

CARACTERIZAÇÃO E DIVERSIDADE CROMOGÊNICA DE ACTINOBACTÉRIAS DE UM NICHOS MICROBIANO PRESERVADO NO BIOMA CAATINGA

Karoline Alves Ramos¹; Francisca Airiane Esteves de Brito²; Kássia Janielle Fernandes Nunes²; Claudia Miranda Martins³; Suzana Claudia Silveira Martins⁴

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

2 Estudante de Engenharia de Alimentos, Iniciação Científica, Depto de Biologia da Universidade Federal do Ceará

3 Profa Dra do Depto de Biologia da Universidade Federal do Ceará

4 Profa Dra do Depto 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

Actinobactérias são bactérias Gram-positivas que têm no solo seu principal reservatório. A diversidade cromogênica desse grupo é fonte de novos genes para produção de macromoléculas de interesse ecológico e biotecnológico. Por crescerem em condições extremas, se destacam em solos de clima quente e seco, como os do semiárido nordestino, particularmente no bioma Caatinga, onde ainda são escassos estudos sobre esse grupo microbiano. Assim, esse trabalho teve por objetivo caracterizar quanto à produção de pigmentos e consequente diversidade cromogênica actinobactérias do solo de um nicho microbiano preservado de distúrbios, na região semiárida do Estado do Ceará. Vinte e oito cepas de actinobactérias, oriundas de amostras de solo do Parque Nacional de Ubajara, foram inoculados em Ágar Caseinato Dextrose e incubados a 28°C por sete dias. Em seguida, as colônias foram reisoladas no mesmo meio de cultura e incubadas sob as condições já especificadas. As colônias foram avaliadas quanto à cor do micélio aéreo, pigmento reverso da colônia e pigmentos melanóides. Foram caracterizados 17 tipos cromogênicos de actinobactérias indicando a diversidade e o potencial do solo avaliado como reservatório desse grupo microbiano.

PALAVRAS-CHAVE: bactérias, pigmentos, semiárido, solo

CHARACTERIZATION AND CHROMOGENIC DIVERSITY OF ACTINOBACTERIA FROM UNDISTURBED MICROBIAL NICHE IN THE CAATINGA BIOME

ABSTRACT

Actinobacteria are Gram-positive soil bacteria which has its main reservoir. The chromogenic diversity of this group is a source of new genes for the production of macromolecules of ecological and biotechnological interest. Why grow in extreme conditions, stand out in hot and dry climate soils, such as the semiarid northeast, particularly in the Caatinga biome, where they are still few studies on this microbial group. Thus, this study aimed to characterize as the production of pigments and consequent diversity chromogenic actinobacteria of the soil microbial niche

preserved disorders, in the semiarid region of the State of Ceará. Twenty-eight isolates of actinobacteria derived from soil samples of Ubajara National Park, a conservation unity, were inoculated in Agar caseinate Dextrose and incubated at 28 ° C for seven days. Then, the colonies were re-isolated in the same culture medium and incubated under the conditions specified above. The colonies were evaluated for color aerial mycelium, reverse pigment colony and melanoid pigments. Seventeen chromogenic types of actinomycetes were characterized indicating the diversity and soil evaluated as potential reservoir of this microbial group.

KEYWORDS: pigments, semiarid, soil, bacteria

INTRODUÇÃO

Actinobactérias são bactérias Gram-positivas com elevada concentração de G + C (guanina, citosina) no DNA (SHARMA & DAVID, 2012), encontradas em diversos ambientes, mas de modo particular no solo (VELAYUDHAM & MURUNGAN, 2012). Essas bactérias se destacam pela produção de pigmentos em tons de azul, violeta, vermelho, rosa, amarelo, verde, marrom e preto, que podem se apresentar dissolvidos no meio ou retidos no micélio (AMSAVENI et al., 2015). Essas substâncias não são essenciais para o crescimento microbiano, mas desempenham importante papel ecológico, uma vez que contribuem para a sobrevivência e competitividade dos micro-organismos (SHARMA, 2014; OLIVEIRA et al., 2014).

Entre os corantes produzidos pelas actinobactérias destacam-se dois grupos: carotenóides e melanóides. O primeiro compreende uma família de terpenóides com coloração variando de amarelo para laranja-vermelho. Os melanóides são polímeros de coloração marrom escura que além de representarem um importante critério taxonômico também se destacam pela similaridade com as substâncias húmicas do solo (DASTAGER et al., 2006). As melaninas são descritas como " armadura " de proteção das actinobactérias contra diferentes situações de estresse ambiental, tais como a radiação ultravioleta e temperaturas extremas (BUTLER & DAY, 1998). Ainda sob o ponto de vista ecológico, algumas corantes apresentam atividade antimicrobiana atuando direta e/ou indiretamente na promoção de crescimento de plantas (MIYAUCHI, 2012).

Cumprе ressaltar que, corantes sintéticos ainda são amplamente utilizados na produção de alimentos, indústrias têxteis, de papel, em práticas agrícolas e em laboratórios de pesquisas. Tendo em vista os efeitos tóxicos e poluidor desses compostos, constata-se um esforço renovado na pesquisa por corantes naturais (AMSAVENI et al., 2015). Essas substâncias, além de aumentar o valor comercial dos produtos, também exibem atividades biológicas como ação antioxidante e anticancerígena (MALIK, 2012). Assim, além da importância ecológica e taxonômica, os pigmentos produzidos pelas actinobactérias se constituem um atrativo para seleção de cepas com potencial ecológico e biotecnológico (AMAL et al., 2011).

A princípio, as actinobactérias foram classificadas como fungos, por compartilhar características comuns a esse grupo, tais como colônias pulverulentas, formação de hifas, micélio aéreo de diferentes tonalidades e disseminação de esporos (UJIKAWA, 2003). Entretanto, a ausência de um núcleo, a presença de flagelos e a sensibilidade a fagos e antibióticos induziram os pesquisadores a acreditar tratar-se de um grupo intermediário, entre fungos e bactérias (RAO et al., 2013).

A população de actinobactérias em um determinado solo é afetada pela localização geográfica, temperatura e tipo de solo, pH, teor de matéria orgânica, tipo de cultivo, aeração e umidade (ARIFUZZAMAN et al., 2010). Assim, embora o solo seja o principal habitat das actinobactérias, a busca por nichos ecológicos inexplorados é crucial para a descoberta de novas cepas (WANG et al., 2008).

Diante do exposto, e tendo em vista a importância ecológica e biotecnológica de actinobactérias e a escassez de estudos em regiões do semiárido, esse trabalho teve por objetivo caracterizar e avaliar a diversidade cromogênica de actinobactérias de uma área de preservação ambiental do bioma Caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

Actinobactérias

Foram avaliadas 28 cepas de actinobactérias oriundas 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, 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 – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) processo número 32890-3 e não envolve risco ou espécies protegidas.

Purificação e caracterização dos isolados

Cada cepa foi inoculada por estrias em placas de Petri contendo meio seletivo para actinobactérias, CDA 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 (ARIFUZZAMAN et al., 2010). As placas foram incubadas em B.O.D. a 28 °C por sete dias. Para descrição das características cromogênicas foram avaliados (1) cor do micélio aéreo, (2) cor do reverso da colônia e (3) produção de pigmentos melanóides. Quanto às cores do micélio as colônias foram classificadas em branco, cinza, vermelho, verde, azul e violeta (PRAUSER, 1964). Quando a cor massa aérea ficou entre duas cores da série, ambas foram consideradas (SHIRLING & GOTTLIEB, 1966). Para avaliação da cor do reverso das colônias as cepas foram divididas em dois grupos, distintivas (+) e não distintivas (-), conforme a capacidade de produzir pigmentos característicos. No caso, de uma cor com baixa saturação, como amarelo-pálido, oliva ou marrom amarelada, a cepa foi incluída no segundo grupo, as demais cores foram classificadas como distintivas. Colônias com colorações marrom-esverdeada, marrom-escuro e castanho foram agrupadas como produtoras de pigmentos melanóide (presente) e as que não exibiram essas cores foram classificadas como não produtoras (ausente) (SHARMA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cepas de actinobactérias foram classificadas em 17 tipos cromogênicos (Quadro 1).

QUADRO 1 Características culturais das cepas de actinobactérias

Tipos culturais	Cepas	Micélio aéreo	Lado reverso	Pigmentos melanóides
1	UB-01-R1 UB-10-R1	Branco	Branco	Ausente
2	UB-05-R1 UB-10-R3 UB-14-R1 UB-05-R3 UB-07-R1 UB-09-R1 UB-11-R2 UB-13-R1 UB-15-R2	Indefinida	Branco	Ausente
3	UB-07-R2 UB-10-R2 UB-17-R1	Branco	Amarelo-pálida	Ausente
4	UB-03-R1	Branco	Branco e castanho	Presente
5	UB-03-R2	Indefinida	Castanho	Presente
6	UB-04-R1	Castanho	Castanho	Presente
7	UB-04-R2	Branco	Amarelo	Ausente
8	UB-05-R2	Indefinida	Amarelo-pálido	Ausente
9	UB-06-R1	Castanho - acinzentado	Castanho	Presente
10	UB-07-R3	Cinza	Amarelo-pálida	Ausente
11	UB-08-R1	Branco e Preta	Amarelo	Ausente
12	UB-09-R2	Castanho-acinzentado	Cinza	Ausente
13	UB-13-R2	Castanho-acinzentado	Rosa	Presente
14	UB-17-R2	Amarela pálida	Amarelo-pálida	Ausente
15	UB-18-R2	Amarela e preta	Branco	Ausente
16	UB-18-R3	Castanho acinzentada	Branco	Presente
17	UB-20-R2	Indefinida	Amarelo-pálida	Ausente

A produção de pigmentos é uma característica taxonômica das actinobactérias. Estes pigmentos são descritos em tons de azul, violeta, vermelho, rosa, amarelo, verde, marrom e preto, que podem estar dissolvidos no meio ou retidos no micélio (AMAL et al., 2011). No presente estudo, embora em 42,8% dos isolados (UB-05-R1, UB-10-R3, UB-14-R1, UB-05-R3, UB-07-R1, UB-09-R1, UB-11-R2, UB-13-R1, UB-15-R2, UB-07-R2, UB-10-R2, UB-17-R1) não tenha sido possível definir a cor no micélio aéreo, foi possível constatar a produção de pigmentos. Nos isolados restantes a coloração predominante foi branco (UB-01-R1, UB-10-R1, UB-07-R2, UB-17-R1, UB-03-R1, UB-04-R2) (17,9%) seguido do castanho-acinzentado (UB-06-R1, UB-09-R2, UB-13-R2, UB-18-R3) (14,3%) e igualmente distribuída entre as tonalidades, castanho (UB-04-R1) (3,57%), cinza (UB-07-R3) (3,57%), branca e preta (UB-08-R1) (3,57%), amarelo-pálida (UB-17-R2) (3,57%) e amarela e preta

(UB-18-R2) (3,57%) (Figura 1), confirmando a produção de pigmentos retidos no micélio. SILVA (2013) avaliando as características macroscópicas de 36 cepas de actinobactérias isoladas do solo rizosférico do bioma Caatinga, registraram as mesmas tonalidades observadas no atual estudo, embora a coloração predominante tenha sido cinza 50% (18), seguido de 30,6% (11) com micélio castanho e 19,4% (7) micélio branco.



FIGURA 1 Porcentagem das colorações do micélio aéreo das cepas de actinobactérias isoladas

A análise do lado reverso das colônias revelou que 53,6% das cepas foram de cor branca (UB-01-R1, UB-10-R1, UB-05-R1, UB-10-R3, UB-14-R1, UB-05-R3, UB-07-R1, UB-09-R1, UB-11-R2, UB-13-R1, UB-15-R2, UB-03-R1, UB-18-R2, UB-18-R3). A cepa UB-13-R2, exibiu um pigmento de cor rosa. Nas demais, foram observadas cromogênese amarela (UB-08-R1), castanho (UB-03-R2, UB-04-R1, UB-06-R1) e cinza (UB-09-R2). As cepas (UB-07-R2, UB-10-R2, UB-17-R1, UB-05-R2, UB-07-R3, UB-17-R2, UB-20-R2) num total de 28,6% apresentaram uma coloração amarelo-pálida e foram classificadas como distintivas (Figura 2).

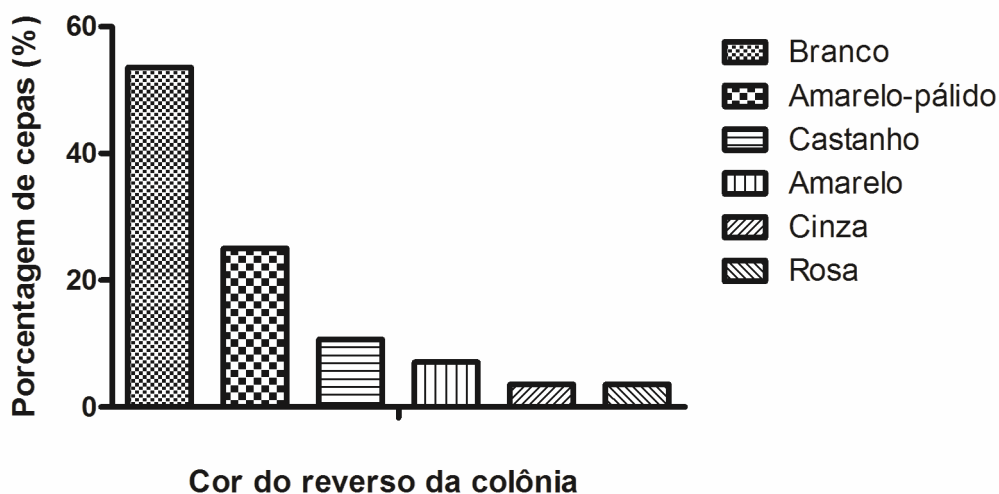


FIGURA 2 Porcentagem das colorações do reverso das colônias das cepas de actinobactérias isoladas

AMSAVENI et al. (2015) observaram que entre 26 cepas de actinobactérias do solo da Índia, 54% foram pigmentadas e 46% não pigmentadas. Embora se tratando de ecossistemas diferentes, esses resultados foram semelhantes ao do presente estudo, onde das 28 cepas avaliadas quanto à cromogênese do reverso da colônia, 46,4% não apresentaram pigmentos, enquanto em 53,5% essa característica esteve presente.

Segundo ROMERO et al. (2012) as actinobactérias produtoras de pigmentos carotenoides podem ser detectadas de forma rápida pela cor de suas colônias. Os gêneros que produzem esses pigmentos estão distribuídos em diferentes subordens e nas classes da ordem *Actinomycetales*. O quadro 2 apresenta uma relação entre gêneros e cores de colônias de actinobactérias.

QUADRO 2 Lista de gêneros e cores (amarelo, rosa, laranja e vermelho) que podem ser encontrados em actinobactérias produtoras de pigmentos carotenóides

Cor básica	Tonalidade	Gêneros
Amarelo	amarelo-pálido	<i>Actinoplanes</i> , <i>Agrococcus</i> , <i>Arsenicicoccus</i> , <i>Cellulomonas</i> , <i>Kocuria</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Rhodococcus</i> , <i>Serinicoccus</i> , <i>Streptomyces</i>
	amarelo intenso	<i>Rhodococcus</i>
	amarelo laranja	<i>Microcella</i> , <i>Rhodococcus</i>
	amarelo-esverdeado	<i>Kocuria</i> , <i>Leifsonia</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Rhodococcus</i>
Rosa		<i>Arthrobacter</i> , <i>Gordonia</i>
Laranja-avermelhado		<i>Blastococcus</i> , <i>Dietzia</i> , <i>Microcella</i> , <i>Micromonospora</i> , <i>Nocardia</i> , <i>Rhodococcus</i> , <i>Salinibacterium</i> , <i>Streptomyces</i> , <i>Verrucosipora</i>

Fonte: ROMERO et al. (2012)

Assim, embora não seja objetivo do presente estudo a identificação das cepas, estas podem pertencer aos gêneros descritos no quadro 3.

QUADRO 3 Possíveis gêneros de actinobactérias das cepas avaliadas em função da coloração das colônias segundo ROMERO et al. (2012)

Cepas	Cores das colônias	Prováveis gêneros
UB-07-R2, UB-10-R2, UB-17-R1, UB-05-R2, UB-07-R3, UB-17-R2, UB-20-R2	creme-pálida	<i>Actinoplanes</i> , <i>Agrococcus</i> , <i>Arsenicococcus</i> , <i>Cellulomonas</i> , <i>Kocuria</i> , <i>Rhodococcus</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Serinicoccus</i> , <i>Streptomyces</i>
UB-08-R1, UB-04-R2	amarelo intenso	<i>Rhodococcus</i>
UB-13-R2	rosa	<i>Arthrobacter</i> , <i>Gordonia</i>

Apesar dos resultados serem preliminares, solos áridos tendem a conter gêneros raros, como *Actinoplanes* (TSUJIBO et al., 2003). A cepa UB-13-R2 apresentou coloração sugestiva dos gêneros *Arthrobacter* e *Gordonia*, enquanto UB-08-R1, UB-04-R2, exibiram um pigmento característico do gênero *Rhodococcus*. RADWAN et al. (1995) reportaram o isolamento desse gênero do solo de deserto, região com condições ambientais extremas.

Pigmentos carotenoides têm recebido atenção considerável devido os potenciais efeitos benéficos na saúde humana. Devido às suas atividades biológicas também podem ter aplicações, nas indústrias de alimentos e farmacêuticas. A produção comercial de carotenoides ainda é realizada principalmente por extração de tecidos de plantas ou por síntese química; no entanto, a produção microbiana também tem um grande potencial em termos de eficiência (DHARMARAJ et al., 2009).

Actinobactérias também sintetizam e excretam pigmentos escuros de melanina ou melanóide, que são considerados um importante critério para estudo taxonômico (DASTAGER et al., 2006). Seis cepas (UB-03-R1, UB-03-R2, UB-04-R1, UB-06-R1, UB-13-R2 e UB-18-R3), representando 21,4% do total das cepas avaliadas, foram produtoras de pigmentos melanóides (Figura 3).

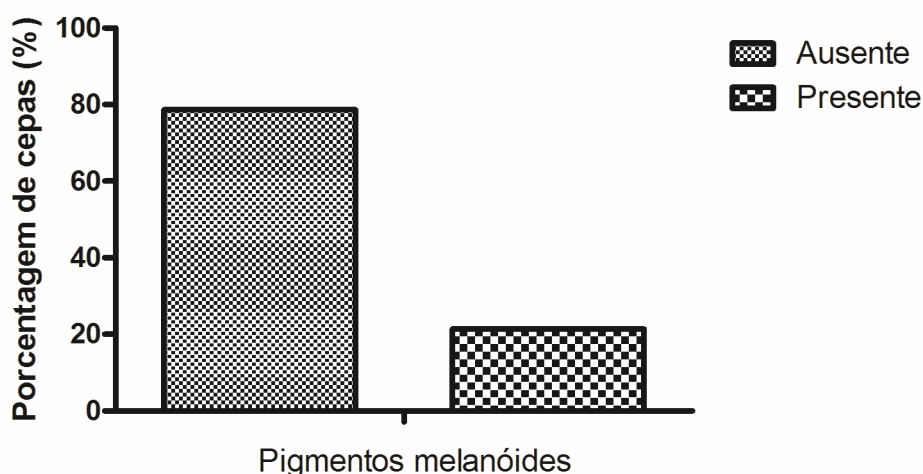


FIGURA 3 Porcentagem das cepas de actinobactérias produtoras de pigmentos melanóides

Acredita-se que a melanina atua protegendo o micro-organismo contra o estresse ambiental. Bactérias produtoras de melanina também são mais resistentes a antibióticos (LIN et al., 2005) e radiação gama (AHMED et al., 2014). AMAL et al. (2011) avaliaram 30 cepas de *Streptomyces* quanto a produção de melanina para aplicação em indústrias de estampagem e tingimento. Os autores registraram que somente quatro cepas (13,3%) exibiram referida característica. JANAKI et al. (2014) avaliando actinobactérias de sedimentos do mangue constataram que 18% das culturas produziram pigmentos melanóides.

Para MIYAURA & TATSUMI (1961) actinobactérias produzem vários tipos de antibióticos e, estes incluem diferentes pigmentos. Nessa perspectiva, as cepas obtidas no presente estudo também representam uma fonte potencial para produção de antibióticos.

CONCLUSÕES

As cepas com diferentes cores indicaram o elevado grau de diversidade cromogênica das actinobactérias do solo de uma área preservada do bioma Caatinga. Estas apresentam potencial para produção de pigmentos de interesse industrial bem como inóculo biológico em áreas de elevado estresse ambiental. A caracterização em tipos cromogênicos facilitará futuros estudos ecológicos da comunidade bacteriana nessa área de preservação ambiental.

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

AHMED, E.S.; KEYBA, H.M.; MOUSSA, L.A. Gamma ray induced effects on new species of *Streptomyces* (AEFO2) (HM775973.1G1:302495616) isolated from egyptian soil. *International Journal of Bioassays*. V.3 , n. 12 p.3586-3593, 2014.

AMAL, A. M.; ABEER, K. A.; SAMIA, H. M.; ABD EL-NASSER H. N.; AHMED, K. A.; EL-HENNAWI, H. M. Selection of pigment (Melanin) production in *Streptomyces* and their application in printing and dyeing of wool fabrics. **Research Journal of Chemical Sciences**. v.1, n.5, p. 22-28, 2011.

AMSAVENI, R.; SURESHKUMAR, M.; VIVEKANANDHAN, G.; BHUVANESHWARI, V.; KALAISELVI, M. Screening and isolation of pigment producing Actinomycetes from soil samples. **International Journal of Biosciences and Nanosciences**. v.2, n.2, p. 24-28, 2015.

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.

BUTLER, M.J.; DAY, A.W. Fungal melanins: a review. **Canadian Journal of Microbiology**. v. 44, n.12, p. 1115–1136, 1998

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

DHARMARAJ, S.; ASHOKKUMAR, B.; DHEVENDARAN, K. Fermentative production of carotenoids from marine actinomycetes. **Iranian Journal of Microbiology**. v. 1, n.4, p.36-41, 2009.

DASTAGER, S. G.; WEN-JUN, L.; DAYANAND, A.; SHU-KUN, T.; XIN-PENG, T., XIAO-YANG, Z.; LI-HUA, X.; CHENG-LIN, J. Separation, identification and analysis of pigment (melanin) production in *Streptomyces*. **African Journal of Biotechnology**. v.5, n.8, p. 1131-1134, 2006.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). 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

JANAKI, T.; NAYAK, B. K.; GANESAN, T. Different pre-treatment methods in selective isolation of Actinomycetes from mangrove sediments of Ariyankuppam back water estuary, Puducherry. **International Journal of Advanced Research in Biology Sciences**. v.1, n.6, p. 154-163, 2014.

LIN, W. P.; LAI, H. L.; LIU, Y. L.; CHIUNG, Y. M.; SHIAU, C.Y; HAN, J. M.; YANG, C. M.; LIU, Y.T. Effect of melanin produced by a recombinant *Escherichia coli* on antibacterial activity of antibiotics. **Journal of Microbiology Immunology and Infection**. v.38. n.5, p. 320-326, 2005.

MALIK, K.; TOKKAS, J.; GOYAL, S. Microbial Pigments: A review. **International Journal of Microbial Resource Technology**. v.1, n.4, p. 361-365, 2012.

MIYAURA, J.; TATSUMI, C. Studies on the antibiotics from Actinomycetes. An antibiotics pigment from *Streptomyces* F- 23b. **Bulletin of the University of Osaka Prefecture. Ser. B, Agriculture and Biology**. v.12, p. 129-137, 1961.

MIYAUCHI, M. Y. H. **Biocontrole de fungos patogênicos por actinobactérias isoladas de rizosfera de *Araucaria angustifolia***. 2012. 106 f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA, A. P. G.; SABINO, S. M.; GANDINE, S. M.; MOULIN, T.; AMARAL, A. A. Importância das actinobactérias em processos ecológicos, industriais e econômicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18; p. 3938-3952, 2014.

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.

RADWAN, S.S.; SORKHOH, N.A.; FARDOUN, F.; AL-HASAN, R.H. Soil management enhancing hydrocarbon biodegradation in the polluted Kuwaiti desert. **Applied Microbiology and Biotechnology**. v. 44, p. 265-270, 1995.

RAO, V. R. Isolation and screening of antagonistic actinomycetes from mangrove soil. **Innovare Journal of Life Sciences**. v.1, n.3, p. 28-31, 2013.

ROMERO, F.; FERNÁNDEZ-CHIMENO, R. I.; DE LA FUENTE, J. L.; BARREDO, J. L. Selection and taxonomic identification of carotenoid-producing marine Actinomycetes. **Microbial carotenoids from bacteria and microalgae: methods and protocols**. Methods in Molecular Biology. v. 892, p. 13-20, 2012.

SHARMA, S. C. V.; DAVID, E. A comparative study on selected marine actinomycetes from Pulicat, Muttukadu, and Ennore estuaries. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, 1827-1834, 2012.

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, G. L. **Bioprospecção de actinobactérias isoladas da rizosfera de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. do bioma Caatinga**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

TSUJIBO, H.; KUBOTA, T.; YAMAMOTO, M.; MIYAMOTO, K.; INAMORI, Y. Characteristics of chitinase genes from an alkaliphilic actinomycete, *Nocardopsis prasina* OPC-131. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 69, p. 894-900, 2003.

UJIKAWA, K. Antibióticos antifúngicos produzidos por actinomicetos do Brasil e sua determinação preliminar nos meios experimentais. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**. v.39, n.2, p. 149- 158, 2003.

VELAYUDHAM, S.; MURUNGAN, K. Diversity and antibacterial screening of actinomycetes from javadi hill forest soil, Tamilnadu, India. **Journal of Microbiology Research**. v. 2, n.2, p. 41- 46, 2012.

WANG,Y. X.; CAI, M.; ZHI, X. Y.; ZHANG,Y. Q.; TANG,S. K.; XU, L. H.; CUI, X. L.; LI, W. J. *Microlunatus aurantiacus* sp. nov., a novel actinobacterium isolated from a rhizosphere soil sample. **International Journal of Systematic and Evolutionary**

Microbiology. v. 58, p. 1873-1877, 2008.