

ACTINOBACTÉRIAS DO SOLO RIZOSFÉRICO NO BIOMA CAATINGA

Francisca Airlane Esteves de Brito¹; Karoline Alves Ramos²; Rhonyele Maciel da Silva¹; Claudia Miranda Martins³; Suzana Claudia Silveira Martins⁴

1 Estudantes de Engenharia de Alimentos, Iniciação Científica, Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará

2 Estudante de Ciências Biológicas, Iniciação Científica, Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará

3 Professora Doutora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará

4 Professora Doutora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará (suzana220@gmail.com) Fortaleza-Brasil

Recebido em: 31/03/2015 – Aprovado em: 15/05/2015 – Publicado em: 01/06/2015

RESUMO

As actinobactérias são procariotos, Gram positivos, habitantes do solo onde atuam como agentes de controle biológico e promotoras de crescimento de plantas. A capacidade dessas bactérias de produzir esporos ainda induz a resistência das mesmas contra estresses bióticos e abióticos. Além disso, algumas espécies formam simbioses que favorecem a fixação biológica de nitrogênio. Assim, tendo em vista a relevância ecológica desse grupo microbiano e o patrimônio microbiológico ainda inexplorado do bioma Caatinga, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os principais gêneros de actinobactérias do solo rizosférico de uma região do referido bioma, principal ecossistema da Região Nordeste que apresenta características peculiares devido ao seu clima quente e seco. Vinte e oito cepas de actinobactérias, isoladas de amostras de solo do Parque Nacional de Ubajara, no Ceará foram inoculadas em Caseinato Dextrose Ágar e incubadas a 28°C por sete dias. As colônias foram reisoladas e avaliadas quanto as seguintes características: presença e cor do micélio aéreo, pigmentos difusíveis no meio e produção de pigmentos melanóides. Em seguida, as cepas foram analisadas em relação à morfologia celular e aspectos micromorfológicos tais como a presença de micélio aéreo, ramificação de micélio no substrato, bem como micélio fragmentado e esporulação. Formas ramificadas, fragmentados em cocos, cocobacilos e bacilos também foram avaliadas. Os resultados indicaram seis grupos de actinobactérias cujas características são sugestivas dos gêneros *Streptomyces* (50%) seguidos de *Terrabacter* (25%), *Nocardia* (21,4%) e *Micromonospora* (3,6%). As características culturais diferentes nas cepas do mesmo gênero são indicativas da diversidade desses gêneros no solo avaliado.

PALAVRAS-CHAVE: Actinomicetos, morfologia, *Streptomyces*, semiárido

ACTINOBACTERIA FROM RIZOSPHERIC SOIL IN THE CAATINGA BIOME

ABSTRACT

Actinobacteria are prokaryotes, Gram positive, inhabitants of the land where they act as biological control agents and promoters of plant growth. The ability of these

bacteria to produce spores still induces resistance against biotic and abiotic stresses. Additionally, some species form symbioses that promote biological fixation of nitrogen. Thus, given the ecological importance of this microbial group and unexplored microbiological patrimony of the Caatinga biome, this study aimed to characterize the main actinobacteria genera from the rhizospheric soil of a region of this biome, the main ecosystem of the Brazilian Northeast with peculiar characteristics because of its hot and dry climate. Twenty-eight strains of actinobacteria, previously isolated from soil samples of National Park Ubajara, Ceará were inoculated in Caseinate Dextrose Agar and incubated at 28 °C for seven days. The colonies were re-isolated and evaluated for the cultural characteristics: presence and color of aerial mycelium, diffusible pigments and production of melanoid pigments. Then the strains were characterized in terms of cell morphology and micromorphologic aspects such as the presence of aerial mycelium, the substrate mycelium branching and fragmented mycelium and sporulation. Branched forms, fragmented into coconuts, cocobacilli and bacilli were also assessed. The results indicated six actinomycetes groups whose characteristics are suggestive of *Streptomyces* genus (50%), *Terrabacter* (25%), *Nocardia* (21,4%) and *Micromonospora* (3,6%). The different cultural characteristics in strains of the same genus are indicative of diversity of this group in the evaluated soil.

KEYWORDS: Actinomycetes, morphology, *Streptomyces*, semiarid

INTRODUÇÃO

Actinobactérias, originalmente consideradas como um grupo intermediário entre bactérias e fungos, são agora classificadas como procariotos. Diferem das outras bactérias pela forma filamentosa, crescimento lento (ARAÚJO, 1998) e por seus diversos gêneros produzirem um grande número de metabólitos com interesse científico (BALLAV et al., 2012).

O solo é o habitat mais comum dessas bactérias Gram-positivas, sendo abundantes principalmente na rizosfera (STROBEL et al., 2004), região do solo influenciada pelas raízes da planta onde ocorre uma grande diversidade de micro-organismos, especialmente do gênero *Streptomyces* (BENIZRI et al., 2001). Essas bactérias participam da degradação de matéria orgânica recalcitrante, contribuindo assim, para o equilíbrio ecológico do referido ecossistema (MIYADOH, 1997). Algumas espécies atuam na fixação de nitrogênio e outras produzem hormônios (fitohormônios) importantes para o crescimento e proteção das plantas contra fitopatógenos (SADEGHI et al., 2012). Além disso, a produção de enzimas líticas, por degradar diversos substratos, facilita a sobrevivência das plantas. A capacidade de degradação das actinobactérias também é importante para o ciclo do carbono e formação de húmus no ambiente, que melhora a disponibilidade de nutrientes para o crescimento das plantas.

Actinobactérias, em especial do gênero *Streptomyces*, são produtoras de metabólitos secundários, utilizados como agentes biológicos para o controle de doenças transmitidas através do solo e sementes de plantas (PRIYADHARSINI & DHANASEKARAN, 2015). Devido a sua capacidade marcante de produzir metabólitos secundários de ampla aplicação industrial, as actinobactérias têm atraído cada vez mais a atenção de taxonomistas, ecólogos, agrônomos, químicos e biólogos evolucionários (QIN et al., 2011).

O bioma Caatinga estende-se pelo domínio de climas semiáridos e é

reconhecido como um dos ambientes mais ricos em biodiversidade (IBAMA, 2014). No entanto, esta riqueza é atribuída principalmente à diversidade vegetal, algumas vezes a animal e, raramente, a de micro-organismos (PRADO, 2008). No entanto, as características ambientais limitantes desse ecossistema faz do mesmo uma excelente fonte para a busca por micro-organismos que atuem no controle biológico, melhorando o estado fitossanitário das plantas e aumentando a produtividade (CARRER FILHO et al., 2008). Dentre esses micro-organismos as actinobactérias são particularmente bem adaptadas à sobrevivência em ambientes extremos, hostis e poluídos (BALLAV et al., 2012; CONTI et al., 2012), destacando-se os gêneros *Thermoactinomyces* e *Streptomyces*, que por crescerem a temperaturas superiores a 50 °C têm importante participação na adubação verde ou processo de compostagem, no qual substratos complexos são mineralizados em altas temperaturas (GUTIERREZ-LUGO et al., 1999). Alguns gêneros como *Micromonospora* e *Nocardia* oxidam substâncias tóxicas como parafinas, fenóis, esteróides e pirimidinas e, por isso, são ferramentas importantes em processos de biorremediação (BENIMELIA et al., 2008; POLTI et al., 2011; SELVAM et al., 2013).

Diferentemente das demais bactérias, o crescimento das actinobactérias é caracterizado pela formação de hifas ramificadas que dão origem a um micélio vegetativo o qual se desenvolve no interior do substrato. Essa estrutura é responsável pela sustentação e adsorção de nutrientes. Paralelamente, o micélio aéreo se projeta na superfície do substrato, com aparência aveludada constituindo o micélio reprodutivo que se diferencia para formar os corpos de frutificação ou propágulos (CHATER & CHANDRA, 2006; MAHAJAN & BALACHANDRAN, 2012; MALVIYA et al., 2013). Essa morfologia das actinobactérias varia conforme o gênero, por exemplo, no *Streptomyces*, uma hifa do micélio aéreo se diferencia originando a cadeia de esporos (FLARDH & BUTTNER, 2009) e hifas altamente diferenciadas (LETEK et al., 2012). No gênero *Nocardia* o micélio aéreo pode ser completamente ausente (MAHAJAN & BALACHANDRAN, 2012) e a fragmentação de hifas é característica. Nos gêneros *Arthrobacter* e *Rhodococcus* a predominância é de cocobacilo; enquanto no *Micrococcus* é a forma cocóide (LETEK et al., 2012). A diversidade morfológica das actinobactérias é, pois, um critério para a caracterização de cepas a nível de gênero (PHILIP et al., 2012).

Apesar da importância ecológica e da riqueza das actinobactérias em solos do bioma Caatinga ainda são muito escassos estudos sobre esse grupo bacteriano. Nesse sentido, o presente trabalho pretendeu investigar os principais gêneros de actinobactérias numa região do solo do referido bioma, durante a estação de baixa pluviosidade, representando uma contribuição importante para determinar a diversidade de gêneros de actinobactérias no referido solo. Numa perspectiva futura essas bactérias poderão ser exploradas como biofertilizantes e para produção de metabólitos bioativos, como enzimas e antibióticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Actinobactérias

Foram avaliadas 28 cepas de actinobactérias previamente isoladas de amostras de solo do Parque Nacional de Ubajara (PNU), uma unidade de conservação, localizada no planalto da Ibiapaba, ao norte do Estado do Ceará, limite com o Estado do Piauí. A área do parque está compreendida entre a latitude 3°46' S

e longitude 40° 54' W com altitudes que variam de 800 a 1.100 m (CUNHA & ARAÚJO, 2014). As amostras de solo, classificado predominantemente como do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico (ICMBio, 2015), foram coletadas numa área de mata úmida, no período seco, a uma profundidade de 0-20 cm da rizosfera. Os isolados foram codificados como "UB", indicativo de Ubajara, seguido pelo número do isolado e a repetição utilizada, representada por "R" e são mantidos em Caseína Dextrose Ágar (CDA) inclinado a 4 °C no Laboratório de Microbiologia Ambiental (LAMAB) do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará. Este trabalho faz parte de um projeto realizado com a autorização do SISBIO (ICMBio, 2015), processo número 32890-3 e não envolve risco ou espécies protegidas.

Características coloniais

Vinte e oito cepas de actinobactérias, previamente isoladas de amostras de solo do Parque Nacional de Ubajara, no Ceará foram inoculadas em Caseinato Dextrose Ágar (K_2HPO_4 0,5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,2 g, glicose 10 g, caseína 0,2 g e nistatina 0,05 mg) (ARIFUZZAMAN et al., 2010) e incubadas a 28°C por sete dias. As colônias foram reisoladas e caracterizadas quanto a presença e cor do micélio aéreo (PRAUSER, 1964), pigmentos difusíveis no meio (reverso da colônia) (SHIRLING & GOTTLIEB, 1966) e ausência ou presença de pigmentos melanóides (SHARMA, 2014).

Morfologia celular

A morfologia celular das cepas de actinobactérias foi observada através do método de Coloração de Gram. Uma gota de cada cultura de actinobactéria foi ressuspensa sobre uma lâmina e feito um esfregaço com auxílio de uma alça de inoculação estéril. Após secagem e fixação pela chama, o esfregaço foi coberto por um minuto com solução de cristal violeta, seguido de lavagem com lugol, água corrente e álcool 95° GL. Por fim, o esfregaço foi coberto com solução de fucsina básica por 30 segundos. As lâminas foram visualizadas em microscópio óptico Zeiss Axioplan em aumento de 1000x.

Análise micromorfológica

A análise micromorfológica foi realizada segundo a técnica de KERN & BLEWINS (1999) modificada. Foram utilizadas placas de Petri esterilizadas, contendo em seu interior uma lâmina e um pedaço de algodão umedecido, com água destilada. Uma fração de meio de cultura Caseinato Dextrose Ágar (CDA) foi cortada e colocada sobre uma lâmina contida no interior da placa. Os isolados foram inoculados nas laterais da fração de meio, a qual foi coberta por uma lamínula esterilizada. Por fim, foi colocado algodão umedecido na placa, que foi fechada e incubada em estufa B.O.D por sete a 14 dias, a 28°C. Após esse tempo, a lamínula foi retirada e colocada sobre outra lâmina limpa contendo uma gota do corante Lactofenol de Amann, sendo as bordas vedadas com esmalte incolor. As lâminas preparadas foram observadas ao microscópio óptico Zeiss Axioplan em aumento de 40x. As cepas de actinobactérias foram classificadas a nível de gênero por comparação das características morfológicas, tipos de hifas e esporos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características morfológicas, micromorfológicas e as estruturas microscópicas das cepas de actinobactérias avaliadas estão no quadro 1.

QUADRO 1 Características morfológicas e micromorfológicas das cepas de actinobactérias isoladas de amostras de solo do Parque Nacional de Ubajara no Estado do Ceará

Identificação	Morfologia	Micromorfologia	
		Micélio	Estruturas Microscópicas
UB-01-R1	Formas bacilares e esféricas. Emaranhado de finos filamentos	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e fragmentações em formas bacilares
UB-03-R1	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Esporos em cadeias de espirais
UB-03-R2	Cocos soltos	Ausência de micélio aéreo	Esporos únicos
UB-04-R1	Cocos e bastonetes	Aéreo e ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-04-R2	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e onduladas
UB-05-R1	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Esporos em cadeias de espirais
UB-05-R2	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e onduladas
UB-06-R1	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e onduladas
UB-07-R2	Formas bacilar e esférica Presença de finos filamentos	Aéreo e ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-07-R3	Forma filamentosa, presença formas bacilares	Aéreo e ramificação sob o substrato	Esporos em cadeias de espirais
UB-08-R1	Formas bacilar e esférica Presença de finos filamentos	Aéreo e ramificação sob o substrato	Cadeia de esporos Fragmentações em formas bacilares e esféricas.
UB-09-R1	Forma filamentosa, presença formas bacilares	Aéreo e ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-09-R2	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas.
UB-10-R1	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Esporos em cadeias de espirais
UB-10-R2	Forma filamentosa, formas bacilares	Apenas ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-10-R3	Presença de bacilos e cocobacilos	Apenas ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-11-R2	Presença de bacilos e cocobacilos	Apenas ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-13-R1	Presença de bacilos e cocobacilos	Apenas ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-13-R2	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e onduladas
UB-14-R1	Bastonetes	Apenas ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e esporos circulares
UB-15-R2	Presença de formas bacilares e esféricas	Presença de micélio aéreo	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-17-R1	Cocobacilos Emaranhado de finos filamentos	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e esporos circulares
UB-17-R2	Presença de formas bacilares e esféricas	Aéreo e ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas
UB-18-R2	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e onduladas
UB-18-R3	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e onduladas
UB-20-R1	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Hifas ramificadas e onduladas
UB-20-R2	Forma filamentosa	Aéreo e ramificação sob o substrato	Esporos em cadeias de espirais
UB-21-R2	Presença de formas bacilares e esféricas	Aéreo e ramificação sob o substrato	Fragmentações em formas bacilares e esféricas

A combinação das características microscópicas foram consideradas para caraterizar as cepas dentro de um mesmo gênero (gênero presuntivo) (Quadro 2).

QUADRO 2 Possíveis gêneros das cepas de actinobactérias isoladas de amostras de solo do Parque Nacional de Ubatuba no Estado do Ceará em relação as características microscópicas

GRUPOS	CEPAS	Características morfológicas e micromorfológicas	Prováveis gêneros (Williams et al., 1989)
1	UB-03-R1	Forma filamentosa	<i>Streptomyces</i>
	UB-05-R1	Aéreo e ramificação sob o substrato	
	UB-10-R1		
	UB-20-R2	Esporos em cadeias de espirais	
	UB-08-R1		
	UB-07-R3		
	UB-17-R1		
2	UB-04-R2	Forma filamentosa	<i>Streptomyces</i>
	UB-05-R2	Aéreo e ramificação sob o substrato	
	UB-06-R1		
	UB-13-R2	Hifas ramificadas e onduladas	
	UB-18-R2		
	UB-18-R3		
	UB-20-R1		
3	UB-10-R3	Presença de bacilos e cocobacilos	<i>Nocardia</i>
	UB-11-R2	Apenas ramificação sob o substrato	
	UB-13-R1	Fragmentações em formas bacilares e esféricas	
4	UB-10-R2	Forma filamentosa e bacilares	<i>Nocardia</i>
	UB-14-R1	Apenas ramificação sob o substrato	
	UB-21-R2	Fragmentações em formas bacilares e esféricas	
5	UB-01-R1	Formas bacilar e esférica	<i>Terrabacter</i>
	UB-07-R2	Presença de finos filamentos	
	UB-04-R1	Aéreo e ramificação sob o substrato	
	UB-09-R1		
	UB-09-R2	Fragmentações em formas bacilares e esféricas	
	UB-17-R2		
6	UB-03-R2	Cocos soltos	<i>Micromonospora</i>
		Ausência de micélio aéreo Esporos únicos	

WILLIAMS et al. (1989) destacam que o gênero *Streptomyces* apresenta hifas filamentosas na morfologia, enquanto na micromorfologia é possível observar micélio aéreo e ramificação sobre o substrato. Com relação as estruturas microscópicas podem ser observadas esporos em cadeias de espirais ou hifas ramificadas e onduladas. Assim, as cepas de actinobactérias com essas características foram divididas em dois grupos e classificados como *Streptomyces* grupo 1 (UB-03-R1, UB-05-R1, UB-10-R1, UB-20-R2, UB-08-R1, UB-07-R3 e UB-17-R1) e *Streptomyces* grupo 2 (UB-04-R2, UB-05-R2, UB-06-R1, UB-13-R2, UB-18-R2, UB-18-R3 e UB-20-R1) (Quadro 2). Os mesmos autores descrevem que o gênero *Nocardia* apresenta somente ramificação sobre o substrato e fragmentações bacilares e esféricas. No entanto, a morfologia pode se apresentar em formas bacilares e cocobacilos ou filamentosa e bacilares. Como no presente estudo, foram detectadas ambas formas, as cepas UB-10-R3, UB-11-R2 e UB-

13-R1 foram classificadas como *Nocardia* grupo 1 e as UB-10-R2, UB-14-R1 e UB-21-R2 como *Nocardia* grupo 2. As cepas UB-01-R1, UB-07-R2, UB-04-R1, UB-09-R1, UB-09-R2, UB-17-R2 e UB-15-R2 exibiram características do gênero *Terrabacter* enquanto a cepa UB-03-R2, apresentou características específicas do gênero *Micromonospora*, como ausência de micélio aéreo e esporos únicos (Quadro 2).

Entre os possíveis gêneros determinados o maior percentual foi o *Streptomyces* (50%), seguido do *Terrabacter* (25%), *Nocardia* (21,4%) e *Micromonospora* (3,6%) (Figura 1).

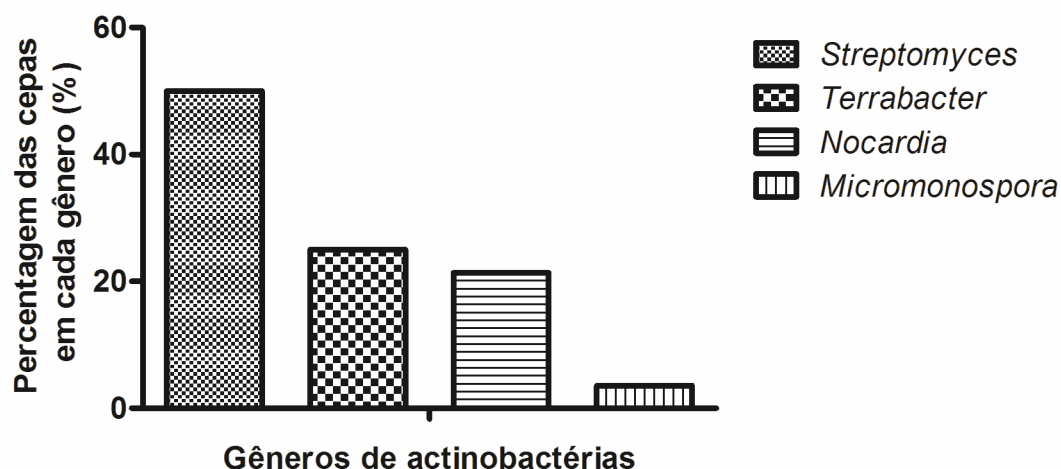


FIGURA 1 Percentual dos prováveis gêneros das cepas de actinobactérias isoladas do solo rizosférico do Parque Nacional de Ubajara no Estado do Ceará

As colônias de actinobactérias podem ser facilmente distinguidas das de outras bactérias e fungos pelas características macroscópicas, tais como, colônias compactas; cobertas por uma película fina (coriácea); superfície seca que oferece resistência; geralmente recobertas por micélio aéreo e produção de pigmentos (KONEMAN et al., 2001).

As características coloniais de cada cepa estão no Quadro 3. Observa-se que no gênero *Streptomyces* (grupos 1 e 2) apenas as cepas UB-05-R2, UB-20-R1 (14,3%) apresentaram características coloniais similares, as demais cepas (85,7%) mostraram características diferentes, indicativas da diversidade desse gênero no solo avaliado.

No gênero *Nocardia* (grupos 1 e 2) essa diversidade foi menor, das seis cepas incluídas nesse gênero, quatro (66,7%) exibiram as mesmas características coloniais, enquanto o gênero *Terrabacter* mostrou ampla diversidade cultural com 71,4% das cepas exibindo diferentes características coloniais (Quadro 3). Embora somente uma cepa tenha sido classificada como *Micromonospora*, a presença desse gênero no solo merece destaque uma vez que o mesmo é descrito como fonte de metabólitos secundários para a biomedicina. No entanto, só nos últimos cinco anos a influência ecológica de espécies *Micromonospora* sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas foi reconhecida. *Micromonospora* também podem ser

empregada para o biocontrole e degradação de substratos celulósico para produção de biocombustíveis (HIRSCH & VALDÉS, 2010)

QUADRO 3 Características culturais dos possíveis gêneros das cepas de actinobactérias isoladas de amostras de solo do Parque Nacional de Ubajara no Estado do Ceará

Gêneros	Cepas	Cor micélio	Reverso da colônia	Pigmentos melanóides
<i>Streptomyces</i> (g1)	UB-03-R1	branco	branco e castanho	presente
	UB-05-R1	Indefinido	branco	ausente
	UB-08-R1	branco e preto	amarela	ausente
	UB-10-R1	branco	branco	ausente
	UB-17-R1	amarelo-claro	amarelo	ausente
	UB-20-R2	indefinido	amarelo-claro	ausente
	UB-07-R3	cinza	amarelo-claro	ausente
<i>Streptomyces</i> (g2)	UB-04-R2	branco	amarelo	ausente
	UB-05-R2, UB-20-R1	indefinido	amarelo claro	ausente
	UB-06-R1	castanho-cinza	castanho	presente
	UB-13-R2	castanho-cinza	rosa	ausente
	UB-18-R2	amarelo-preto	branco	ausente
	UB-18-R3	castanho	branco	presente
<i>Nocardia</i> (g1)	UB-10-R3, UB-11-R2, UB-13-R1	indefinido castanho-cinza	branco rosa	ausente ausente
<i>Nocardia</i> (g2)	UB-10-R2	branco	amarelo-claro	ausente
	UB-14-R1, UB-21-R2	indefinido	branco	ausente
<i>Terrabacter</i>	UB-01-R1	branco	branco	ausente
	UB-07-R2	branco	amarelo-claro	presente
	UB-04-R1	castanho	castanho	ausente
	UB-09-R1, UB-15-R2	indefinido	branco	ausente
	UB-09-R2	castanho-cinza	cinza	ausente
	UB-17-R2	amarelo-claro	amarelo	ausente
<i>Micromonospora</i>	UB-03-R2	ausência micélio aéreo	castanho	presente

Apesar da diversidade microbiana e das características ambientais estressantes do bioma Caatinga, estudos sobre a riqueza e diversidade das actinobactérias nesse habitat ainda são raros, o que ressalta a importância deste estudo mas, dificulta a comparação e discussão dos resultados. CORRÊA et al. (2013) isolaram 109 cepas de actinobactérias da rizosfera da Caatinga, mas avaliaram essas cepas somente quanto a atividade antimicrobiana. Entre os raros registros sobre a diversidade de actinobactérias em solo da Caatinga destaca-se os resultados de LINS & ARAÚJO (2011), que isolaram actinobactérias da rizosfera da planta xique-xique (*Pilosocereus gouldii* Weber). Das 34 cepas obtidas, 94% (32) pertenciam ao gênero *Streptomyces* sp. OLIVEIRA et al., (2010) em trabalho com amostras de solo da Paraíba reportaram que 72% das cepas isoladas eram do gênero *Streptomyces*. Esses resultados são similares ao do presente estudo, onde o percentual de cepas classificadas como *Streptomyces* foi de 85,7%. Em amostras de solo de outras localidades o gênero *Streptomyces* também é descrito como predominante. Por exemplo, BHASIN et al. (2010), NAIK et al. (2013), VIJAYAKUMAR & MALATHI, (2014) e PRIYADHARSINI & DHANASEKARAN (2015) isolaram cepas em solo de diferentes regiões da Índia, TING et al. (2009)

descreveram o mesmo resultado para amostras do solo rizosférico de uma região da Malásia, GURIELIDZE et al. (2010) em solos da Georgia, HOP et al. (2011) em solo do Vietnã, e SILVA et al. (2013) para o solo de uma região do Cerrado, no Brasil.

Numa revisão de literatura, é evidente que, embora as actinobactérias desempenhem crucial papel na ecologia do solo, a maioria dos trabalhos tem como objetivo principal o potencial biotecnológico e industrial desse grupo bacteriano, como os desenvolvidos por GURUNG et al. (2009), TING et al. (2009), ARIFUZZAMAN et al. (2010), OLIVEIRA et al. (2010), PANDEY et al. (2011), KUMARI et al. (2013), CORRÊA et al. (2013), NAIK et al., (2013), ASHOKVARDHAN et al. (2014), VIJAYAKUMAR & MALATHI (2014).

Importante ressaltar que o presente estudo foi realizado no período seco o que pode ter reduzido a diversidade das actinobactérias. Corroborando com essa hipótese SILVA et al. (2013) em trabalho com amostras de solo do cerrado coletadas no período seco e chuvoso registraram que a diversidade dos isolados no período seco foi menor que do período chuvoso, confirmando o efeito negativo da restrição de umidade reportado por JENKINS et al. (2010). Por outro lado, é provável que as cepas isoladas apresentem maior resistência as condições adversas do ambiente, o que aumenta o potencial ecológico das mesmas.

CONCLUSÕES

A escassez de trabalhos com actinobactérias originárias do solo de regiões semiáridas, particularmente do bioma Caatinga, enfatiza a importância dos resultados do presente estudo e ressalta que esse grupo bacteriano representa um recurso inexplorado em solos do bioma Caatinga.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de fomento pelos recursos obtidos através do Edital Chamada CNPq/ICMBio - Nº 13/2011 - Seleção Pública de Propostas para a pesquisa sobre o manejo, uso e conservação da biodiversidade e a proteção do patrimônio cultural e dos recursos naturais em unidades de conservação federais e seu entorno no bioma Caatinga.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, J.M. **Estratégias para isolamento seletivo de actinomicetos**. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. Ecologia microbiana. Jaguariúna: Embrapa, 1998. p.351-36.
- 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.
- ASHOKVARDHAN, T.; RAJITHASRI, A. B.; PRATHYUSHA, P.; SATYAPRASAD, K. Actinomycetes from *Capsicum annuum* L. rhizosphere soil have the biocontrol potential against pathogenic fungi. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science**, v.3, n.4, p. 894-903, 2014
- BALLAV, S.; DASTAGER, S. G.; KERKAR, S. Biotechnological significance of Actinobacterial research in India. **Recent Research in Science and Technology**,

v.4, n.4, p. 31-39, 2012.

BENIMELIA, C. S.; FUENTESA, M. S.; ABATEA, C. M.; AMOROSO, M. J. Bioremediation of lindane-contaminated soil by *Streptomyces* sp. M7 and its effects on *Zea mays* growth. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.61, p. 233–239, 2008.

BENIZRI, E.; BAUDOIN, E.; GUCKERT, A. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. **Biocontrol Science and Technology**, v.11, n.5, p. 557-574, 2001.

BHASIN, S.; CAMEOTRA, S. S. Actinomycetal diversity of Western Region of Madhya Pradesh. **Journal of Advances in Developmental Research**, v.1, n.2, p. 132-138, 2010.

CARRER FILHO, R.; ROMEIRO, R. S.; GARCIA, F.A.O. Biocontrole de doenças de parte aérea do tomateiro por *Nocardioideus thermophilus*. **Tropical Plant Pathology**, v.33, n.6, p.457-460, 2008

CHATER, K. F.; CHANDRA, G. The evolution of development in *Streptomyces* analysed by genome comparisons. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 30, n.5, p. 651-672, 2006.

CONTI, R.; GUIMARÃES, D. O.; PUPO, M. T. Aprendendo com as interações da natureza: microrganismos simbiotes como fontes de produtos naturais bioativos. **Ciência e Cultura**, v.64, n.43, p. 43-47, 2012.

CORRÊA, G. G.; SILVA, I. L.; LINS, M. R. C. R.; SILVA, W. O.; LOPES, W.; ARAÚJO, E. A.; VASCONCELOS, N. M.; FONTES-VIEIRA, J. M.; SILVA, D. T. F.; LIMA, G. M. S.; ARAÚJO, J. M. Isolamento e atividade antimicrobiana de actinobactérias da rizosfera da caatinga. **Resumos Expandidos do I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO** (v.2) Universidade Católica de Pernambuco - Recife - PE - Brasil - 11 a 14 de novembro de 2013.

CUNHA, B. B.; ARAÚJO, R. C. P. Avaliação das pressões e ameaças ambientais sobre o Parque Nacional de Ubatuba-Ceará: Uma perspectiva da Efetividade de Gestão. **REDE - Revista Eletrônica do Prodepa**. v.8, n.1, p. 46-66, 2014.

FLARD, K.; BUTTNER, M. J. *Streptomyces* morphogenetics: dissecting differentiation in a filamentous bacterium. **Nature Reviews Microbiology**, v.7, n.1, p. 36-49, 2009.

GURIELIDZE, M.; PATARAYA, D.; CHOLOKAVA, N.; NUTSUBIDZE, N. Extremophilic actinomycetes, distributed in various types of soils of Georgia and their protease activity. **Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences**, v.4, n.3, p. 81-85, 2010.

GURUNG, T. D.; SHERP, C.; AGRAWAL, V. P.; LEKHAK, B. Isolation and

characterization of antibacterial actinomycetes from soil samples of Kalapatthar Mount Everest Region. **Nepal Journal of Science and Technology**, v.10, p. 173-182, 2009.

GUTIÉRREZ-LUGO, M. T.; LOTINA-HENNSEN, B.; FARRÉS, A.; SÁNCHEZ, S.; MATA, R. Phytotoxic and photosynthetic activities of maduramicin and maduramicin methyl ester. **Verlag der Zeitschrift für Naturforschung**, v.54, p. 325-332, 1999.

HIRSCH, A. M.; VALDÉS, M. *Micromonospora*: An important microbe for biomedicine and potentially for biocontrol and biofuels. **Soil Biology & Biochemistry**, v.42, p. 536-542, 2010.

HOP, D. V.; SAKIYAMA, Y.; BINH, C. T.T.; OTOGURO, M.; HANG, D. T.; MIYADOH, S.; LUONG, D. T.; ANDO, K. Taxonomic and ecological studies of actinomycetes from Vietnam: isolation and genus-level diversity. **The Journal of Antibiotics**, v.64, p. 599–606, 2011.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Ecossistemas. Caatinga**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/caatinga.htm>>. Acesso em: 26 março. 2014.

ICMBio. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE PARQUE NACIONAL DE UBAJARA. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/biodiversidade/unidades_de_conservacao/biomas_brasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/636-PNU>. Acesso em: 11/03/2015.

JENKINS, S.; WAITE, I.; BLACKBURN, A.; HUSBAND, R.; RUSHTON, S.; MANNING, D. C. Actinobacterial community dynamics in long term managed grasslands; Brisbane, Australia. **Antonie van Leeuwenhoek**, v.95, n.4, p.319-340, 2010.

KERN, M. E.; BLEVINS, K. S. **Micologia Médica**: Texto e Atlas. 2 ed. São Paulo: Premier, 1999.

KONEMAN, E.W.; ALLEN, S.D.; JANDA, W.M.; SCHREKENBERGER, P.C. **Diagnóstico Microbiológico-Texto e Atlas Colorido**. 5ª edição, Rio de Janeiro: MEDSI, 2001.

KUMARI, M.; MYAGMARJAV, B. E.; PRASAD, B.; CHOUDHARY, M. Identification and characterization of antibiotic-producing actinomycetes isolates. **American Journal of Microbiology**, v.4, n.1, p. 24-31, 2013.

LETEK, M.; FIUZA, M.; VILLADANGOS, A. F.; MATEOS, L. M.; GIL, J. A. cytoskeletal proteins of *actinobacteria*. **International Journal of Cell Biology**, p. 1-10, 2012.

LINS, C. V.; ARAÚJO, J. M. Isolamento de actinobactérias da rizosfera de plantas

nativas da caatinga. **XIX CONIC/III CONITI/VII JOIC**. CTG - UFPE – 2011.

MAHAJAN, G. B.; BALACHANDRAN, L. Antibacterial agents from actinomycetes - A review. **Frontiers in Bioscience**, v.1, n.4, p. 240-253, 2012.

MALVIYA, M. K.; PANDEY, A.; SHARMA, A.; TIWARI, S. C. Characterization and identification of actinomycetes isolated from fired plots under shifting cultivation in northeast Himalaya, India. **Annals of Microbiology**, v.63, n.2, p. 561-56, 2013.

MIYADOH, S. (editor). **Atlas of Actinomycetes**. The Society for Actinomycetes Japan. Asakura Publishing Co., Ltd., Japan, 1997.

NAIK, G.; SHUKLA, S.; MISHRA, S.K. Isolation and characterization of actinomycetes isolates for production of antimicrobial compounds. **Journal of Microbiology and Biotechnology Research**, v.3, n.5, p. 33-36, 2013.

OLIVEIRA, T. L.; LIMA, E. O.; SOUZA, I. A.; CORNEJO, L.C. Z. Atividade antifúngica e cinética de morte microbiana de extratos obtidos de *Streptomyces* spp. isolados de solos paraibanos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.1, p. 60-64, 2010.

PANDEY, A.; ALI, I.; BUTOLA, K. S.; CHATTERJI, T.; SINGH, V. Isolation and characterization of actinomycetes from soil and evaluation of antibacterial activities of actinomycetes against pathogens. **International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology**, v.2, n.4, p. 384-392, 2011.

PHILIP, C.; SHRIVASTAVA, A. K.; RAJAK, R. C. Biochemical and morphological diversity of actinomycetes Isolate from gelatin factory, Jabalpur (MP). **Environment & Ecology**, v.30, n.1, p. 201-205, 2012.

POLTI, M. A.; ATJIÁNA, M. C.; AMOROSO, M. J.; ABATE, C. M. Soil chromium bioremediation: Synergic activity of actinobacteria and plants. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.65, p. 1175-1181, 2011.

PRADO, D. E. **As caatingas da América do Sul**. In “Ecologia e Conservação da Caatinga. Inara R. Leal, Marcelo Taberelli & José Maria Cardoso da Silva, 3º Edição – Editora Universitária. 2008.

PRAUSER, H. Aptness and application of colour codes for exact description of colours of streptomycetes. **Zeitschrift für allgemeine Mikrobiologie**, v.4, p. 95-98, 1964.

PRIYADHARSINI, P.; DHANASEKARAN, D. Diversity of soil allelopathic actinobacteria in Tiruchirappalli district, Tamilnadu, India. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, p. 54-60, 2015.

QIN, S.; XING, K.; JIANG, J. H.; XU, L.; LI, W. J. Biodiversity, bioactive natural products and biotechnological potential of plant-associated endophytic actinobacterias. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.89, n.3 p. 457-473,

2011.

SADEGHI, A.; KARIMI, E.; DAHAZI, P. A.; JAVID, M. G.; DALVAND, Y.; ASKARI, H. Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil condition. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.28, n.4, p. 1503-1509, 2012.

SELVAM, K.; VISHNUPRIYA, B.; YAMUNA, M. Isolation and description of keratinase producing marine actinobacteria from South Indian Coastal Region. **African Journal of Biotechnology**, v.12, n.1, p. 19-26, 2013.

SHARMA, M. Actinomycetes: Source, identification, and their applications. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science**, v.3, n.2, p. 801-832, 2014.

SHIRLING, E. B.; GOTTLIEB, D. Methods for characterization of *Streptomyces* species. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.16, p. 313-340, 1966.

SILVA, M. S.; SALES, A. N.; MAGALHÃES-GUEDES, K. T.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Brazilian Cerrado soil actinobacteria ecology. **BioMed Research International**, p.1-10, 2013.

STROBEL, G.; DAISY, B.; CASTILLO, U.; HARPER, J. Natural products from endophytic microorganisms. **Journal of Natural Products**, v.67, n.2, p. 257-268, 2004.

TING, A. S. Y.; TAN, S. H.; WAI, M. K. Isolation and characterization of actinobacteria with antibacterial activity from soil and rhizosphere soil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.3, n.4, p. 4053-4059, 2009.

VIJAYAKUMAR, S.; MALATHI, R. Isolation, characterization and antibacterial activity of actinobacteria from dye polluted soils of Tirupur. **Medicine and Biology**, v.16, n 1, p. 43-48, 2014.

WILLIAMS, S. T.; SHARPE, M.E.; HOLT, J. G. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**. New York: Williams e Wilkins, v. 4, 1989, 2648p.