



POPULAÇÕES MICROBIANAS CULTIVÁVEIS DO SOLO E SERRAPILHEIRA DE UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

José Vinícius Leite Lima¹, Marcelo de Sousa Pinheiro², Larissa Maria Cidrão Guedes Fiúza³, Suzana Cláudia Silveira Martins⁴, Claudia Miranda Martins⁴

1 Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará

2 Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará

3 Mestranda do de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará

4 Professora Doutora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará (claudia.miranda.martins@gmail.com) Fortaleza-Brasil

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

Os micro-organismos do solo desempenham funções vitais para o equilíbrio e dinâmica desse ecossistema. A serrapilheira, camada mais superficial, é uma das vias de entrada de material orgânico caracterizando-se por intensa atividade microbiana. Tendo em vista a extensão do semiárido Brasileiro, e os poucos estudos sobre a comunidade microbiana desse ecossistema, o presente estudo teve por objetivo caracterizar a abundância de populações microbianas cultiváveis do solo e da serrapilheira de duas áreas com diferentes tipos de vegetação do semiárido do Nordeste Brasileiro. Amostras foram coletadas na Estação Ecológica de Aiuaba, em áreas de caatinga natural e de carrasco, e as populações cultiváveis de bactérias heterotróficas totais, actinobactérias, bactérias celulolíticas, bactérias solubilizadoras de fosfato e de fungos foram quantificadas. Os dados foram submetidos ao teste de Tukey, no nível de 95% de significância. As populações de bactérias totais e actinobactérias foram significativamente maiores nas amostras de solos da caatinga natural enquanto a de fungos e solubilizadoras de fosfato foram maiores nas amostras da área da vegetação de carrasco. A população de bactérias celulolíticas não foi significativamente diferente entre as duas áreas. Nas amostras de serrapilheira não se constatou diferença significativa entre as populações microbianas das áreas avaliadas. Entre as amostras de solo e de serrapilheira da área de carrasco, com exceção da população de actinobactérias do solo, as amostras de serrapilheira foram significativamente maiores que as do solo. Nas amostras de solo e serrapilheira oriundas da caatinga natural todas as populações foram significativamente maiores nas amostras de serrapilheira.

PALAVRAS-CHAVE: caatinga, actinobactérias, fungos, fisionomia vegetal.

MICROBIAL POPULATIONS CULTIVABLE LITTER SOIL AND OF A STORAGE UNIT IN BRAZILIAN SEMI-ARID

ABSTRACT

Microorganisms in the soil play vital roles for the balance and dynamics of this ecosystem. Litter, the most superficial layer, one of the routes of entry of organic material is characterized by intense microbial activity. Given the extent of the Brazilian semiarid and the few studies on microbiological community of this ecosystem, this study aimed to characterize the abundance of culturable microbial populations in soil and litter of two areas with different vegetation types in the semiarid of Northeast Brazil. Samples were collected at Aiuaba Ecological Station in areas of natural *caatinga* and *carrasco* and culturable populations of total heterotrophic bacteria, actinobacteria, cellulolytic bacteria, phosphate solubilizing bacteria and fungi were quantified. Data were submitted to Tukey test at 95% level of significance. Populations of total bacteria and actinobacteria were significantly higher in soil samples from the natural *caatinga* while the phosphate solubilizing bacteria and fungi were higher in samples from the area of the *carrasco* vegetation. The population of cellulolytic bacteria was not significantly different between the two areas. In samples of litter were not observed significant differences between the microbial populations of the areas assessed. Among the samples of soil and litter the *carrasco* area, except for the population of actinobacteria from soil, litter samples were significantly higher than that from the soil. In samples of soil and litter derived from natural *caatinga* all populations were significantly higher in samples of litter.

KEYWORDS: caatinga, vegetation type, actinobacteria, fungi

INTRODUÇÃO

A região semiárida abrange cerca de 900 mil km², correspondendo aproximadamente a 54% da região Nordeste e 11% do território brasileiro e compreende áreas dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, o sudoeste do Piauí, partes do interior da Bahia e do norte de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005). A região é caracterizada por precipitações pluviométricas irregulares (a média anual varia de 400 a 800 mm), períodos de seca, deficiência hídrica, intermitência dos rios, solos rasos e ecossistemas xerófilos. A caatinga constitui-se a cobertura vegetal típica dessa região. É uma mistura de ervas, arbustos e árvores de pequeno porte, de folhas caducas e pequenas, tortuosas, espinhentas e de elevada resistência a seca (ALVES et al., 2006, LIMA et al., 2012).

Segundo COUTINHO (2006), a caatinga nordestina *sensu lato*, é formada por um complexo de formas fisionômicas distribuídas em mosaico, como caatinga arbórea, caatinga arbustiva, caatinga espinhosa, etc. Essa diversidade fisionômica é decorrente da extensão do semiárido onde prevalecem diferentes tipos de solo e condições ambientais (ANDRADE-LIMA, 1981, COSTA et al., 2009). A ocorrência de secas estacionais e periódicas, além da vegetação com características específicas, provoca um depósito de folhas sobre o solo, que forma uma camada superficial denominada serrapilheira cuja decomposição está associada a atividade microbiana (COSTA et al., 2013).

Os micro-organismos são os principais agentes de decomposição da matéria orgânica e têm papel fundamental na dinâmica de nutrientes do solo (VINHAL-FREITAS et al., 2010). Embora de extrema importância para o equilíbrio do solo, a

abundância e a diversidade microbiana dificultam estudos sobre essa microbiota. Por isso, grupos microbianos são frequentemente utilizados como indicadores de transformações no solo, pois se relacionam com as propriedades físicas e químicas desse ecossistema, são suscetíveis a quaisquer alterações neste sistema e relativamente fáceis de mensurar (ARIAS et al., 2005, BARETTA et al., 2010, MARTINS et al., 2010). Esses indicadores participam de processos ou atividades que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações num dado ecossistema por características quantitativas ou qualitativas (PREVIATI et al., 2012, PEREIRA et al., 2013).

A tradicional técnica de contagem de Unidades Formadoras de Colônia (UFC), resultante da inoculação de diluições seriadas de uma suspensão de solo, permite avaliar a densidade populacional de micro-organismos cultiváveis e identificar grupos específicos tais como solubilizadores de fosfatos e produtores de celulases (NANNIPIERI et al., 2007). Essas avaliações são importantes para estabelecer relações ecológicas que ocorrem no solo, bem como para identificar fatores que exercem influência no equilíbrio microbiológico e na relação entre os diferentes grupos e espécies de micro-organismos do solo (BJÖRKLÖF et al., 2009, BATISTA et al., 2010, ABURJAILE et al., 2011, SILVA et al., 2013).

Por ser considerada uma região onde predominam altas temperaturas, salinidade, incidência de radiação solar e estresse hídrico, os micro-organismos desse ecossistema representam uma fonte potencial para aplicações biotecnológicas e ambientais (DUAN & FENG, 2010, SOARES Jr., 2012).

As bactérias se constituem o maior grupo de micro-organismos no solo, com uma população estimada em aproximadamente 10^8 a 10^9 unidades por grama (BORGES FILHO & MACHADO, 2013). Um grupo específico de bactérias, as actinobactérias, por sua ampla distribuição no solo, onde desempenham importante papel na degradação de material orgânico, também é usado como indicador da qualidade do solo (IRFAN et al., 2012, PRAGYA et al., 2012, OLISAKA & AYANRU, 2013, MANGAMURI et al., 2014).

Ao lado das bactérias e actinobactérias, os fungos filamentosos representam um grupo diversificado que atua na ciclagem da matéria orgânica nos ecossistemas do solo (CRUZ et al., 2013). Bactérias celulolíticas fornecem fontes de carbono para melhorar a fertilidade do solo e manter o equilíbrio de nutrientes através da decomposição de celulose (YANG et al., 2014). Da mesma forma, as bactérias solubilizadoras de fosfato, além de solubilizar fosfato de cálcio, mecanismo adequado para solos alcalinos, podem também, solubilizar fosfato de ferro, de alumínio, de magnésio e outros (CHAGAS Jr et al., 2010), contribuindo para a solubilização do fósforo para as plantas nos solos ácidos e de baixa fertilidade (SILVA et al., 2011, SHARMA et al., 2013).

Unidades de Conservação ou áreas naturais protegidas são superfícies de terra ou mar consagradas à proteção e à manutenção da diversidade biológica, e dos recursos naturais e culturais associados, manejadas através de meios jurídicos eficazes (IUCN, 1994). A Estação Ecológica de Aiuaba encontra-se situada no município de Aiuaba, no Estado do Ceará, e ocupa uma área de 11.525 hectares. É uma Unidade de Conservação de Proteção Integral de grande valor ecológico, pois é um remanescente de caatinga arbórea, com espécies representativas da biodiversidade nordestina (LEMONS & MEGURO, 2010).

A flora, a fisionomia e a altura aproximada do estrato arbóreo, são indicativas de diferentes tipos vegetacionais na Estação Ecológica de Aiuaba, mas para

FERNANDES (2000), é mais prático e acertado considerar basicamente duas fitofisionomias: caatinga arbórea ou natural e caatinga arbustiva ou carrasco. De um modo bem geral, o carrasco é representado por um estrato arbóreo denso, com plantas de aproximadamente seis a oito metros de altura, enquanto na caatinga natural o estrato arbóreo se caracteriza por plantas com seis a 17 metros de altura.

Tendo em vista que a diversidade de solo e clima, decorrente da extensão do semiárido, resulta em diferentes fisionomias vegetais nesse ecossistema, o presente estudo teve como objetivos determinar a abundância geral cultivável de bactérias, actinobactérias e fungos e dos grupos funcionais específicos (celulolíticos e solubilizadores de fosfato) de amostras do solo e serrapilheira de duas áreas com diferentes fisionomias vegetais de uma unidade de conservação no semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido na Unidade de Conservação Estação Ecológica de Aiuaba (ESECA), criada pelo Decreto de 06/02/2001, situada a quatro km do município do mesmo nome a 415 km da capital do Estado do Ceará com uma área de 11.525 ha. Está localizada no Sudoeste do Estado do Ceará, entre as coordenadas 6°36' 01" a 6°44' 35" de Latitude Sul e 40°07' 15" a 40°19'19" de Longitude Oeste. O clima é quente e semiárido e apresenta temperatura média anual em torno de 26 °C (LEMOS & MEGGURO, 2010). A vegetação predominante é a caatinga natural, com registro de presença da vegetação de carrasco na sua porção oeste (LEMOS & ZAPPI, 2012).

AMOSTRAGEM

As amostras de solo e serrapilheira foram coletadas na Estação Ecológica de Aiuaba em duas áreas de fisionomias diferentes, caatinga natural e carrasco. A coleta do solo foi realizada durante o mês de maio de 2013 no final do período considerado chuvoso e início do período seco no Nordeste do Brasil. Em cada fisionomia vegetal, foi demarcada uma área de 30 cm x 100 cm, contendo 30 blocos de 10 cm x 10 cm. Foram coletadas cinco amostras compostas de solo em cada bloco, numa profundidade de 0-10 cm da camada superior com auxílio de uma enxada de jardinagem. Cinco amostras compostas de serrapilheira também foram coletadas em cada bloco em uma área correspondente a um m². A escolha dos blocos foi realizada por sorteio. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados, conservadas em caixas de isopor com gelo e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMAB) do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará (UFC).

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de solo e de serrapilheira foram homogeneizadas e 15 gramas de cada foram adicionados a 135 mL de solução salina a 0,85%. Os frascos foram mantidos em mesa agitadora orbital com velocidade de 145 rpm por 30 minutos (diluição 10⁻¹), a partir da qual foram preparadas diluições decimais seriadas até 10⁻⁶.

CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS MESÓFILAS TOTAIS

A população de bactérias totais foi determinada pela contagem padrão em placas usando a técnica de *spread-plate* em meio Plate Count Agar (PCA) (APHA, 2005). Alíquotas de 100 µL das diluições 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} e 10^{-6} foram inoculadas, em triplicatas, em placas com o meio PCA. Após distribuição do inóculo, as placas foram incubadas a 37 °C por 48 horas. Decorrido este período, as diluições que apresentaram entre 30 e 300 colônias foram selecionadas para contagem e o resultado expresso em Unidade Formadora de Colônia por grama de solo (UFC g⁻¹).

CONTAGEM DE ACTINOBACTÉRIAS

Para a contagem de actinobactérias também foi utilizada a técnica de *spread-plate* no Ágar Caseína Dextrose Amido (ACDA) com a seguinte composição por litro: K₂HPO₄ 0,5 g, MgSO₄.7H₂O 0,2 g, glicose 10 g, caseína 0,2 g e nistatina 0,05 mg (KUSTER & WILLIAMS, 1964, ARIFUZZAMAN et al., 2010). O meio foi distribuído em placas de Petri estéreis e 100 µL das diluições 10^{-1} até 10^{-6} foram espalhados sobre a superfície das placas que foram incubadas a 28 ± 2 °C por 10 dias (SHAIKH et al., 2013). Após esse período foram selecionadas e quantificadas as diluições que apresentaram entre 30 a 300 colônias com características típicas de actinobactérias e o resultado expresso em UFC g⁻¹ de solo. O ensaio foi realizado em triplicata.

CONTAGEM DE BACTÉRIAS CELULOLÍTICAS

O número de bactérias celulolíticas foi determinado pelo plaqueamento das diluições 10^{-1} a 10^{-4} em meio Ágar Carboximetilcelulose com a seguinte composição por litro: Carboximetilcelulose (CMC), 10 g; triptona, 2 g; KH₂PO₄, 4 g; Na₂HPO₄, 4 g; MgSO₄.7H₂O, 0,2 g; CaCl₂.2H₂O, 0,001 g; FeSO₄.7H₂O, 0,004 g; Agar, 15 g e pH ajustado para 7 (RAY et al., 2007, BEHERA et al., 2014). As placas foram incubadas a 30 °C e o crescimento microbiano observado diariamente, por duas semanas. Para diferenciar as colônias celulolíticas adicionou-se em cada placa cinco mL de brometo hexadecil trimetil amônio a 1% e após cerca de 20 minutos, colônias com uma zona clara ao redor foram computadas como celulolíticas. O resultado foi expresso em UFC g⁻¹ de solo (HATAMI et al., 2008). Todas as contagens foram realizadas em triplicatas.

CONTAGEM DE BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO

As bactérias capazes de solubilizar fosfato foram quantificadas através de um halo transparente ao redor das colônias cultivadas em meio de cultura, constituído de sais minerais com glicose e sais de fosfatos insolúveis. A partir das diluições 10^{-1} a 10^{-4} foram transferidas alíquotas de 100 µL para placas de Petri contendo o meio de cultura com a seguinte composição por litro: extrato de levedura 0,5 g, glicose 10 g, Ca₃(PO₄)₂ 5 g, (NH₄)₂SO₄ 0,5 g, KCl 0,2 g, NaCl 0,2 g, MgSO₄.7H₂O 0,1g, MnSO₄ (traços), ágar 15g (OLIVEIRA et al., 2009). A este meio foram adicionadas uma solução contendo 0,25 g L⁻¹ de K₂HPO₄ e outra contendo 1 g L⁻¹ de CaCl₂, ajustando-se o pH para 6,5 (HARA & OLIVEIRA, 2004, CHAGAS JÚNIOR et al., 2010). Após a incubação das placas por sete dias a 28 °C, as bactérias solubilizadoras de fosfato foram identificadas a partir da formação de um halo

transparente ao redor da colônia, facilmente visível em contraste com o meio opaco, de acordo com KANG et al. (2002). O halo indicou a solubilização do precipitado de CaHPO_4 no meio. A concentração celular foi expressa em UFC g^{-1} de solo. Usaram-se triplicatas para cada diluição.

CONTAGEM DE FUNGOS

Para a contagem de fungos também foi utilizada a técnica de *spread-plate* no meio Ágar Martin (MARTIN, 1950) com a seguinte composição por litro: glicose 10,0 g; peptona 5,0 g; KH_2PO_4 1,0 g; ágar 15,0 g e rosa bengala 0,06 g, pH 6,0. Para cada diluição foram feitas três repetições por placa. As placas foram incubadas a 25 °C por oito dias. Após esse período procedeu-se a contagem das colônias e o resultado foi expresso UFC g^{-1} de solo (SANTOS-GONZÁLEZ et al., 2007).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizadas utilizando a versão GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software *, San Diego, CA), com níveis de confiança de 95%. Os dados das contagens de bactérias e fungos foram transformados em logaritmo decimal. Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey, no mesmo nível de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As populações de bactérias totais e de actinobactérias foram significativamente maiores nas amostras de solo na área correspondente a caatinga natural. A contagem média de bactérias totais foi $6,3 \times 10^5$ UFC g^{-1} na área do carrasco e $5,0 \times 10^6$ UFC g^{-1} na caatinga natural, enquanto que a de actinobactérias apresentou valores de $2,0 \times 10^5$ UFC g^{-1} e $7,9 \times 10^5$ UFC g^{-1} nas respectivas áreas. A média das contagens de fungos filamentosos foi $2,5 \times 10^4$ UFC g^{-1} na caatinga natural e $7,9 \times 10^4$ UFC g^{-1} na área de carrasco. As solubilizadoras de fosfato apresentaram $1,0 \times 10^5$ UFC g^{-1} na região de carrasco e $2,5 \times 10^3$ UFC g^{-1} na área da caatinga natural. Ambos grupos foram significativamente maiores na região de carrasco. As populações de bactérias celulolíticas não apresentaram diferenças significativas entre as duas áreas avaliadas. Os valores médios ficaram em torno $3,2 \times 10^2$ UFC g^{-1} para a área do carrasco e $1,0 \times 10^3$ UFC g^{-1} , para a caatinga natural (FIGURA 1).

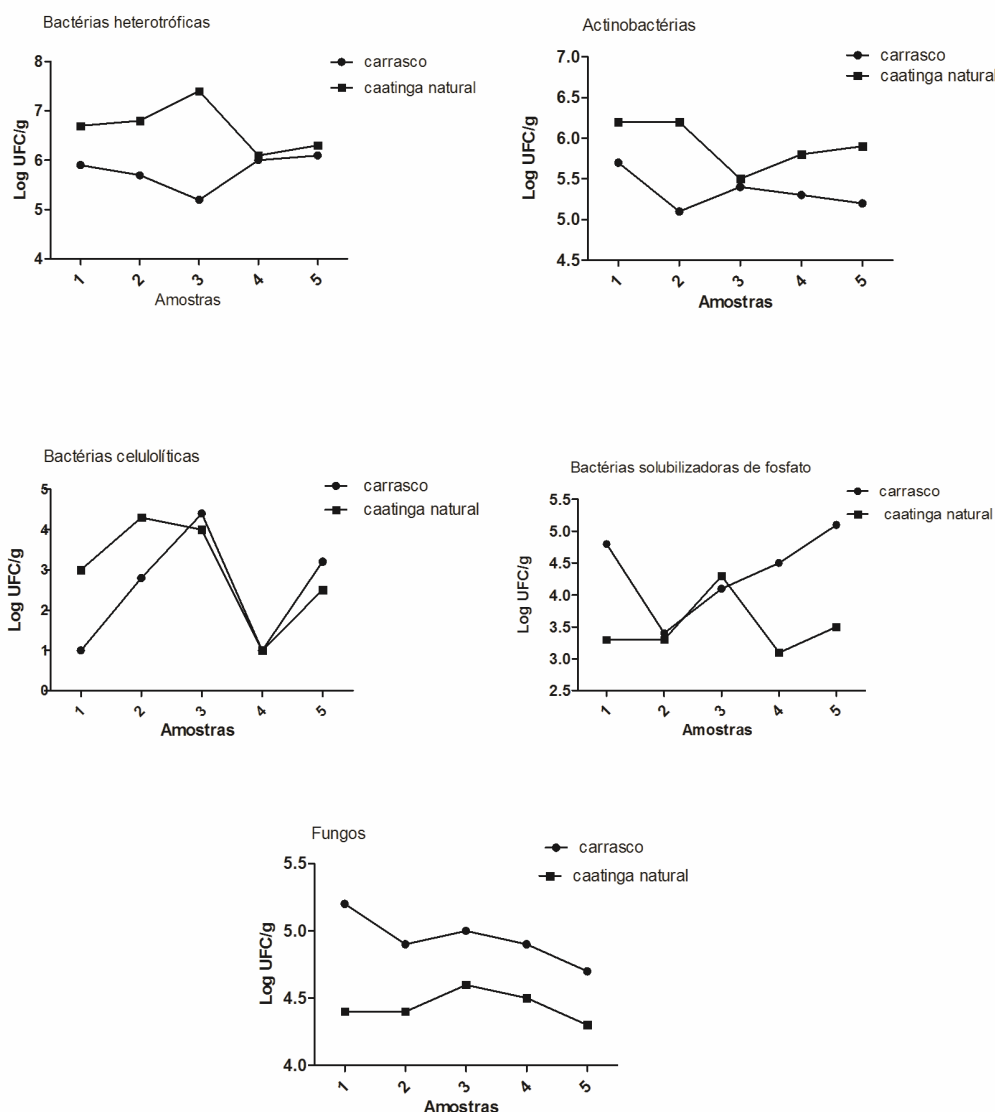


FIGURA 1. Populações de bactérias heterotróficas, actinobactérias, bactérias celulolíticas, bactérias solubilizadoras de fosfato e fungos em Unidades Formadoras de Colônias por grama (UFC g⁻¹) em amostras de solo procedentes de uma área com vegetação de carrasco e outra de caatinga natural no semiárido do Ceará

GORLACH-LIRA & COUTINHO (2007) registraram contagens de $5,0 \times 10^6$ UFC g⁻¹ para bactérias totais em amostras de solo de uma região de caatinga do semiárido do Nordeste Brasileiro, enquanto valores médios de 1,9 a $93,3 \times 10^4$ g⁻¹ de solo para as populações de bactérias totais e de 0,1 a $72,4 \times 10^4$ g⁻¹ solo para as populações de actinobactérias foram reportados por PEREIRA et al. (1996). Os resultados foram semelhantes aos do presente estudo.

A média das contagens de fungos filamentosos nas duas áreas avaliadas confirma que muitas espécies desse grupo passam parte do seu ciclo de vida como filamentos onde desempenham papéis fundamentais na ciclagem da matéria orgânica do solo (CRUZ et al., 2013).

ARIFUZZAMAN et al. (2010) discutem que a concentração microbiana no solo varia com a localização geográfica, temperatura, tipo de solo, pH, concentração de matéria orgânica e umidade. Em trabalho desenvolvido com solos da região semiárida do Brasil, MENEZES et al. (2012) confirmaram essa variabilidade, o que corrobora para explicar as diferenças significativas entre as populações microbianas no solo das áreas avaliadas no presente estudo.

O fósforo (P) é o nutriente menos móvel e mais indisponível para as plantas, a deficiência desse mineral é fator limitante para o crescimento das mesmas (OLIVEIRA et al., 2009). Concentrações mais elevadas de bactérias solubilizadoras de fosfatos são indicativas de maior concentração de fósforo insolúvel. Assim, como as amostras provenientes da área de carrasco apresentaram valores significativamente maiores desse grupo bacteriano, é possível inferir que o solo dessa área é mais rico em compostos insolúveis de fósforo, confirmando a composição química diferente no solo das áreas estudadas.

Celulose é o polissacarídeo mais abundante na natureza, representando a maior parte do CO₂ fixado nas plantas, é insolúvel em água e considerado como uma das únicas fontes renováveis de carbono (BEHERA et al., 2014). Este elemento é hidrolisado por um complexo enzimático denominado celulase, sintetizado por micro-organismos celulolíticos (COELHO, et al., 2008). No presente trabalho, a população celulolítica foi semelhante nas duas áreas avaliadas e, entre as demais populações foi a que apresentou menores valores numéricos. Para RAMOS et al. (2012) este grupo bacteriano é fortemente influenciado pela cobertura vegetal do local, assim, é possível inferir que a caatinga natural e o carrasco desempenham papéis semelhantes quanto à disponibilidade no solo do substrato celulose.

Importante ressaltar, que as actinobactérias são bactérias Gram positivas com crescimento filamentoso sendo o solo o seu reservatório mais comum. São de grande interesse industrial devido à capacidade de produzir diferentes antibióticos e uma variedade de enzimas capazes de hidrolisar substratos contendo celulose, hemicelulose e lignina (GHOSH & PRASAD, 2010). A observação de colônias com características diferentes no meio de cultura ACDA revela a diversidade cultural desse grupo. Assim, a concentração e diversidade das actinobactérias nas áreas estudadas, particularmente na caatinga natural, destaca o potencial biotecnológico que pode ser explorado em trabalhos posteriores.

Informações sobre a densidade de micro-organismos em solos secos especialmente da caatinga, ainda são escassas (GORLACH-LIRA & COUTINHO, 2007), o que dificulta a comparação dos resultados obtidos e ressalta a importância do presente estudo.

Nas amostras de serrapilheira somente a população de actinobactérias do carrasco foi significativamente maior que a da caatinga natural (FIGURA 2).

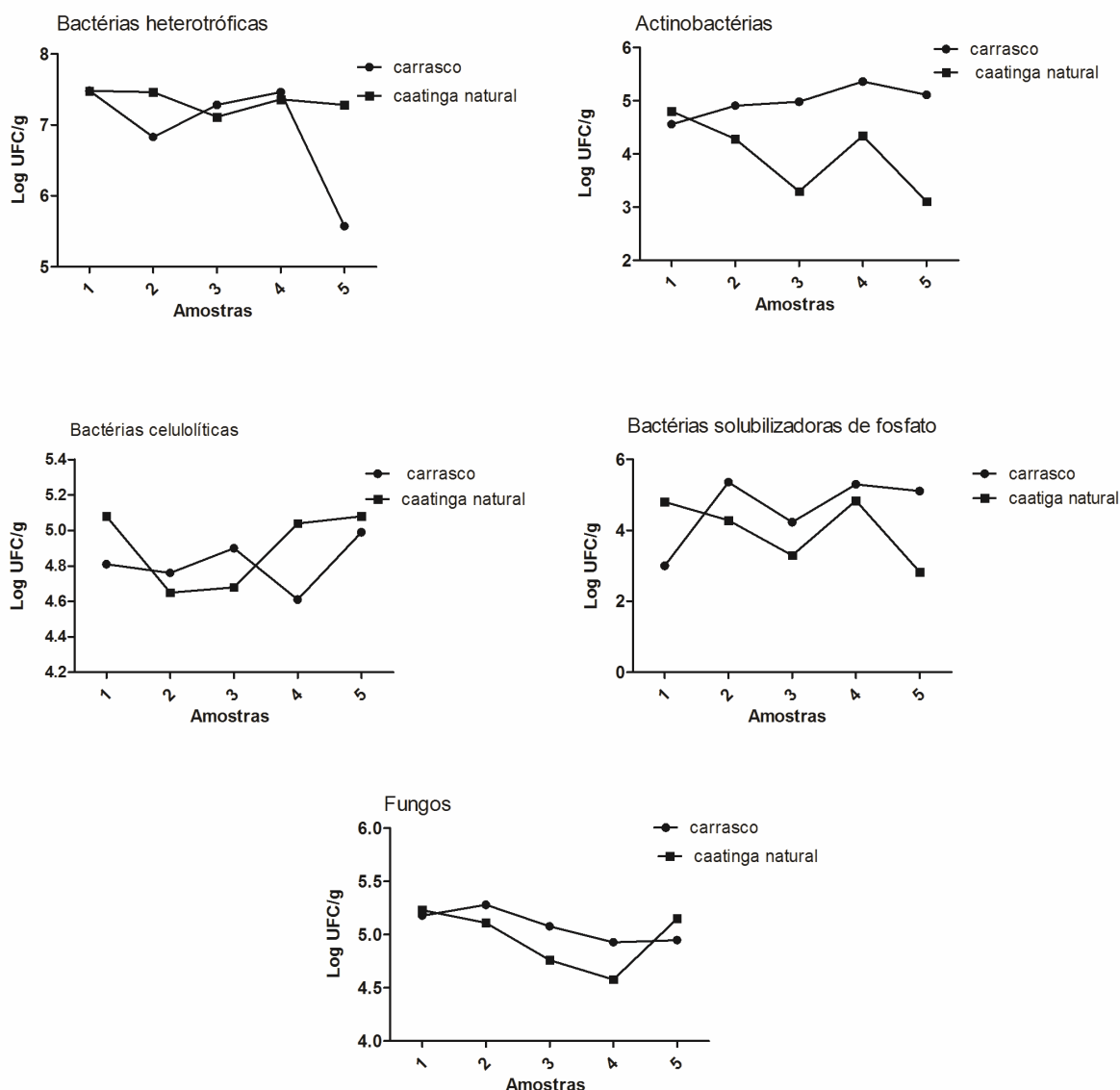


FIGURA 2. Populações de bactérias heterotróficas, actinobactérias, bactérias celulolíticas, bactérias solubilizadoras de fosfato e fungos em Unidade Formadoras de Colônias por grama (UFC g⁻¹) em amostras de serrapilheira procedentes de uma área com vegetação de carrasco e outra de caatinga natural no semiárido do Ceará

A serrapilheira constitui-se da matéria orgânica depositada sobre o solo em diferentes estágios de decomposição, representando uma forma de entrada e posterior incremento da matéria orgânica do solo. Este material inclui principalmente folhas, caules, frutos, sementes, flores e resíduos animais (SOUTO et al., 2009, WANGEN et al., 2013).

A comparação entre as amostras de solo e serrapilheira oriundas do carrasco, mostrou que, com exceção da população de actinobactérias, que não apresentou diferença significativa entre as amostras, as demais populações microbianas foram maiores e significativamente diferentes na serrapilheira (FIGURA 3).

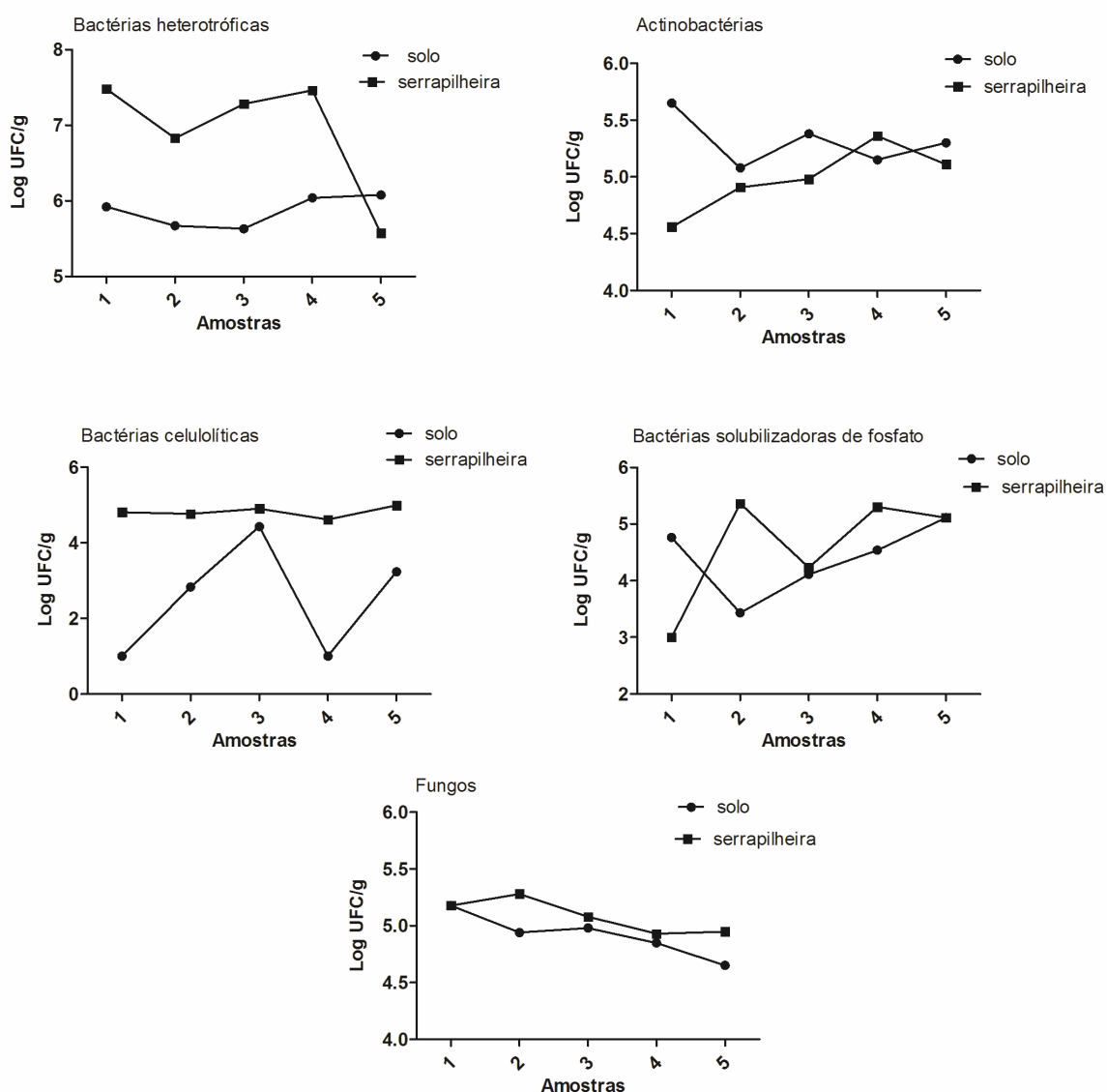


FIGURA 3. Populações de bactérias heterotróficas, actinobactérias, bactérias celulolíticas, bactérias solubilizadoras de fosfato e fungos em Unidade Formadoras de Colônias por grama (UFC g⁻¹) em amostras de solo e serrapilheira procedentes de uma área com vegetação de carrasco no semiárido do Ceará

Para a caatinga natural, todas as populações microbianas foram significativamente maiores nas amostras de serrapilheira (FIGURA 4).

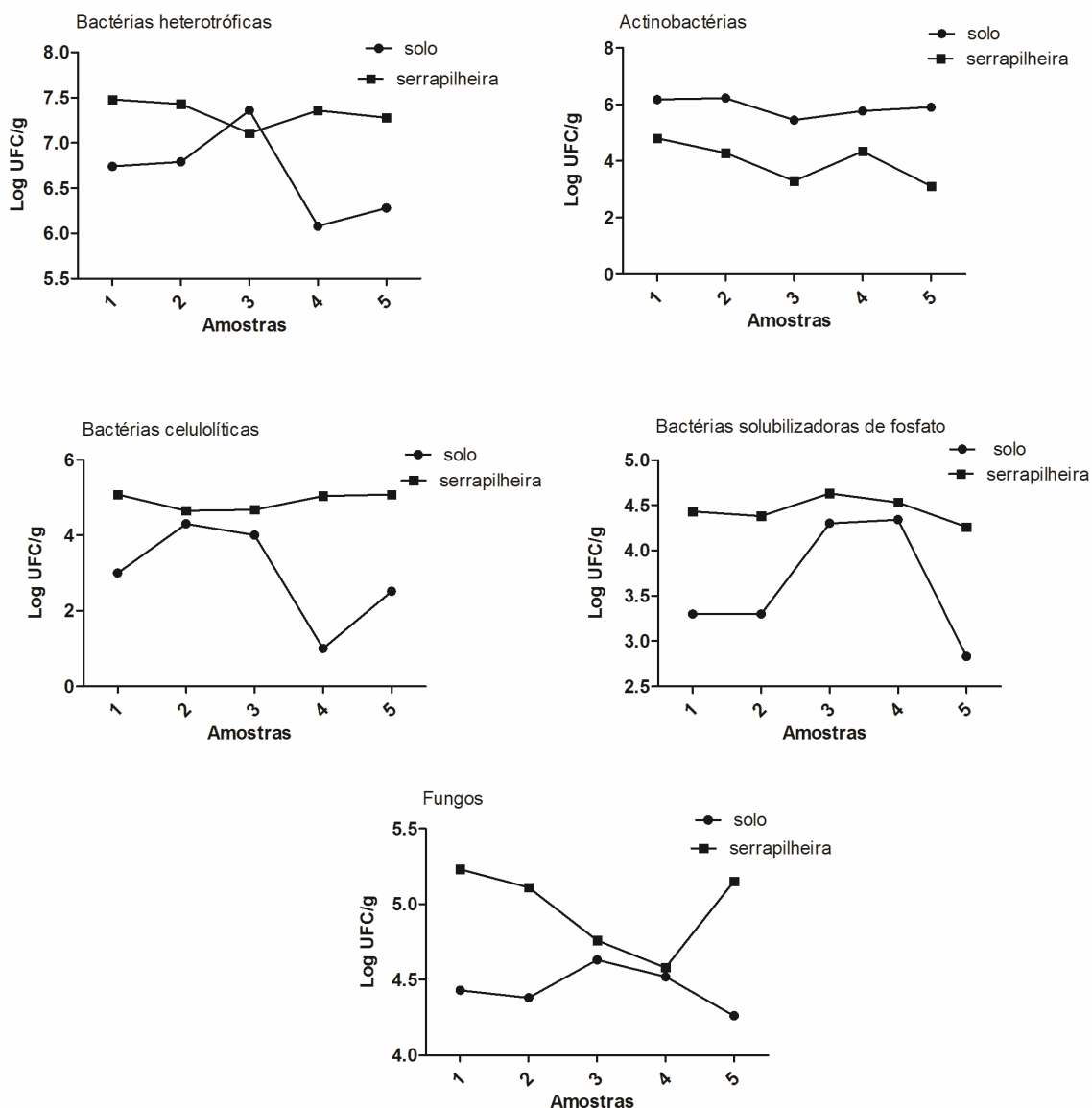


FIGURA 4. Populações de bactérias heterotróficas, actinobactérias, bactérias celulolíticas, bactérias solubilizadoras de fosfato e fungos em Unidades Formadoras de Colônias por grama (UFC g^{-1}) em amostras de solo e serrapilheira procedentes de uma área com vegetação de caatinga natural no semiárido do Ceará

Ao contrário do evidenciado no presente trabalho, FRAGA et al. (2012) em estudo sobre populações microbianas no solo e serrapilheira de uma Unidade de Conservação da Mata Atlântica (Parque Natural Municipal do Curió, RJ) reportaram que para actinobactérias e bactérias, foram observadas diferenças significativas com abundância superior desses micro-organismos no solo quando comparado a serrapilheira. Já para fungos, a abundância tanto para serrapilheira como para solo não apresentou diferenças significativas. Por outro lado, OSAKI & PÉLLICO NETTO, (2012) em trabalho realizado em floresta ombrófila mista constataram que, para as mesmas populações microbianas avaliadas no presente estudo, os valores da

serrapilheira foram superiores e estatisticamente diferente ao nível de 95% dos valores registrados no solo. Cabe mais uma vez destacar a dificuldade de comparação dos resultados do atual estudo com trabalhos desenvolvidos em áreas de caatinga, uma vez que as características do solo da Mata Atlântica e de florestas ombrófilas são completamente diferentes das predominantes em solo da caatinga, o que dificulta a comparação entre os resultados e ressalta a contribuição do presente estudo.

Os resultados mostraram que enquanto a abundância das populações microbianas cultiváveis é semelhante na serrapilheira de áreas com diferentes fisionomias vegetais é diferente no solo dessas mesmas áreas, confirmando a diversidade química de solos em regiões do semiárido do Nordeste Brasileiro.

CONCLUSÕES

As populações microbianas diferiram entre as amostras de solo da vegetação de carrasco e da caatinga natural evidenciando diferenças entre o solo das duas áreas. Para as amostras de serrapilheira não foram detectadas diferenças significativas entre os grupos microbianos. No entanto, os valores significativamente maiores das populações microbianas nas amostras de serrapilheira indica uma menor disponibilidade de nutrientes no solo. Tendo em conta as condições de estresse dominantes no semiárido, o solo de ambas as áreas e, principalmente, da serrapilheira, são reservatórios de linhagens de bactérias e fungos com potencial biotecnológico para aplicações industriais e ambientais.

REFERÊNCIAS

ABURJAILE, S.B.; SILVA, M.P. da; BATISTA, E.A.F.S.; BARBOSA, L.P.J.L.; BARBOSA, F.H.F. Pesquisa e caracterização da diversidade microbiológica do solo, na região de São José do Buriti-MG, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa (cerrado) por plantações de eucalipto. **Ciência Equatorial**, v. 1, n.2, p. 1-18, 2011.

ALVES, A.R.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; HOLANDA, A.C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n.2. p. 194-203, 2006.

ANDRADE-LIMA, D. The caatinga dominium. **Revista Brasileira Botânica**, v. 4, n.2, p. 149-153, 1981.

ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V. Análise da cobertura de duas fitofisionomias da caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, v. 11, n.3, p. 253-262, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, APHA. 21th, Washington. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, 2005.

ARIAS, M.E.; GONZÁLES-PÉREZ, J.A.; GONZÁLES-PÉREZ, F.J.;BALL, A.C. Soil-health a new challenge for microbiologists and chemists. **International Microbiology**, v. 8, p. 13-21, 2005.

ARIFUZZAMAN, M.; KHATUN, M.R.; RAHMAN, H. Isolation and screening of actinomycetes from Sundarbans soil for antibacterial activity. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n.29, p. 4615-4619, 2010.

BARETTA, D.; BROWN, G.G.; NOGUEIRA, E.J.B. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 2, p. 135-150, 2010.

BATISTA, S.B.; SOUSA, O.V. Análise fenotípica e genotípica de bactérias isoladas do solo da floresta nacional dos Tapajós, Pará, Brasil, sob efeito de estresse hídrico. **Revista UNIARA**, v. 13, n.1, p. 36-48, 2010.

BEHERA, B.C.; PARIDA, S.; DUTTA, S.K.; THATOI, H.N. Isolation and identification of cellulose degrading bacteria from mangrove soil of Mahanadi river Delta and their cellulase production ability. **American Journal of Microbiological Research**, v. 2, n.1, p. 41-46, 2014.

BJÖRKLÖF, K.; KARLSSON, S.; FROSTEGÅRD, A.; JØRGENSEN, K.S. Presence of actinobacterial and fungal communities in clean and petroleum hydrocarbon contaminated subsurface soil. **The Open Microbiology Journal**, v. 3, p. 75-86, 2009.

BORGES FILHO, E.L.; MACHADO, E.C. Avaliação microbiana do solo e dos aspectos morfológicos de hortaliças após a adição de adubos orgânicos em hortas. **e-Scientia**, v. 6, n.1, p. 8-15, 2013.

CHAGAS JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, L.A.; A.N.; WILLERDING, A.L. Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 359-366, 2010.

COELHO, D.G.; SANTOS, T.M.C.; ALBUQUERQUE, L.S.; CAMPOS, V.B., PRAZERES, S.S. Quantificação de fungos celulolíticos em solos de três ecossistemas. **Revista Verde**, v.1, n.3, p.45-49, 2008.

COSTA, T.; da COSTA C.; OLIVEIRA, M.A.J.; ACCIOLY; L.J.O.; SILVA, F.H.B.B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p. 961-974, 2009.

COSTA, C.C.A.; OLIVEIRA, F.L.; CAMACHO, R.G.V.; DANTAS, I.M.; MARACAJÁ, P.G. Entomofauna presente no conteúdo da serapilheira em área de caatinga na floresta nacional do Açu-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n.4, p. 50-56, 2013.

COUTINHO, L.M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n.1, p. 13-23. 2006.

CRUZ, R.; LIMA, J.S.; FONSECA, J.C.; FERNANDES, M.J.S.; LIMA, D.M.S.; DUDA, G.P.; MOREIRA, K.A.; MOTTA, C.M.S. Diversity of filamentous fungi of area from Brazilian Caatinga and high-level tannase production using mango (*Mangifera indica*

L.) and surinam cherry (*Eugenia uniflora* L.) leaves under SSF. **Advances in Microbiology**, v. 3, p. 52-60, 2013.

DUAN, C.J.; FENG, J.X. Mining metagenomes for novel cellulase genes. **Biotechnology Letters**, v. 32, p. 1765-1775, 2010.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. 2. ed. Fortaleza: Multigraf, 2000. 341 p.

FRAGA, M.E.; BRAZ, D.M.; ROCHA, J.F.; PEREIRA, M.G.; FIGUEIREDO, D.V. Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n.4, p. 857-865. 2012.

GORLACH-LIRA, K.; COUTINHO, H.D.M. Population dynamics and extracellular enzymes activity of mesophilic and thermophilic bacteria isolated from semi-arid soil of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, p. 135-141, 2007.

GHOSH, U.K.; PRASAD, B. Optimization of carbon, nitrogen sources and temperature for hyper growth of antibiotic producing strain *Streptomyces kanamyceticus* MTCC 324. **The Bioscan**, v. 5, n.1, p. 157-158, 2010.

HARA, F.A.S.; OLIVEIRA, L.A. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e álidos de Presidente Figueiredo, Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 34, p. 343-357, 2004.

HATAMI, S.; ALIKHANI, H.A.; BESHARATI, H.; SALEHRASTIN, N.; AFROUSHEH, M. JAHROMI, Z.Y. Investigation on aerobic cellulolytic bacteria in some of north forest and farming soils. **American-Eurasian Journal Agricultural & Environmental Sciences**, v. 3, n.5, p. 713-716, 2008.

IRFAN, M.; SAFDAR, A.; SYED, Q.; NADEEM, M. Isolation and screening of cellulolytic bacteria from soil and optimization of cellulase production and activity. **Turkish Journal of Biochemistry**, v. 37, n.3, p. 287-293, 2012.

IUCN. Guidelines for protected areas management categories. Gland: IUCN, 261p., 1994.

KANG, S.C.; HA, C.G.; LEE, T.G.; MAHESHWARI, D.K. Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a soilinhabiting fungus *Fomitopsis* sp. PS 102. **Current Science**, v. 82, n.4, p. 439-442, 2002.

KUSTER, E.; WILLIAMS, S.T. Selective media for the isolation of *Streptomyces*. **Nature**, v. 202, p. 928-929, 1964.

LEMOS, J.R.; MEGURO, M. Florística e fitogeografia da vegetação decidual da Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n.1, p. 34-43, 2010.

LEMOS, J.R.; ZAPPI, D.C. Distribuição geográfica mundial de plantas lenhosas da Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.

10, n.4, p. 446-456, 2012

LIMA, B.G.; COELHO, M.F.B.; OLIVEIRA, O.F. caracterização florística de duas áreas de caatinga na região centro-sul do Ceará, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 28, n.2, p. 277-296, 2012.

MANGAMURI, U.K.; VIJAYALAKSHMI, M.; PODA, S. Exploration of actinobacteria from mangrove ecosystems of Nizampatnam and Coringa for antimicrobial compounds and industrial enzymes. **British Biotechnology Journal**, v. 4, n.2, p. 173-182, 2014.

MARTIN, J. P. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plater method for estimating soil fungi. **Soil Science**, v. 69, p. 215- 232, 1950.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.R.; POROCA, H.A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1883-1890, 2010.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; GIONGO, V.; PÉREZ-MARIN, A.M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n.3, p. 643-653, 2012.

NANNIPIERI, P.; ASCHER, J.; CECCHERINI, M.T.; LANDI, L.; PIETRAMELLARA, G.; RENELLA, G.; VALORI, F. Microbial diversity and microbial activity in the rhizosphere. **Suelo**, v. 25, n.1, p. 89-97, 2007.

OLISAKA, F.N.; AYANRU, D.K.G. Dominant mesophilic actinomycetes in Oredo soils. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 3, n.1, p. 49-53, 2013.

OLIVEIRA, C.A.; MARRIEL, I.E.; GOMES, E.A.; LANA, U.G.P.; SCOTTI, M.R.; ALVES, V.M.C. Diversidade bacteriana da rizosfera de genótipos de milho contrastantes na eficiência de uso de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.11, p.1473-1482, 2009.

OSAKI, F.; PÉLLICO NETTO, S. Flutuação da população de fungos sob floresta ombrófila mista e em povoamento de *Pinus taeda*. *Floresta*, v. 42, n.4, p. 795-808, 2012.

PEREIRA, J.C.; NEVES, M.CP.; DROZDOWICZ, A. Quantificações das populações de bactérias em geral, de bactérias resistentes a antibióticos e de actinomicetos em solos. **EMBRAPA-CNPAB**, 1996. 21p.

PEREIRA, J.M.; BARETTA, D.; BINI, D.; VASCONCELLOS, R.L.F. CARDOSO, E.J.B.N. Relationships between microbial activity and soil physical and chemical properties in native and reforested *Araucaria angustifolia* forests in the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 572-586, 2013.

PRAGYA, R.; YASMIN, A.; ANSHULA, J. An insight into agricultural properties of

actinomycetes. **International Journal of Research in Biosciences**, v. 1, n.1, p. 7-12, 2012.

PREVIATI, R.; ROCHA DA SILVA, J.R.; SOUZA, C.R.; JANKE, L. Isolamento e quantificação das populações de bactérias em geral e de actinomicetos presentes no solo. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 15, n.2, p. 155-160, 2012.

RAMOS, M.L.G.; MENEGHIN, M.F.S.; PEDROSO, C.; GUIMARÃES, C.M.; KONRAD, M.L.F. Efeito dos sistemas de manejo e plantio sobre a densidade de grupos funcionais de microrganismos, em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 58-68, 2012.

RAY, A.K.; ABHINANDA BAIRAGI, A.; GHOSH, K.S.; SEN, S.K. Optimization of fermentation conditions for cellulase production by *Bacillus subtilis* Cy5 and *Bacillus circulans* Tp3 isolated from Fish Gut. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 37, n.1, p. 47-53, 2007.

SANTOS-GONZÁLEZ, J.C.; FINLAY, R.D.; TEHLER, A. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities in roots in a seminatural grassland. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 73, p. 5613-5623, 2007.

SHARMA, S.C.D.; SHOYON, M.S.; JAHAN, M.G.S.; ASADUZZAMAN, A.K.M.; RAHMAN, M.A.; BISWAS, K.K.; ABE, N.; ROY, N. Antibacterial and cytotoxic activity of *Bacillus methylotrophicus*-SCS2012 isolated from soil. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 2, n.4, p. 2293-2307, 2013.

SILVA, A.C.S.; CHAGAS JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, L.A.; CHAGAS, L.F.B. Ocorrência de bactérias solubilizadoras de fosfato nas raízes de plantas de importância econômica em Manaus e Rio Preto da Eva, Amazonas. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n.1, p. 37-42, 2011.

SHAIKH, N. M.; PATEL, A.A.; MEHTA, S.A.; PATEL, N.D. Isolation and screening of cellulolytic bacteria inhabiting different environment and optimization of cellulase production. **Universal Journal of Environmental Research and Technology**, v. 3, n.1, p. 39-49, 2013.

SILVA, M.S.; SALES, A.N.; MAGALHÃES-GUEDES, K.T.; DIAS, D.R.; SCHWAN, R.F. Brazilian Cerrado Soil Actinobacteria Ecology. **BioMed Research International**, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/503805>.

SOARES JR, F.L.; MELO, I.S.; DIAS, A.C.F.; ANDREOTE, F.D. Cellulolytic bacteria from soils in harsh environments. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, p. 2195-2203, 2012.

SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; BAKKE, I.A. Características químicas da serapilheira depositada em área de caatinga. **Revista Caatinga**, v. 22, n.1, p. 264-272, 2009.

VINHAL-FREITAS, I.C.; WANGEN, D.R.B.; FERREIRA, A.S.; CORRÊA, G.F.; WENDLING, B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n.3, p. 757-764, 2010.

WANGEN, D.R.B.; CASTILHANO NETO, A.; SHIMAMOTO, G.F.; DUARTE, I.N.; ALMEIDA, R.S. Caracterização química de serrapilheira de solos sob vegetação de cerrado, mata, pinus e eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n.17; p. 618-626, 2013.

YANG, J.K.; ZHANG, J.J.; YU, H.Y.; CHENG, J.W.; MIAO, L.H. Community composition and cellulase activity of cellulolytic bacteria from forest soils planted with broad-leaved deciduous and evergreen trees. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, n.3, p.1149-1458, 2014.