando baixa correlação entre os valores, como observada pelo coeficiente de Pearson ($r = -0,29$ para o comprimento médio das raízes; $r = 0,26$ para número médio raízes e $r = 0,29$ para porcentagem de estacas enraizadas). Sendo assim, a produção de hormônios pelas bactérias *in vitro* não apresentou correlação com o enraizamento das estacas de oliveira nas condições estudadas. Entretanto, estudos realizados por Erturk et al. (2010) demonstraram efeito significativo da utilização de RPCP no enraizamento de kiwizeiro, com relação direta entre produção de AIA pelos microrganismos e as taxas de enraizamento.

Já Sayed & El-Naggar (2014) demonstraram efeito positivo da interação entre rizobactérias, fungos micorrízicos arbusculares e concentrações de AIB no enraizamento de plantas ornamentais, apresentando um aumento no enraizamento e, conseqüentemente, um aumento na qualidade da estaca produzida quando as mesmas foram inoculadas com os referidos microrganismos. Além disso, observaram-se diminuição no tempo de produção das estacas e melhores efeitos em campo, como redução da utilização de compostos químicos e menor necessidade de controle de patógenos no solo.

A formação de raízes adventícias em estacas pode estar direta ou indiretamente controlada por genes, sendo a potencialidade de uma estaca em formar raízes variável de acordo com a espécie e cultivar, bem como do estado fenológico da planta, não estando relacionada somente à presença de estimulantes hormonais (Silva et al., 2012; Sayed & El-Naggar, 2014), como observado no presente estudo. Da mesma forma, de acordo com Baldani & Baldani (2005), o efeito da inoculação na produtividade das plantas é dependente tanto do genótipo da planta quanto da estirpe da bactéria utilizada. Assim, diferentes resultados na

inoculação são esperados quando se testam diferentes estirpes e diferentes genótipos de hospedeiros.

Interações microbiológicas que envolvem o crescimento e desenvolvimento são fundamentais em processos de formação das mudas de oliveira, podendo ser encontrado microrganismos como fungos micorrízicos arbusculares, que proporcionam um incremento no desenvolvimento das estacas já enraizadas, aumentando o sistema radicular, bem como a parte aérea das plantas (Ferreira et al., 2015), e também bactérias que promovem o crescimento das plantas por meio de polímeros e hormônios produzidos (Montero-Calasanz et al., 2013). No entanto, a maioria dos estudos envolvendo enraizamento ou crescimento de mudas de oliveira concentra-se em fatores químicos (Porfirio et al., 2016) e poucos são os trabalhos que consideram as interações microbiológicas, essenciais nas etapas iniciais de produção.

Dessa forma, é de extrema importância estudos em que se relacionem as comunidades microbianas e as espécies vegetais, uma vez que esses microrganismos são responsáveis pelo crescimento da planta, bem como pela proteção contra patógenos (Jin et al., 2014). A descrição de espécies de microrganismos isolados das plantas e suas características de produção de hormônios são de grande relevância do ponto de vista de sustentabilidade ambiental. As possíveis cepas podem ser aplicadas em processos de biofertilização (Montero-Calasanz et al., 2013), atuando como inoculantes comerciais e redução do uso de fertilizantes na produção de mudas, o qual contribui diretamente para produção mais econômica. Além disso, em produção orgânica, tais microrganismos podem estimular o enraizamento, apresentando-se como uma alternativa viável (Erturk et al., 2010) em uma agricultura mais sustentável.

4 Conclusões

As RPCP apresentaram produção de AIA entre 200 e 1406 $\mu\text{g mL}^{-1}$, com destaque para os isolados bacterianos 39 e 48. No entanto, não houve correlação entre produção de AIA *in vitro* com a formação e crescimento de raízes nas estacas de oliveira cultivar Grappolo 541.

A inoculação das estirpes-tipo e dos isolados bacterianos para o número médio de raízes não apresentou diferença com o tratamento hormônio sintético AIB.

A estirpe-tipo *H. seropedicae* (BR 11175^o) apresentou potencial de utilização no processo de produção de mudas de oliveira cultivar Grappolo 541. Entretanto, mais estudos são necessários para verificar a possibilidade da produção de um inoculante comercial envolvendo essa bactéria.

Referências

- BALDANI, J. L.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652005000300014>.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; OLIVARES, F. L.; VIANA, A. P.; BRESSAN-SMITH, R. Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro cultivar Vitória durante a aclimatização. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, p. 349-360, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000200008>.
- BHARUCHA, U.; PATEL, K.; TRIVEDI, U. B. Optimization of indole acetic acid production by *Pseudomonas putida* UB1 and its effect as plant growth-promoting rhizobacteria on mustard (*Brassica nigra*). *Agricultural Research*, v. 2, n. 3, p. 215-221, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s40003-013-0065-7>.

COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPELLARO, T. H. *Cultivo de oliveira (Olea europaea L.)*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125 p.

ERTURK, Y.; ERCISLI, E.; HAZNEDAR, A.; CAKMAKCI, R. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on rooting and root growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) stem cuttings. *Biological Research*, v. 43, n. 1, p. 91-98, 2010. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602010000100011>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Symposium*, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, G. M. R.; MELLONI, R.; SILVA, L. F. O.; MARTINS, F. B.; GONÇALVES, E. D. Fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de mudas de oliveira (*Olea europaea L.*) cultivadas no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 2, p. 361-366, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcsc20140082>.

GALDIANO JÚNIOR, R. F. *Isolamento, identificação e inoculação de bactérias produtoras de auxinas associadas às raízes de orquídeas*. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

JIN, H.; YANG, X.-Y.; YAN, Z.-Q.; LIU, Q.; LI, X.-Z.; CHEN, J.-X.; ZHANG, D.-H.; ZENG, L.-M.; QIN, B. Characterization of rhizosphere and endophytic bacterial communities from leaves, stems and roots of medicinal *Stellera chamaejasme L.* *Systematic and Applied Microbiology*, v. 37, n. 5, p. 376-385, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.syapm.2014.05.001>.

KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; LOVATO, T.; FLORES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 10, p. 1459-1465, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007001000013>.

LAZAJ, A.; RAMA, P.; VUKSANI, G. The interaction of season collection of cuttings, indol butyric acid (IBA) and juvenility factors on root induction in *Olea europaea L.* cultivar kokerr madhi beratit. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, v. 14, p. 41-46, 2015.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK, D. P. *Microbiologia de Brock*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160 p.

MAYER, A. M. Determination of indole acetic acid by the Salkowsky reaction. *Nature*, v. 182, n. 4650, p. 1670-1671, 1958. <http://dx.doi.org/10.1038/1821670a0>.

MOHITE, B. Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effects on plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 13, p. 638-649, 2013.

MONTERO-CALASANZ, M. C.; SANTAMARIA, C.; ALBAREDA, M.; DAZA, A.; DUAN, J.; GLICK, B. R.; CAMACHO, M. Alternative rooting induction of semi-hardwood olive cuttings by several auxin-producing bacteria for organic agriculture systems. *Spanish Journal*

of Agricultural Research, v. 11, n. 1, p. 146-154, 2013. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013111-2686>.

OLIVEIRA, M. C.; VIEIRA NETO, J.; PIO, R.; OLIVEIRA, A. F.; RAMOS, J. D. Enraizamento de estacas de oliveira submetidas a aplicação de fertilizantes orgânicos e AIB. *Ciências Agrotécnicas*, v. 34, n. 2, p. 337-344, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000200010>.

OLIVEIRA, M. C.; RAMOS, J. D.; PIO, R.; SANTOS, V. A.; SILVA, F. O. R. Enraizamento de estacas em cultivares de oliveiras promissoras para a Serra da Mantiqueira. *Revista Ceres*, v. 59, n. 1, p. 147-150, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100021>.

PIO, R.; COSTA, F. C.; CURTI, P. N.; MOURA, P. H. A. Enraizamento de estacas lenhosas de cultivares de kiwizero. *Scientia Agraria*, v. 11, n. 3, p. 271-274, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v11i3.17498>.

PORFÍRIO, S.; SILVA, M. D. R.; CABRITA, M. J.; AZADI, P.; PEIXE, A. Reviewing current knowledge on olive (*Olea europaea L.*) adventitious root formation. *Scientia Horticulturae*, v. 198, p. 207-226, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.034>.

RUZZI, M.; AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, v. 196, p. 124-134, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>.

SAUER, M.; ROBERT, S.; KLEINE-VEHN, J. Auxin: simply complicated. *Journal of Experimental Botany*, v. 64, n. 9, p. 2565-2577, 2013. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/ert139>.

SAYED, S. A. A.; EL-NAGGAR, A. I. Promotion of rooting and growth of some types of bougainvilleas cutting by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in combination whit indole-3-butyric acid (IBA). International. *Journal of Science And Research*, v. 3, p. 97-108, 2014.

SILVA, L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ZAMBON, C. R.; OLIVEIRA, D. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. *Bragantia*, v. 71, n. 4, p. 488-492, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012000400006>.

SILVA, T. F. *Diversidade e potencial de utilização de bactérias diazotróficas não simbióticas no enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira (Olea europaea L.)*. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

SILVA, T. F.; MELLONI, R. Densidade e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas não simbióticas em solos da Reserva Biológica Serra dos Toledos, Itajubá (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 2, p. 359-371, 2011.

ZHAO, Y. Auxin biosynthesis and its role in plan development. *Annual Review of Plant Biology*, v. 61, n. 1, p. 49-64, 2010. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112308>.

Contribuição dos autores: Talita de Novais Mariosa: obtenção dos dados; Eliane Guimarães Pereira Melloni: orientação da primeira autora nos dados e discussão; Rogério Melloni: coorientação da primeira autora e responsável pela escrita do artigo; Gustavo Magno dos Reis Ferreira e Suemis Maria Parenti de Souza: responsáveis pela elaboração da análise estatística e apresentação do artigo seguindo as normas da Revista; Luiz Fernando de Oliveira da Silva: responsável pelo material de oliveira e apoio na discussão dos resultados.

Agradecimentos: À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio.

Fonte de financiamento: Capes, pela bolsa de mestrado da primeira autora.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.