

Diversidade rizobiana em função de solo e clima no semiárido pernambucano

Rhizobial diversity in function of soil and climate factors in the Pernambuco semiarid

Vanessa Dina Cavalcante Barros¹, Mario Andrade Lira Junior^{1*}, Mércia Virgínia Ferreira Santos¹, Antônio Felix Costa², Aline Medeiros Arruda¹, Clayton Albuquerque Sousa³

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Luiz Guimarães, 326, Poço, CEP 52061160, Recife, PE, Brasil

²Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Recife, PE, Brasil

³Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Princesa Isabel, PB, Brasil

*autor correspondente

✉ mario.alirajr@ufrpe.br

RESUMO: A diversidade rizobiana nativa é influenciada pelas características dos solos, da vegetação e climáticas como temperatura e precipitação. Para entender a influência das condições ambientais próprias do semiárido pernambucano na microbiota do solo, objetivou-se avaliar a distribuição da abundância e as alterações na diversidade rizobiana relacionada aos efeitos edáficos entre três solos Argissolo Vermelho Amarelo (AVA); Luvissole (L) e Neossolo Litólico (NL) nos municípios de Bom Jardim (Agreste) e Serra Talhada (Sertão) do estado de Pernambuco, Brasil. Amostras simples foram coletadas em pontos fisicamente distintos de cada classe de solo por município para posterior isolamento em casa de vegetação, utilizando caupi como planta-isca. Analisaram-se as colônias quanto a suas características morfológicas para posterior agrupamento segundo semelhanças fenotípicas, possibilitando calcular a distribuição da abundância e os índices de diversidade populacional de Shannon e Weaver e uniformidade de Pielou. A distribuição da abundância de isolados encontradas demonstrou-se homogênea e com maior quantidade de isolados rizobianos no município mais quente, sendo que os Luvissoles apresentaram maior diversidade, reafirmando o efeito de características edafoclimáticas sobre a diversidade das populações rizobianas nativas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, *Rhizobium*, Índice de Shannon, Índice de Pielou.

ABSTRACT: Native rhizobial diversity is affected by soil, vegetation and climatic characteristics such as temperature and rainfall. To understand how the semi-arid Pernambuco's typical environmental conditions influences the soil microbiota, this study aimed to evaluate species abundance and changes in rhizobial diversity among three soil types, Ultisol, Alfisol and Entisol, in two different municipalities: Bom Jardim e Serra Talhada of the Pernambuco semiarid. Soil samples were collected in physically distinct points in each soil class at each municipality and used for rhizobial isolation with cowpea as host. The obtained colonies were phenotypically characterized and grouped to estimate the species Shannon-Weaver diversity abundance and Pielou's uniformity indexes. Species abundance was quite homogenous with higher numbers on the higher temperature municipality, while Alfisols were the most diverse soil, confirming the effect of soil and climate characteristics on native rhizobial diversity.

Keywords: *Vigna unguiculata*, *Rhizobium*, Shannon's index, Pielou's index.

Introdução

Condições edáficas como fertilidade (MENDONÇA; SCHIAVINATO, 2005), aeração (PEREIRA et al., 2000), alterações do pH e teores de sais solúveis (NITHYAKALYANI et al., 2015) e a própria constituição mineral (MUTHINI et al., 2014) influenciam a diversidade dos solos de determinada região (BARRETT et al., 2015).

A grande diversidade de solos e climas no semiárido pernambucano (SILVA et al., 2001) e a diversidade de populações rizobianas naturalmente estabelecida sob vegetação nativa na região semiárida (SILVA et al., 2017) podem estar intimamente relacionadas entre si. A caracterização morfológica dos isolados permite, pelo menos inicialmente, mensurar a distribuição da abundância destes isolados e a diversidade local.

Estas avaliações são importantes, pois nos permitem agrupar os isolados semelhantes para posteriormente haver a condução de análises mais precisas, tais como moleculares em nível de espécie. Isso se configura como algo importante, uma vez que há dificuldade na descrição (ANDREOTE et al., 2009) e identificação das espécies ocorrentes (XU et al., 2015), principalmente na região do semiárido nordestino.

Além disso, estudos utilizando a caracterização morfológica das espécies possuem menores custos na prática e fornecem uma ampla gama de informações acerca dos grupos de isolados encontrados, possibilitando selecionar isolados que sejam mais eficientes quanto à fixação biológica do nitrogênio.

Tal fato, conseqüentemente, provoca melhorias nutricionais nos solos e aumento de produtividade para as plantas, além de novamente induzir redução de custos no final da cadeia produtiva. A partir de uma seleção prévia de isolados rizobianos nativos e micorrizas, Haro et al. (2018) demonstraram uma produtividade maior no caupi, principalmente, relacionada aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio e ferro.

Um dos pontos-chaves nesse aspecto é a definição da população de interesse, já que a diversidade rizobiana a ser encontrada em estudos de diversidade varia de acordo com a capacidade da espécie de planta-isca em estabelecer relações simbióticas mutualísticas com os rizóbios nativos. Assim, espécies com menor especificidade simbiótica possibilitam encontrar uma maior distribuição na abundância das espécies rizobianas e, possivelmente, uma população mais diversa desses rizóbios.

Caso o objetivo principal seja avaliar o maior espectro rizobiano possível, é interessante usar leguminosas conhecidamente promíscuas, como o feijoeiro comum (CARDOSO, 2014), o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) (ANTUNES, 2015) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L Walp) (MARINHO et al., 2017; SANTOS, 2017; SENA et al., 2017; HARO et al., 2018).

Nesse aspecto, utilizando o caupi como planta-isca, nesta pesquisa o objetivo principal foi relacionar o efeito de diferentes condições edafoclimáticas na diversidade das populações de rizóbios considerando combinações solo-município em pontos distintos do semiárido pernambucano.

Material e Métodos

Amostras simples foram coletadas em quatro pontos fisicamente distintos, totalizando 6 amostras compostas de Argissolo Vermelho Amarelo (AVA); Luvisso (L) e Neossolo Litólico (NL) nos municípios de Bom Jardim (Agreste) e Serra Talhada (Sertão) do estado de Pernambuco, Brasil, selecionados com base no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (SILVA et al., 2001).

Serra Talhada apresenta maior variabilidade na precipitação pluvial com precipitação média anual de 686mm, enquanto Bom Jardim apresenta 1678mm, ao passo que as temperaturas máximas são bastante semelhantes com 29 e 28 °C para Serra Talhada e Bom Jardim, respectivamente, nos últimos 30 anos (INSTITUTO..., 2017).

As amostras compostas dos mesmos pontos de coleta foram submetidas às análises granulométricas pelo método da pipeta, de acordo com (BARRETO et al., 1997) e de fertilidade do solo (EMPRESA..., 1999). A caracterização química e física das amostras dos solos encontra-se na Tabela 1.

Para realizar a avaliação da diversidade isolados rizobianos, para cada um dos solos estudados – Argissolo Vermelho Amarelo (AVA); Luvisso (L) e Neossolo Litólico (NL) – dos municípios de Bom Jardim (Agreste) e Serra Talhada (Sertão), foi conduzido um experimento em casa de vegetação em blocos casualizados com quatro repetições.

Os tratamentos consistiram de quatro amostras simples dos três tipos de solos (inóculos) dos dois municípios em questão. Com tratamentos controle sem e com nitrogênio, o experimento possuiu mais dois tratamentos adicionais, testemunhas com e sem nitrogênio, configurando, assim, um total de dezoito tratamentos.

Sementes de caupi da variedade BRS Pujante foram desinfestadas em álcool (70% 30") e NaClO (5% 1'), plantadas nos vasos de Leonard e inoculadas com 2g de solo provenientes das amostras compostas. O substrato foi mistura de areia e vermiculita (2:1) autoclavado e fertilizado com solução nutritiva sem N (HOAGLAND; ARNON, 1950). Após 45 dias do plantio, foram avaliadas a MSPA (massa seca da parte aérea), MSR (massa seca da raiz) e NN (número de nódulos).

Os nódulos foram desinfestados de forma semelhante às sementes para isolamento, segundo procedimento tradicional (HUNGRIA, 1994), e as suspensões dos nódulos foram riscadas em Placas de Petri contendo meio YMA, com azul de bromotimol e incubadas por sete dias a 28°C (VINCENT, 1970).

Foram observadas a velocidade de aparecimento de colônias isoladas (< 3 dias; > 3 dias), produção de muco (escasso; pouco; moderado; abundante), consistência do muco (seca; aquosa; gomosa; viscosa; butírica), elasticidade do muco (sem; com), modificação do pH do meio de cultura (ácido; neutro; alcalino), diâmetro (< 2 mm; > 2 mm), cor (incolor; branca; creme; amarela; rosa; verde; lilás e vermelha), forma (circular; irregular; puntiforme), elevação (plana; lente; convexa; drop-like; umbilicada; umbonada), borda (inteira; ondulada; filamentosa; lobada; denteada; nenhuma), transparência (transparente; opaca) e superfície da colônia (rugosa; lisa; papilosa), de acordo com metodologia proposta por Sebbane et al. (2006).

Os cálculos dos índices de diversidade (SHANNON; WEAVER, 1949) e equitabilidade (PIELOU, 1977) e do agrupamento dos isolados com base no índice de Jaccard, pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Analysis), foram realizados a partir do programa PAST 2.09 (HAMMER et al., 2001), separadamente para cada município, para cada solo e para cada combinação solo-município.

Tabela 1. Caracterização química e física dos solos dos municípios de Bom Jardim e Serra Talhada com intervalo de confiança de 95%.

Solo	pH (H ₂ O)	Complexo Sorativo (cmolc dm ⁻³)						t	T (cmol kg ⁻¹)	P (mg dm ⁻³)	C.O. (g kg ⁻¹)	Análise Granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe Textural	
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³	SB					H+Al	Areia	Silte		Argila
Bom Jardim																
NL	8,0±1,6	0,09±0,3	0,2±0,1	8,5±1,6	6,3±3,0	0	9	2,3±1,4	11	258	97±14	14,8±6	780±160	170±150	50±40	AF
L	6,3±0,9	0,11±0,3	0,1±0,1	7,9±3,2	4,5±1,7	0	8	3±3	11	140	29±43	6,3±6	750±270	160±320	90±80	FA
AVA	6,5±0,6	0,4±1,6	0,1±0,1	7,8±2,6	4,4±0,3	0	8	3,3±1,4	11	122	39±40	8,5±14	730±90	180±40	90±70	FA
Serra Talhada																
NL	7,2±0,5	0,05±0,1	1,3±0,8	11,6±8	8,2±5,6	0	11	2,6±0,3	15	198	38±40	12,2±8	700±90	220±90	80±40	FA
L	7,0±0,6	0,52±0,2	0,8±0,4	9,3±4,6	6,2±3,5	0	7	2,8±0,5	10	67	182±35	10,9±4	530±570	320±510	150±80	FA
AVA	6,7±0,5	0,003±0,1	0,1±0,1	4,9±3	3,3±0,9	0	5	2,9±0,9	8	84	7,5±9,8	4,0±2	760±40	140±40	100±50	FA

Legenda: NL: Neossolo Litólico; L: Luvissole; AVA: Argissolo Vermelho Amarelo; AF: Areia Franca; FA: Franco Arenoso.

Resultados e Discussão

Foram encontrados solos alcalinos a levemente ácidos com pH em água entre 6 e 8, com os solos de Serra Talhada mais próximos da neutralidade (Tabela 1).

Foram obtidos 479 isolados, sendo 244 e 235 de Bom Jardim (Agreste) e Serra Talhada (Sertão), respectivamente, dos quais 334 isolados apresentaram crescimento rápido e, dentre estes, somente 15 isolados alcalinizaram, e 198 acidificaram o meio de cultura, os demais 120 isolados mantiveram a neutralidade natural do meio de cultura.

Resultados semelhantes também foram encontrados no Quênia para rizóbios de *Vigna subterranea* (BENSON et al., 2015). O crescimento rápido de isolados pode estar associado à própria planta-isca, e neste estudo, talvez, a rapidez do desenvolvimento característico do próprio caupi possa favorecer maior simbiose com isolados de crescimento rápido.

O crescimento rápido de isolados também pode estar associado ao solo encontrar-se sob curto período chuvoso do semiárido, e isso pode favorecer uma predominância de isolados de crescimento rápido (MEDEIROS et al., 2009), o que foi observado no presente trabalho com todos os isolados de Serra Talhada.

Foram formados 100 e 175 grupos a 100% de similaridade dos 244 e 235 isolados de Bom Jardim e Serra Talhada, respectivamente. Isso demonstra maior diversidade dos isolados de Serra Talhada, que foi confirmada com os resultados do índice de diversidade de Shannon-Weaver (H) (Tabela 2).

A diversidade microbiana é afetada pelas características climáticas como o aumento da temperatura atmosférica (MENDES et al., 2017) e por características edafoclimáticas (SILVA et al., 2017). Para esta pesquisa através dos registros climatológicos, percebe-se que Bom Jardim (1678mm e 28 °C) tem um regime de chuvas mais frequente, porém com temperaturas semelhantes às de Serra Talhada (686mm e 29 °C).

No entanto, parece que essa diferença pluviométrica não foi suficiente para condicionar uma diferença significativa na diversidade rizobiana entre os municípios aqui estudados. Assim, apesar de os valores aqui encontrados a partir do Índice SHANNON (H) estarem bem próximos, quando se compara os municípios entre si, percebe-se que as diferenças edafoclimáticas não afetaram drasticamente os valores de diversidade quando a comparação é feita entre os municípios.

Ao mesmo tempo, os solos de Serra Talhada também apresentaram solo mais próximo da neutralidade (Tabela 1), sendo este fator considerado o de maior efeito na diversidade microbiana (WAKELIN et al., 2008) e um dos principais

propulsores das diferenças de composição entre as populações (VAN CAUWENBERGHE et al., 2015).

Resultados semelhantes foram encontrados para os solos que caracteristicamente possuem maiores teores de argila, e os Luvisolos demonstraram a menor relação grupo/isolados (0,47), ou seja, em 1000 estirpes encontraram-se 470 grupos. Consequentemente, esta classe de solo apresentou a maior diversidade rizobiana (H = 4,94) (Tabela 2), talvez devido aos maior teores de argila e silte (Tabela 1). Ao confrontar a ocorrência e abundância de diferentes isolados do gênero, Ndungu et al. (2018) relata haver correlação entre estes e a textura e o pH dos solos.

Essa maior diversidade de rizóbios em solos com maior proporção de partículas mais finas tem sido relatada em diferentes pesquisas. Segundo Sessitsch et al. (2001), as frações mais finas do solo apresentam diversidade bacteriana mais elevada do que as grosseiras, devido à maior presença de microporos que favorecem maior disponibilidade de nutrientes e água.

Ainda, solos menos evoluídos estão em início de transformação e adaptação com o meio, tendo sua porção viva ainda em desenvolvimento e com condições que podem estar adversas para proporcionar maior diversidade rizobiana local. Neste estudo, os Neossolos foram os que apresentaram menor diversidade rizobiana, fato que pode estar relacionado a aspectos da uniformidade da paisagem.

O índice de equitabilidade de Pielou (J) demonstrou valores altos, próximos ao valor máximo possível (1) (Tabela 2), portanto, alta uniformidade dos grupos morfológicos em todas as condições avaliadas.

Observa-se, portanto, que a equitabilidade é semelhante nas comparações realizadas nesta pesquisa. Possivelmente tal fato tenha ocorrido devido à utilização de uma mesma planta-isca. Talvez seja interessante o estabelecimento de futuros estudos comparando diferentes plantas-iscas para um mesmo conjunto de amostras coletadas.

Uniformidade de espécies em comunidade naturalmente estabelecida tem sido relatada para áreas sob vegetação nativa (SILVA et al., 2017) e de florestas com baixos valores para áreas de queimadas (COBO-DÍAZ et al., 2015) e desmatamento, uma vez que essas áreas favorecem a manutenção da umidade do solo e o desenvolvimento microbiano (ARAÚJO FILHO et al., 2017).

Cabem, portanto, mais estudos no setor, utilizando-se como comparativo, além de diferentes solos e climas, as diferentes coberturas vegetais ou sistemas de rotação destas.

Tabela 2. Avaliação da diversidade rizobiana simbiótica de caupi em diferentes solos e municípios do semiárido pernambucano.

	I	G/I	Índice de SHANNON (H)	Índice de PIELOU (J)
Bom Jardim	81±76	0,41	5,21	0,95
Serra Talhada	78±15	0,75	5,31	0,97
NL	65±132	0,74	4,71	0,97
L	94±259	0,47	4,94	0,94
AVA	79±70	0,70	4,91	0,97

Legenda: NL: Neossolo Litólico; L: Luvisolo; AVA: Argissolo Vermelho Amarelo; I: médias do número total de isolados rizobianos encontrados; G/I: relação grupos por isolados.

Conclusões

Fatores edafoclimáticos afetam mais o número de isolados rizobianos naturalmente estabelecidos do que sua diversidade em um mesmo solo ou em comparação a diferentes climas.

Agradecimentos

Aos órgãos de incentivo à pesquisa: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE); apoio institucional do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e apoio acadêmico da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), através do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo (PPGCS).

Referências

- ANDREOTE, F. D.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Assessing the diversity of bacterial communities associated with plants. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 417-432, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822009000300001>.
- ANTUNES, J. E. L. et al. Eficiência simbiótica de isolados de rizóbio noduladores de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 751-757, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300011>.
- ARAÚJO FILHO, R. N. et al. Recovery of carbon stocks in deforested caatinga dry forest soils requires at least 60 years. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 407, p. 210-220, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.002>.
- BARRETO, W. O.; PAULA, J. L. D.; DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análise de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1997.
- BARRETT, L. G. et al. Partner diversity and identity impacts on plant productivity in *Acacia*-rhizobial interactions. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 103, n. 1, p. 130-142, 2015. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2745.12336>.
- BENSON, O. et al. Morphological, genetic and symbiotic characterization of root nodule bacteria isolated from Bambara groundnuts (*Vigna subterranea* L. Verde) from soils of Lake Victoria basin, western Kenya. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, Gwalior, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2015. <http://dx.doi.org/10.7324/JABB.2015.3101>.
- CARDOSO, A. A. **Caracterização polifásica de isolados bacterianos obtidos de nódulos de feijoeiro-comum**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- COBO-DÍAZ, J. F. et al. Metagenomic assessment of the potential microbial nitrogen pathways in the rhizosphere of a Mediterranean forest after a wildfire. **Microbial Ecology**, New York, v. 69, n. 4, p. 895-904, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-015-0586-7>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, USA, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.
- HARO, H. et al. Improvement of cowpea productivity by rhizobial and mycorrhizal inoculation in Burkina Faso. **Symbiosis**, Philadelphia, v. 74, n. 2, p. 107-120, 2018.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950.
- HUNGRIA, M. Coleta de nódulos e isolamento de rizóbios. In: Hungria, M.; Araújo, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa, 1994. p. 45-62.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Brasília: INMET, 2017. (Série Histórica).
- MARINHO, R. C. N. et al. Symbiotic and agronomic efficiency of new cowpea rhizobia from Brazilian semi-arid. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 2, p. 273-281, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.003>.
- MEDEIROS, E. V. et al. Diversidade morfológica de rizóbios isolados de caupi cultivado em solos do estado do Rio Grande do Norte. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 529-535, 2009. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.793>.
- MENDES, R.; TAKETANI, N. F.; TAKETANI, R. G. Efeito do aquecimento global sobre a comunidade microbiana do solo. In: BETTIOL, W. et al. (Ed.). **Aquecimento Global e Problemas Fitossanitários**. Jaguariúna: EMBRAPA - Meio Ambiente, 2017. p. 177-203.
- MENDONÇA, E. H. M.; SCHIAVINATO, M. A. Growth of *Crotalaria juncea* L. supplied with mineral nitrogen. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 181-185, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132005000200003>.
- MUTHINI, M. et al. Morphological assessment and effectiveness of indigenous rhizobia isolates that nodulate *P. vulgaris* in water hyacinth compost testing field in Lake Victoria basin. **British Journal of Applied Science and Technology**, Hooghly, v. 4, n. 5, p. 718, 2014.
- NDUNGU, S. M. et al. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) hosts several widespread bradyrhizobial root nodule symbionts across contrasting agro-ecological production areas in Kenya. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 261, p. 161-171, 2018.
- NITHYAKALYANI, V.; KANNAN, M.; LAKSHMI, K. A study on characterization, growth response and nitrogen fixing efficacy of fungicide Resistant *Rhizobium*. **Asian Journal of Multidisciplinary Studies**, Ambegaon, v. 3, n. 11, p. 174-182, 2015.
- PEREIRA, J. C.; NEVES, M. C. P.; GAVA, C. A. T. Efeito do cultivo da soja na dinâmica da população bacteriana em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1183-1190, 2000.
- PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: Wiley, 1977. 385 p.
- SANTOS, A. B. D. **Diversidade rizobiana em sistemas silvipastoris com leguminosas arbóreas e braquiária**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- SEBBANE, N. et al. Phenotypical and genotypical characteristics of root-nodulating bacteria isolated from annual *Medicago* spp. in Soummam Valley (Algeria). **Letters in Applied Microbiology**, Cambridge, v. 42, n. 3, p. 235-241, 2006.
- SENA, P. T. S. et al. Diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi cultivado em solos sob diferentes sistemas em Juazeiro, BA. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2., 2017, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. p. 321-326.
- SESSITSCH, A. et al. Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. **Applied and**

- Environmental Microbiology**, Washington, v. 67, n. 9, p. 4215-4224, 2001. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001>.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117 p.
- SILVA, C. E. D. R. et al. Prospecting of efficient rhizobia for peanut inoculation in a Planosol under different vegetation covers. **African Journal of Microbiological Research**, Nigeria, v. 11, n. 4, p. 123-131, 2017. <http://dx.doi.org/10.5897/AJMR2016.8355>.
- SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento, 2001.
- VAN CAUWENBERGHE, J.; MICHIELS, J.; HONNAY, O. Effects of local environmental variables and geographical location on the genetic diversity and composition of *Rhizobium leguminosarum* nodulating *Vicia cracca* populations. **Soil Biology & Biochemistry**, Missouri, v. 90, p. 71-79, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.08.001>.
- VINCENT, J. M. **A manual for the practical study of root-nodule bacteria**. Oxford: Blackwell, 1970.
- WAKELIN, S. et al. Habitat selective factors influencing the structural composition and functional capacity of microbial communities in agricultural soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Missouri, v. 40, n. 3, p. 803-813, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.10.015>.
- XU, L. et al. Phylogenetic diversity on housekeeping and symbiotic genes of rhizobial from Sphaerophysa in China. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 31, n. 9, p. 1451-1459, 2015.

Recebido: 01 dez. 2017
Aprovado: 07 jan. 2019