



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ERIKA OLIVEIRA COELHO

**ATIVIDADE LIPOLÍTICA *IN VITRO* DE ACTINOBACTERIAS EM CONDIÇÕES
ABIÓTICAS EXTREMAS**

FORTALEZA

2019

ERIKA OLIVEIRA COELHO

ATIVIDADE LIPOLITICA *IN VITRO* DE ACTINOBACTERIAS EM CONDIÇÕES
ABIÓTICAS EXTREMAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará. Como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas

Orientadora: Prof^a. Dra. Suzana Cláudia Silveira Martins. Co-orientador: Me. Fernando Gouveia Cavalcante.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C615a Coelho, Erika Oliveira.
Atividade lipolítica in vitro de actinobactérias em condições abióticas extremas / Erika Oliveira Coelho. –
2019.
36 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Suzana Cláudia Silveira Martins.
Coorientação: Prof. Dr. Fernando Gouveia Cavalcante.

1. Atividade Enzimática. 2. Semiárido. 3. Salinidade. 4. Ph. 5. Temperatura. I. Título.

CDD 570

ERIKA OLIVEIRA COELHO

ATIVIDADE LIPOLITICA *IN VITRO* DE ACTINOBACTERIAS EM CONDIÇÕES
ABIÓTICAS EXTREMAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará. Como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Suzana Cláudia Silveira Martins (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Fernando Gouveia Cavalcante (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Claudia Miranda Martins
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

AGRADECIMENTOS

A professoras Suzana Cláudia Silveira Martins e Claudia Miranda Martins por me aceitarem no LAMAB para que eu pudesse realizar essa pesquisa.

Ao meu grande amigo Fernando por sempre tentar me mostrar o melhor caminho em relação à pesquisa.

As todos os colaboradores do LAMAB por dividirem seus conhecimentos laboratoriais comigo.

Aos meus pais Maria e Pedro por sempre estarem do meu lado e me mostrado o lado positivo da vida.

Ao meu marido Mairton que está do meu lado sempre que preciso.

E a vida por ser maravilhosa e intrigante.

RESUMO

A atividade enzimática dos microrganismos no solo contribui para disponibilização de nutrientes, permitindo a compreensão da estrutura e funcionamento da comunidade microbiana e demais processos ecossistêmicos. As actinobactérias se constituem um grupo bacteriano abundante no solo, no qual se destacam por produzir substâncias importantes para o meio ambiente, como as enzimas extracelulares. Sua ocorrência em ambientes extremos é função de mecanismos adaptativos que promovem a seleção de cepas com potencial biotecnológico e ecológico. Entre essas enzimas as lipolíticas permitem a degradação de lipídios complexos, cujos produtos resultantes são utilizados para o crescimento de outros microrganismos. Essas atividades enzimáticas são afetadas por fatores abióticos como temperatura, pH, e salinidade, os quais podem influenciar na atividade microbiana limitando sua capacidade metabólica. Analisou-se a atividade lipolítica de actinobactérias provenientes do Parque Nacional de Ubajara (Ce), uma região semiárida Brasileira, onde 84% das cepas testada foram positivas. Essas cepas foram submetidas a testes fisiológicos de salinidade, pH e temperatura. Em concentrações salinas de 1% 2% e 3% as cepas mostraram bom desempenho destacando-se a cepa UB20 que cresceu em todos os meios salinos. Nas faixas de pHs as cepas demonstraram um crescimento melhor nos valores de pH 7 e 9 destacando-se as cepas UB02, UB03, UB04 e UB23 que apresentaram atividade lipolítica em todos os pHs. No teste de temperatura 63,16% das amostras não apresentaram atividade nas temperaturas testadas. Os resultados indicaram o potencial de cepas de actinobactérias para produção de lipase e que esta atividade sofre influência de fatores abióticos extremos.

Palavras-chave: atividade enzimática, semiárido, salinidade, pH, temperatura, lipase.

ABSTRACT

The enzymatic activity of the microorganisms in the soil contributes to the availability of nutrients, allowing the understanding of the structure and functioning of the microbial community and other ecosystem processes. Actinobacteria constitute a bacterial group abundant in the soil, in which they stand out for producing important substances for the environment, as the extracellular enzymes. Its occurrence in extreme environments is a function of adaptive mechanisms that promote the selection of strains with biotechnological and ecological potential. Among these enzymes the lipolytics allow the degradation of complex lipids, whose resulting products are used for the growth of other microorganisms. These enzymatic activities are affected by abiotic factors such as temperature, pH, and salinity, which can drastically influence microbial activity by limiting the capacity of their metabolic capacity. The present study aims to evaluate the production of lipolytic activity in vitro and the influence of abiotic factors on these activities. Analyze a lipolytic activity of bacterial activities of Parque Nacional de Ubajara(CE), a Brazilian semiarid region, where 84% of the tested strains are active. The samples that obtained enzymatic activity were submitted to physiological salinity, pH and temperature tests. in the pH tests, as the samples show a better growth in the pH values 7 and 9, standing out as the samples UB02, UB03, UB04 and UB23, which exert lipolytic activity at all pHs. No temperature test 63.16% of the samples found no activity at the temperatures tested. The selected or potential results of active substances for lipase production and that this activity is influenced by extreme clinical factors.

Keywords: enzymatic activity, semiarid, salinity, pH, temperature, lipase.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivos gerais	10
2.2	Objetivos específicos	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1	Semiárido brasileiro	11
3.2	Lipases	13
3.3	As actinobacterias	15
4	Material e Método	17
4.1	Área de estudos	17
4.2	Actinobacterias	19
4.3	índice enzimático	19
4.4	Testes físico químicos	19
4.4.1	<i>Salinidade</i>	19
4.4.2	<i>pH</i>	20
4.4.3	<i>Temperatura</i>	20
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	21
5.1	Atividade lipolítica	21
5.2	Salinidade	22
5.3	pH	25
5.4	Temperatura	27
6	CONCLUSÃO	31
	REFERENCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Os microrganismos como todos os seres vivos apresentam limites de crescimento, e estes são determinados por fatores abióticos como pH, temperatura e salinidade. As condições abióticas extremas, afetam o crescimento, sobrevivência e estruturação das populações microbianas (GORLACH e COUTINHO, 2007).

Os solos das regiões semiáridas caracterizam-se pela baixa disponibilidade de nutrientes, devido à limitada atividade bioclimática associada à baixa precipitação pluviométrica e a utilização e drenagem deficiente da água, ocasionando solos com alta concentração de sais. O efeito negativo da salinização pode causar aumento da densidade, desestruturação, redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos comprometendo processos biológicos, como a fixação biológica de nitrogênio, pois prejudica a eficiência da simbiose (HOLANDA et al., 2007). Tal fato, afeta drasticamente a atividade microbiana dessas regiões limitando a capacidade metabólica dos microrganismos pela interferência dos sais nos processos fisiológicos.

As actinobactérias, amplamente distribuídas em diversos ecossistemas, são importantes colonizadoras dos solos semiáridos onde atuam como decompositoras de matéria orgânica por meio da produção de enzimas extracelulares. Também são produtoras de antibióticos, que participam do controle de bactérias patogênicas, promovendo o crescimento vegetal (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002; JEBAKUMAR, 2011).

Segundo Kennedy e Papendick (1995) é importante utilizar microrganismos como indicadores da qualidade dos solos, uma vez que esses seres respondem rapidamente as mudanças que ocorrem no ecossistema e ainda atuam em muitas atividades simbióticas para a manutenção do ecossistema.

Portanto, estudar a atividade microbiana no solo a partir de enzimas tem sido de grande interesse em pesquisas, pois além de avaliar o potencial do organismo na degradação de compostos orgânicos também permite a compreensão das relações entre disponibilidade de recursos, estrutura e função da comunidade microbiana e processos do ecossistema (BURNS et al., 2013).

Tabatai (1994) destaca que todos os organismos vivos presentes no solo, tais como microrganismos, raízes de plantas e invertebrados, contribuem com grande variedade de enzimas. Elas estão usualmente associadas com a proliferação de células viáveis, mas podem ser excretadas de uma célula viva ou liberadas na solução do solo a partir de células mortas.

Entre as enzimas produzidas pelas actinobactérias destaca-se a lipase, que catalisa a

hidrólise de triacilgliceróis, diacilgliceróis, monoacilgliceróis, ácidos graxos e glicerol, liberando nutrientes para o crescimento da comunidade microbiana. As lipases possuem aplicações na indústria alimentar, química e farmacêutica, além de apresentar potencial para o tratamento de efluentes com elevado teor lipídico (HASAN et al., 2006; SIRISHA et al., 2010).

Os microrganismos que produzem enzimas capazes de degradar lipídios apresentam vantagens, sobre os ambientes que sofre limitações de recursos (ASHOKVARDHAN et al., 2014) sendo importante sua investigação em habitats extremos de pH, salinidade e temperatura onde podem ser detectadas cepas com potencial ecológico e biotecnológico.

Como as demais enzimas, as lipases bacterianas são influenciadas por fatores nutricionais e físico-químicos, como temperatura, pH, fontes de carbono, nitrogênio, sais inorgânicos e concentração de oxigênio dissolvido (AMSAVENI et al., 2015). Logo ambientes com condições extremas podem afetar a atividade lipolítica.

Contudo, as actinobactérias conseguem crescer em condições de pH e salinidade extremas e ainda apresentam atividade enzimática satisfatória. Ramos et al, (2018) explicam que as actinobactérias presentes no solo do Parque Nacional de Ubajara, território pertencente a região semiárida cearense, possuem atividade amilolítica em condições de pH e salinidade extremas, e isto, caracteriza uma alta adaptabilidade das actinobactérias aos solos semiáridos.

Diante do exposto o presente estudo teve como objetivo avaliar *in vitro* a influência dos fatores abióticos: pH, salinidade e temperatura na atividade lipolítica de actinobactérias presentes no solo do Parque Nacional de Ubajara.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar *in vitro* como pressões abióticas influenciam a atividade lipolítica de actinobactérias isoladas de uma região do semiárido.

2.2 Específicos

- Avaliar atividade lipolítica em cepas de actinobactérias do solo do Parque Nacional de Ubajara
- Avaliar a atividade lipolítica de cepas de actinobactérias do Parque Nacional de Ubajara nas concentrações salinas de (NaCl) 1%, 2%, 3 % e 4%.
- Avaliar a atividade lipolítica de cepas de actinobactérias do Parque Nacional de Ubajara nos pHs 4, 5, 7 e 9.
- Avaliar a atividade lipolítica de actinobactérias do Parque Nacional de Ubajara em temperaturas de 39 °C, 41°C, 43°C e 45°C.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Segundo Silva (2010) o semiárido brasileiro compreende uma área de 982563,3 km², onde constam 1133 municípios, com uma população que excede os 200 milhões de



habitantes (Figura 1).

Figura 1 – Mapa do semiárido nordestino

Fonte: Sinal Verde, 2019.

A maior parte do semiárido brasileiro está contida na região Nordeste, na parte central, onde estão os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Sergipe, além desses estados nordestinos a parte norte do estado Minas Gerais também é uma área semiárida.

O semiárido é marcado por altas temperaturas e baixos índices pluviométricos, que se concentram em média em três meses do primeiro semestre do ano, que popularmente é chamado de inverno, mas na realidade é apenas uma quadra chuvosa, já que essa região não possui estações definidas (Silva, 2010).

Devido à baixa pluviosidade e as altas temperaturas, as populações que vivem na região semiárida, tanto humana como de outros seres vivos sofrem com a falta de água. Nas últimas décadas foram criadas políticas de armazenamento de água em cisternas e a criação de açudes para minimizar a problemática. Porém, a região semiárida vem sofrendo uma forte

estiagem, e a maioria dos reservatórios de água estão com volumes reduzidos (Marengo et al. 2011).

Segundo Correia et al. (2011) outra problemática da região semiárida é a alta taxa de evapotranspiração, devido as altas temperaturas. Por isso, a problemática da falta de água se torna mais preponderante. E os solos são secos e rasos.

O clima da região semiárida é quente e seco, desta forma “ao clima estão adaptados a vegetação e os processos de formação do relevo, com predomínio de um processo sobre outro e de acordo com a época do ano, período seco ou chuvoso”. Segundo Araújo (2011) a região semiárida apresenta certa variedade de paisagens, sobretudo, devido aos microclimas de altitude presentes nas serras. Contudo, a grande parte das fisionomias desta região ao clima quente e seco, a exemplo da Caatinga.

Segundo Silva (2000) parte do relevo da região semiárida é plana, uma vez que a maior parte do seu território está contida na Depressão Sertaneja. E áreas de maior altitude são as chapadas e serras, que já apresentam uma alta erosão devido às atividades humanas.

Os relevos das chapadas e serras garantem mosaicos de vegetação diferentes da paisagem da Caatinga, isso se deve ao aumento da altitude e a conseqüente mudança do clima predominante, aumentando a taxa pluviométrica, a exemplo, a Serra de Guaramiranga, que apresenta fisionomia e clima diferentes do predominante na região semiárida.

Segundo Correia et al. (2011) a Caatinga é a fisionomia predominante da região semiárida, conseqüentemente sua vegetação é adaptada ao clima quente e ao baixo índice pluviométrico. Exemplos dessas adaptações são: a presença de espinhos, cutículas impermeáveis, queda das folhas, sistemas de armazenamento de água em raízes e caules modificados e mecanismos fisiológicos que permitem classificá-las como plantas xerófilas.

Embora a região semiárida apresente problemas hídricos, os solos são quimicamente ricos, e há uma alta biodiversidade. Contudo, historicamente esse território vem sofrendo uma forte degradação, aumentando os índices de desertificação. Perez et al. (2013) mencionam que mais da metade do território semiárido já está suscetível a processos de desertificação e isso se dá pela forte utilização dos recursos da área sem um plano de manejo adequado.

Dentre os causadores da desertificação do semiárido brasileiro é importante citar o elevado índice de desmatamento para plantação de monoculturas aliado à agropecuária e também a forte erosão dos solos. A crescente desertificação ameaça a biodiversidade e a sobrevivência da população da região (Cunha et. al., 2010).

Nesse ambiente hostil, microrganismos produtores de enzimas contribuem

diretamente para manutenção dos serviços ecossistêmicos e para disponibilização de nutrientes a partir de substratos complexos.

3.2 LIPASES

As lipases são enzimas pertencentes ao grupo das serinas hidrolases, em que seus substratos naturais são os triglicerídeos. Tais enzimas conseguem catalisar reações de hidrólise, esterificação, transesterificação e lactonização (BORGSTON; BROCKMAN, 1984).

A atividade das lipases aumenta na interface polar/apolar dos seus substratos, pois nesta localização as enzimas estão em um melhor equilíbrio termodinâmico e esta conformação coloca o sítio ativo da enzima em posição favorável para catálise (BORGSTON; BROCKMAN, 1984).

Gandhi (1997) afirma que as lipases apresentam uma variedade de aplicações, devido a sua versatilidade de catalise. E a indústria alimentícia aproveita esse enorme potencial como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Aplicação das lipases na indústria de alimentos

Indústrias	Aplicação
Laticínios	Hidrólise da gordura do leite
Cervejaria	Aumento do aroma, da qualidade e tempo de vida na prateleira
Molhos e condimentos	Aumento do aroma e aceleração do processo fermentativo
Óleos e gorduras	Aumento das propriedades funcionais da gema de ovo.
Processamento de carne	Desenvolvimento de aromas e redução das gorduras

Fonte: GHANDI, 1997, adaptada

A produção de lipases por microrganismos é de grande importância para a indústria, uma vez que a obtenção em larga escala se dá através desse meio. Além disso, microrganismos que produzem lipases podem contaminar alimentos, sobretudo, óleos e laticínios (HAMMED, 2006).

A caracterização das enzimas da classe das lipases é importante para a conservação de alimentos, biorremediação e produção de remédios. Por isso, é comum a purificação e o teste da atividade ótima dessas enzimas.

A atividade lipolítica das lipases é importante para a quebra de substratos apolares, os lipídios, já que essas substâncias não podem se dissolver naturalmente em água. Sem a atividade de lipólise a digestão de gorduras e a consequente produção de energia a partir desse substrato seriam inviáveis.

A atividade lipolítica foi elucidada quando se notou que as lipases eram capazes

de quebrar moléculas lipídicas, então se procurou entender o mecanismo utilizado para a quebra das ligações dessas moléculas.

Um exemplo utilizado para entender esse mecanismo é atuação das lipases na digestão de gorduras no intestino humano. Como afirmam Nelson e Cox (2015):

Nelson e Cox (2015) descrevem que o principal substrato das lipases são os triacilgliceróis, que é formado pela esterificação entre o glicerol e três cadeias de ácidos graxos, logo a atividade lipolítica consiste na quebra das ligações entre o glicerol e as cadeias de ácidos graxos. Os produtos dessa quebra são absorvidos pelo epitélio intestinal.

“As lipases são as enzimas mais utilizadas na química orgânica sintética, catalisando a hidrólise de ésteres de ácidos carboxílicos em meio aquoso ou a reação reversa em solventes orgânicos” (REETZ, 2002).

A atividade lipolítica das lipases é determinada por fatores como temperatura, pH e a interferência de íons. É importante ressaltar que há uma variação dos valores ótimos desses fatores em consonância com a mudança da lipase analisada. Por exemplo, o pH ótimo de uma lipase produzida por um fungo pode não ser o mesmo pH ótimo da lipase produzida por um vegetal.

Segundo Nelson e Cox (2015) as lipases produzidas pelo pâncreas humano atuam em pH = 8,0 e temperatura de 37°C, enquanto as lipases produzidas pelo *Rhizopus sp* tem sua melhor ação em pH = 6,5 e temperatura de 40°C.

Deste modo, é possível perceber que a classe das lipases atua em diferentes gradientes de pH e temperatura. E por isso há uma variação na quantificação da atividade lipolítica.

Nelson e Cox (2015) deixam em evidência que a lipólise é diretamente influenciada pela temperatura, osmolaridade e pH, uma vez que essas enzimas têm composição proteica e podem sofrer desnaturação e perder sua funcionalidade.

No entanto, não existe uma temperatura ou coeficiente de salinidade e um pH ótimo fixos para todas as lipases existentes, pois essas características dependem do organismo que produz e da sua localização.

A produção de lipases por microrganismos que colonizam os solos, sobretudo, as actinobactérias, é responsável pela degradação de macromoléculas complexas de natureza lipídica encontradas nos solos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Segundo Castro et. al, (2004) microrganismos que produzem lipases podem atuar em processos de biorremediação para tratar solos que estejam contaminados com óleos e gorduras, que são liberados por esgotos industriais e comerciais.

“A contaminação de solos e águas subterrâneas com hidrocarbonetos de petróleo tem sido objeto de muita preocupação nas últimas décadas” (LIMA; SALMONI, 2014).

Deste modo, “a biorremediação microbiana é definida como uma estratégia ou um processo que emprega microrganismos ou suas enzimas para desintoxicar contaminantes no solo ou em outros ambientes” (LIMA; SALMONI, 2014).

Neste contexto, as lipases produzidas por microrganismos que vivem nos solos podem atuar na retirada desses contaminantes através da biocatálise, ou seja, quebrando esses compostos, para aumentar sua solubilidade.

3.3 As actinobactérias

Lechevalier e Lechevalier (1967) falam que o termo actinobactéria é utilizado para definir bactérias constituídas de micélios, com organização filamentosa. As actinobactérias, antigamente denominada actinomicetos, são classificadas dentro do filo e da classe Actinobacteria, compreendendo 4 subclasses, 5 ordens, 14 subordens, 50 famílias, 197 gêneros e 1936 de espécies (WARD; BORA, 2006).

Satheeja e Jebakumar (2011) abordam que as actinobactérias são capazes de colonizar diversos ecossistemas, tais como águas residuais, rochas, animais, plantas entre outros, mas a maioria desses organismos vive nos solos. Em relação à obtenção de energia podem ser autótrofos e heterotróficos, mas a maior parte produz energia por respiração aeróbica.

São classificadas como bactérias Gram-positivas, e a maioria dos seus representantes são saprófitas, importantes na reciclagem de biomateriais. Além disso, produzem enzimas extracelulares e antibióticos, as primeiras, capazes de degradar diversos compostos orgânicos. (VASCONCELLOSet al., 2010).

Olmos et al. (2013) destacam que as actinobactérias se reproduzem por esporos, esporangiósporos ou conidiósporos. Os esporos são produzidos em grande número, garantindo a multiplicação desse organismo. Já esporangiósporos e conidiósporos são resistentes à dessecação e auxiliam na sobrevivência das espécies em períodos de estiagem.

As actinobactérias apresentam um elevado valor ecológico, uma vez que colonizam diferentes nichos e produzem compostos bioativos com atividade antimicrobiana contra diversos patógenos. Além disso, possuem elevada relevância no mercado enzimático (BHASINet al., 2010).

As enzimas produzidas pelas actinobactérias estão envolvidas na mineralização de

nutrientes e em processos de decomposição de moléculas orgânicas, fato de extrema importância para o ciclo do carbono e formação de húmus no solo, o qual beneficia a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento dos vegetais (BRITO et al., 2015).

“Entre os microrganismos endofíticos identificados têm se dado um maior destaque as actinobactérias devido a sua importância biotecnológica como produtores de dois terços de compostos antibióticos” (SOUZA et al., 2017).

Cruz et al. (2015) exemplificam o potencial biotecnológico demonstrando que as actinobactérias endofíticas de *Citrus reticulata* apresentam significativo potencial para a produção de compostos bioativos da classe dos policetídeos e peptídeos não-ribossômicos.

Santos et al. (2016) fala da importância das actinobactérias em propostas de controle biológico. Em seu estudo é avaliada a produção de compostos bioativos por tais microrganismos que controlem a presença de fitonematóides nas plantações de inhame. “Metabólitos produzidos por isolados de actinobactérias apresentam diferentes graus de toxicidade *in vitro* para o nematódeo *S. bradys*” (SANTOS et al., 2016).

Deste modo, entende-se que a produção de bioativos por actinobactérias é ampla, sendo assim, a atuação desses microrganismos atinge vários setores da sociedade.

A região semiárida apresenta uma elevada diversidade de actinobactérias, e estes microrganismos são responsáveis pela fertilidade do solo desse território.

Martins et al. (2014) cita a importância das actinobactérias para a região semiárida nordestina, demonstrando que esses microrganismos auxiliam na fertilidade do solo e sobrevivência de espécies de vegetais.

Por isso, a importância de estudar o potencial enzimático desse grupo bacteriano, realçando que essas bactérias estão adaptadas às condições extremas prevalentes ao clima semiárido, e solo seco.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Parque Nacional de Ubajara está localizado na Serra de Ibiapaba, no estado do Ceará, representado na figura 2, tem uma área de 6299 ha, e foi criado pelo Decreto Federal número 45954 de 30/04/1959. O parque é uma unidade de conservação administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e tem como objetivo a conservação dos ecossistemas naturais presentes no local, pois estes representam grande relevância ecológica (IBGE, 2019)



Figura 2- Localização do Parque Nacional de Ubajara (Ce)

Fonte: Portal de Ubajara, 2019.

No parque são permitidas atividades como pesquisas científicas, educação ambiental e turismo ecológico. Tendo em vista que nessa área de conservação existem dois ecossistemas bem definidos: mata úmida e mata seca (figuras 3 e 4), respectivamente

Figuras 3 e 4 - Vegetação do Parque Nacional de Ubajara



Fonte: Fernando Gouveia Cavalcante, 2018.

Segundo o ICMBio (2019) a temperatura média anual da Serra da Ibiapaba, local onde o parque está inserido, é entre 20°C e 22°C. Os meses de junho e julho apresentam as temperaturas mais amenas enquanto outubro e novembro são os meses mais quentes. Devido à sua topografia, relevo e altitude, o parque apresenta um microclima tropical quente sub-úmido diferenciado do clima predominante na região semiárida brasileira.

Em relação à média pluviométrica, em Ubajara esse índice é elevado se comparado com os padrões do Ceará, com uma média anual de 1436 mm. O parque fica na área da Depressão Periférica Ocidental do Ceará e Planalto da Ibiapaba (ICMBio, 2019).

Segundo Guedes et al. (2000) o relevo predominante no Parque Nacional de Ubajara é responsável pela transição de vegetação, uma vez que na parte superior da chapada, devido à maior altitude o clima é mais ameno, e a vegetação é de um porte arbóreo e verde, enquanto na parte inferior o clima é mais quente e a vegetação característica da Caatinga.

Os solos predominantes no parque são divididos em três tipos: latossolo vermelho-amarelo distrófico, encontrado no platô úmido do Planalto da Ibiapaba, onde cresce a mata úmida; podzólico vermelho-amarelo eutrófico, é um tipo muito comum no Brasil, são ácidos e de fertilidade natural média. Esse tipo de solo ocupa grande parte da encosta do parque; solos litólicos, são encontrados nas altitudes mais baixas do parque, apresentam alta capacidade de troca catiônica, elevada saturação de bases, baixa saturação de alumínio, pouca acidez e ótimos teores de fósforo, a maior parte da mata seca se desenvolve neste tipo de solo (ICMBio, 2019).

No que concerne à hidrologia, as nascentes do Rio Ubajara desaguam no parque. Além disso, a região é drenada por riachos que pertencem à bacia hidrográfica do Rio Coreaú e da subbacia do Rio Ubajara.

Nesta perspectiva compreende-se que o Parque Nacional de Ubajara apresenta diversidade nas suas variáveis físicas (clima, vegetação, solo e relevo), com 283 espécies de

vegetais já descritas. No entanto, animais e microrganismos foram pouco estudados, embora seja entendido que há uma grande variedade desses organismos (ICMBio, 2019).

4.2 Actinobactérias

Foram utilizadas 26 cepas actinobactérias previamente isoladas e caracterizadas por Silva et al. (2015), do solo rizosférico do Parque Nacional de Ubajara (PNU), no estado do Ceará com identificação UB+ número da cepa. Essas cepas encontram-se mantidas no Laboratório de Microbiologia Ambiental do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará.

Para avaliar a produção da enzima lipase essas cepas foram inoculadas em forma de spot no meio de cultura descrita por Sierra (1957) tendo como base (10 g) de peptona bacteriológica, (5 g) de cloreto de sódio, (0.1g) de cloreto de cálcio e (14g) de ágar para 1000 ml de água destilada, o meio foi autoclavado a 121 °C por quinze minutos e posteriormente foi suplementado com Tween 80, um ácido graxo de cadeia longa solúvel em água. Foram realizados 3 testes em duplicatas, onde após a inoculação, as placas foram incubadas B.O.D a 30°C durante 7 dias para avaliar se houve a formação de um halo lipolítico ao redor da colônia.

4.3 Índice Enzimático

A formação de um halo claro ao redor da colônia, correspondente a hidrólise do tween 80, caracterizou a positividade do teste. As cepas que apresentaram atividade lipolítica foram selecionadas e com o auxílio de um paquímetro os diâmetros médios das colônias e dos halos lipolíticos foram medidos, em milímetros. com esses dados foi realizado o cálculo do índice enzimático das cepas com a equação: $IE = Dh/Dc$. Onde Dh é o diâmetro em milímetros (mm) do halo de hidrólise e Dc o diâmetro em milímetros (mm) da colônia de actinobactérias.

Foram calculados a média de índice enzimático para cada cepa. Para análise estatística foi utilizada a análise de variância com os dados numéricos seguida do teste de Tukey à 5% de significância. As cepas que apresentaram atividade lipolítica foram submetidas a testes fisiológicos de salinidade, pH e temperatura.

4.4 Testes Físico Químicos

4.4.1 Salinidade

Um total de dezenove cepas apresentaram atividade lipolítica, essas, foram

selecionadas e posteriormente inoculadas em forma de *spot* ao meio de cultura descrito por Sierra (1957) onde foram adicionados diferentes concentrações de NaCl (cloreto de sódio) 1%, 2%, 3% e 4% cada meio com uma concentração . Foi realizado três testes em quadruplicata para cada cepa cada teste constituído por uma placa de Petri por cepa. As cepas foram incubadas durante 10 dias B.O.D a 30°C.

As cepas que apresentaram atividade lipolítica foram selecionadas e com o auxílio de um paquímetro os diâmetros médios das colônias e dos halos lipolíticos foram medidos, em milímetros. Com esses dados foi realizado o cálculo do índice enzimático das cepas com a equação: $IE = Dh/Dc$. Onde Dh é o diâmetro em milímetros (mm) do halo de hidrólise e Dc o diâmetro em milímetros (mm) da colônia de actinobactérias. E foi avaliado o percentual de crescimento da quantidade de cepas que obtiveram índice enzimático nas diferentes concentrações.

4.4.2 pH

Para verificar a atividade lipolítica em diferentes pHs, foram preparados meios descrito por Sierra(1957) onde com auxílio de pHmetro (medidor de pH) cada meio foi ajustado a um valor de pH, sendo os pHs 4, 5, 7 e 9. As mesmas cepas descritas anteriormente foram inoculadas em forma de spot e incubadas durante 10 dias B.O.D a 30°C. Foram realizados três testes em quadruplicata para cada cepa, cada teste constituído por uma placa de Petri por cepa.

As cepas que apresentaram atividade lipolítica foram selecionadas e com o auxílio de um paquímetro os diâmetros médios das colônias e dos halos lipolíticos foram medidos, em milímetros. Com esses dados foi realizado o cálculo do índice enzimático das cepas com a equação: $IE = Dh/Dc$. Onde Dh é o diâmetro em milímetros (mm) do halo de hidrólise e Dc o diâmetro em milímetros (mm) da colônia de actinobactérias. E foi avaliado o percentual de crescimento da quantidade de cepas que obtiveram índice enzimático nas diferentes pHs.

4.4.3 Temperatura

Para os testes de temperatura as dezenoves cepas foram inoculadas em forma de *spot* na placa de Petri contendo o meio descrito por Sierra (1957) e posteriormente incubadas em estufa onde cada temperatura foi ajustada 39 °C, 41°C, 43 °C e 45 °C permanecendo durante sete dias. Foi realizado três testes em quadruplicata para cada cepa, e para cada temperatura

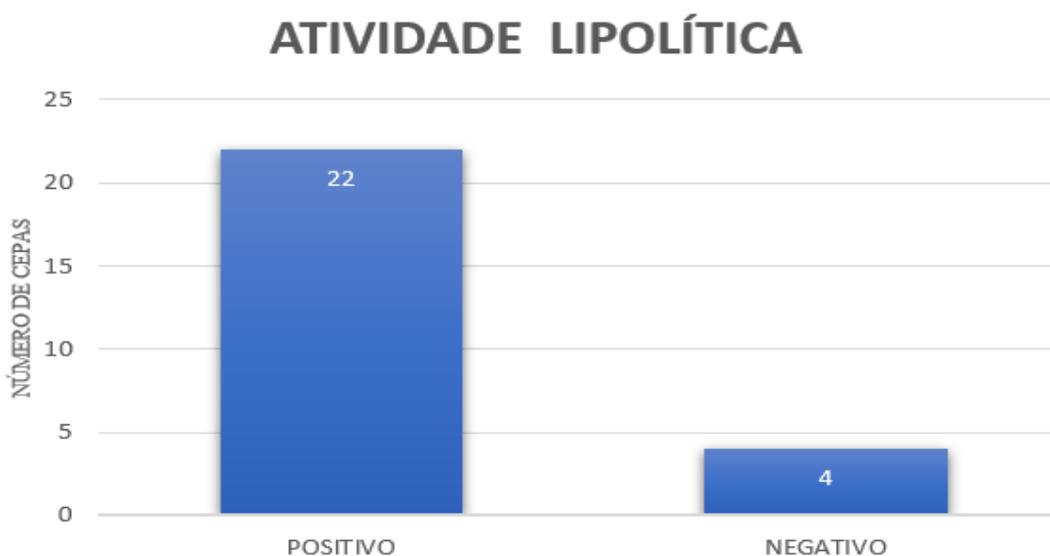
cada teste constituído por uma placa de Petri por cepa.

5. Resultados e Discussão

5.1 Atividade Lipolítica

Das 26 cepas de actinobacteria 84% foram capazes de formar o halo lipolítico como e evidenciado na figura 5. Cepas que apresentaram índice enzimático inferior a 2,0 foram consideradas como não produtoras de lipase. Dentre as 19 cepas que tiveram o índice enzimático superior a 2,0, destacaram-se a UB07 e UB23 com índices de 3,02 e 3,26 respectivamente, e a UB20 com índice enzimático de 4,43. Esses resultados indicam o potencial das actinobactérias da região do semiárido para produção de lipase. Um total de 4 cepas não apresentaram atividades lipolíticas.

Figura 5 -Número de cepas de actinobactérias oriundas do semiárido com atividade lipolítica positiva e negativa.



Fonte : elaborada pela autora.

Dentre as 19 cepas que tiveram o índice enzimático superior a 2,0, destacaram-se a UB07 e UB23 com índices de 3,02 e 3,26 respectivamente, e a UB20 com índice enzimático de 4,43. Esses resultados indicam o potencial das actinobactérias da região do semiárido para produção de lipase.

Os microrganismos que produzem enzimas capazes de degradar lipídios apresentam vantagens nos ambientes que sofre limitações de recursos, pois se tornam capazes de utilizar uma maior variedade de substratos. Isso pode ser um fator a ser considerado para explicar a

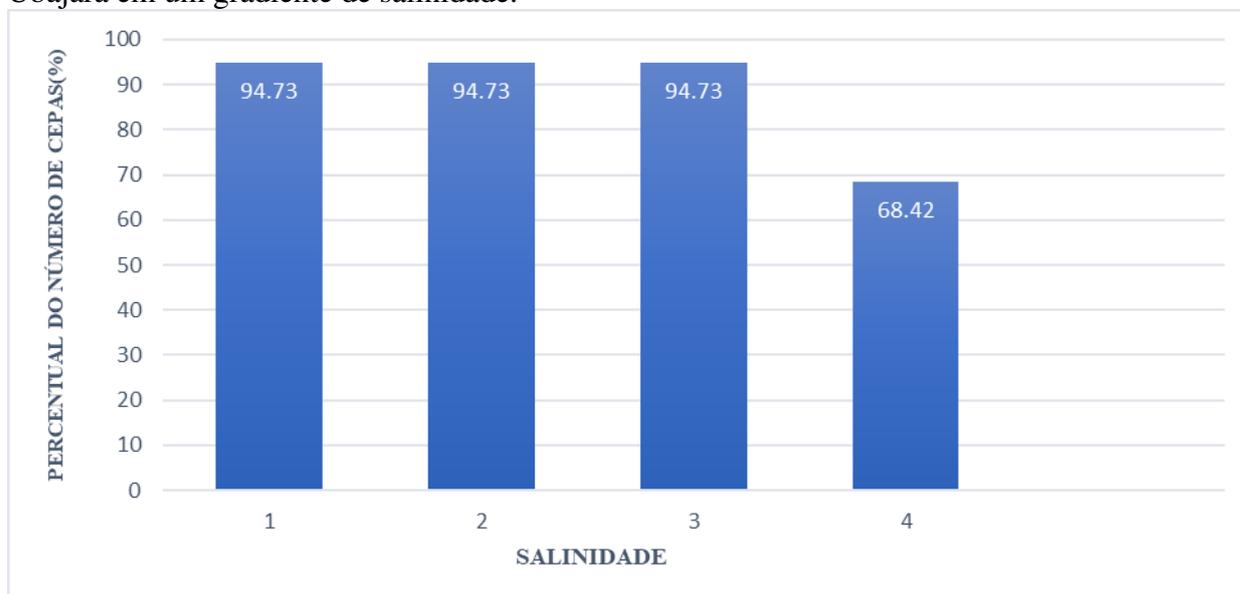
onipresença dessas bactérias. A atividade lipolítica se torna um recurso a mais para bactérias de solos do semiárido uma vez que a disponibilidade de nutrientes nesses solos é bem limitada (OLIVEIRA et al., 2006b; SILVA et al., 2015

Esses resultados indicam que as actinobactérias são importantes na degradação de lipídeos do solo e mostram que essas bactérias mesmo em condições extremas são capazes de metabolizar e realizar suas funções no ecossistema. (MARX et al., 2001; KANDELER et al., 1996).

5.2 Salinidade

A figura 6 mostra a atividade lipolítica em relação a variável salinidade (NaCl), os dados demonstram que a maioria das cepas apresentam atividade da enzima em gradientes de salinidade de 1%, 2%, 3% e 4%. Apenas uma cepa, a UB14 foi intolerante à salinidade, pois apresentou índice enzimático 0 em todos os níveis de salinidade, logo não apresentou atividade lipolítica.

Figura 6- Percentual de crescimento das actinobactérias do solo do Parque Nacional de Ubajara em um gradiente de salinidade.



Fonte : elaborada pela autora.

“Assim, é possível que a atividade enzimática das cepas de actinobactérias registradas nas condições salinas mais extremas seja referente a um processo adaptativo dessas cepas aos solos salinos da região semiárida“(RAMOS et al, 2018).

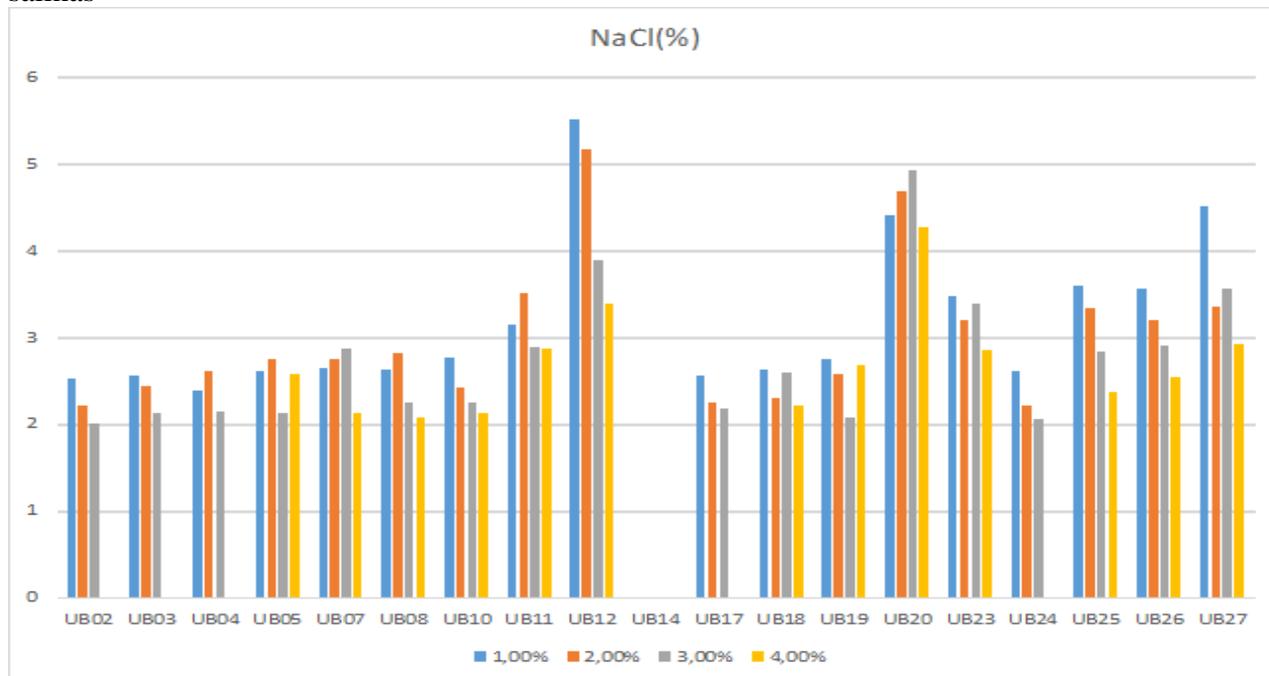
Ramos et al, (2018) estudou a atividade amiolítica das actinobactérias presentes no solo

de Ubajara, e estas também apresentaram atividade enzimática em diferentes gradientes de salinidade, então os autores correlacionam essa tolerância a salinidade, a uma adaptação aos solos da região que apresentam altos índices de sais.

No gráfico 1 mostra que a cepa UB14 só apresentou a atividade da enzima lipase em pH neutro e também não apresentou atividade lipolítica em nenhuma das concentrações salinas testadas. É importante ressaltar que o microrganismo cresceu nos meios salinos, mas não apresentou a atividade enzimática. O crescimento dessas cepas pode ter sido influenciado pela degradação parcial do Ácido graxo ou pela peptona que é fonte de nitrogênio e carbono presente na composição do meio de cultura.

Nos testes de salinidade a 1%, 2% e 3% um total de 94,7% das cepas apresentaram atividade lipolítica, ou seja, 18 das 19 cepas nesses níveis de salinidade apresentaram resultados de índices enzimáticos maior ou igual a 1 .

Gráfico 1 – Média dos índices enzimáticos de actinobacterias em diferentes concentrações salinas



Fonte : elaborada pela autora.

Já no teste de salinidade de concentração 4% um total de 68,4% das cepas analisadas apresentaram atividade lipolítica ,um percentual que pode ser considerado elevado, uma vez que nesse nível de salinidade, muitos microrganismos não conseguem sobreviver. (GORLACH; COUTINHO, 2007).

Ramos et al, (2018) em seus experimentos da atividade amilolítica dessas mesmas cepas de actinobactérias observaram que 80% das cepas ainda apresentaram atividade amilolítica no maior concentração salina, provavelmente em função da menor complexidade do amido em relação ao tween 80.

Ramos et al, (2018) destacam ainda que essa característica adaptativa das actinobactérias deve contribuir para a permanência e sobrevivência de outros grupos microbianos por mecanismos de mutualismo.

Dentre os microrganismos analisados, é importante destacar que a cepa UB20 cresceu em todos os meios salinos, inclusive no mais concentrado (4%). Além disso, apresentou um elevado índice enzimático em todas as concentrações salinas, com uma média de 4,57 ou seja, esta cepa consegue viver em altas concentrações de sais e ainda apresentar alta taxa enzimática. A cepa UB20 deve ter um desenvolvimento ótimo em ambientes com alta concentrações de sais e ainda consegue manter seu *fitness* em uma enorme variação de salinidade.

Silva et. al, (2015) estudaram o crescimento de actinobactérias em uma área irrigada do município de Marco-Ce, pertencente ao semiárido cearense. Os autores atestaram que o crescimento de actinobactérias nestes solos não era diminuído pela salinidade. “Actinobactérias e rizóbios são bactérias naturalmente presentes no solo da região semiárida“(CAVALCANTE; MARTINS; MARTINS, 2017).

Conforme destacam Ramos et al, (2018) em relação a atividade amilolítica, as actinobactérias presentes nos solos do Parque Nacional de Ubajara apresentam alta atividade enzimática, mesmo em fatores abióticos extremos, ou seja, em meios ácidos, alcalinos e com altas concentrações de sais.

Em relação a atividade lipolítica é notável que esses microrganismos também conseguem viver e produzir lipases em meios extremos, no tocante a pH e salinidade, sendo assim, essa adaptabilidade das actinobactérias deve influenciar na manutenção dos ecossistemas presentes no parque.

Gorlach e Coutinho (2007) explicaram que a baixa disponibilidade de nutrientes e as condições abióticas extremas, presentes no semiárido, influenciam a atividade bioquímica, sobretudo, a produção de enzimas hidrolíticas, afetando o crescimento, sobrevivência e

estruturação das populações microbianas desse ecossistema.

Ramos et al. (2018), em trabalho com actinobactérias da mesma região do semiárido, atribuem o amplo perfil fisiológico a um processo adaptativo, que aumentou a capacidade de sobrevivência das referidas cepas num ambiente extremo.

Por fim, destaca-se que as actinobactérias são importantes colonizadoras dos solos do Parque Nacional de Ubajara e apresentam um enorme potencial biotecnológico, uma vez que conseguem produzir enzimas hidrolíticas mesmo em condições adversas.

5.3 Potencial hidrogeniônico-pH

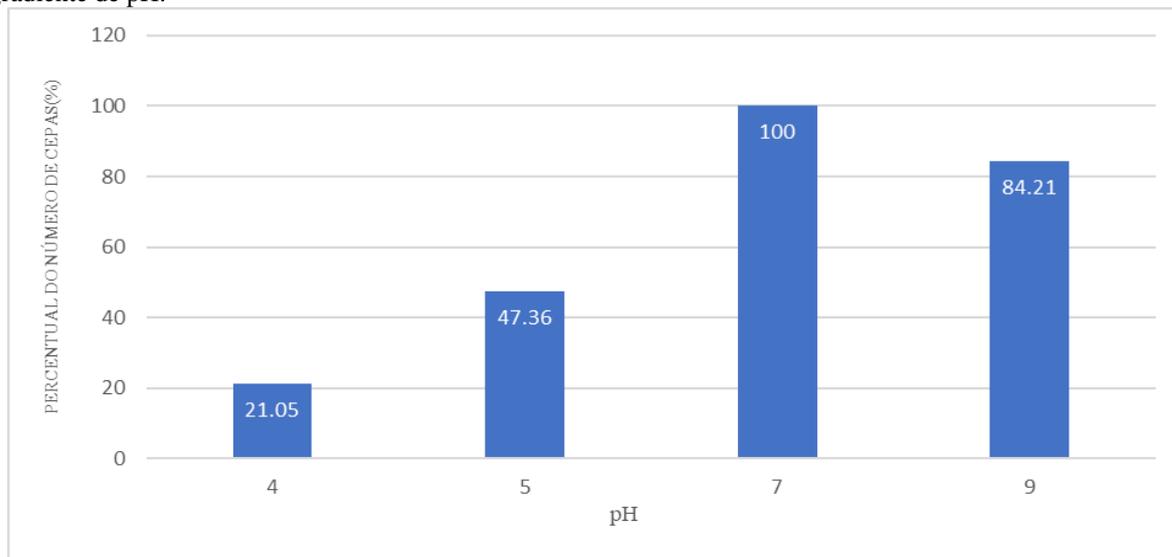
Foi avaliado o crescimento de 19 cepas de actinobactérias em diferentes faixas de pHs(4, 5, 7 e 9). A partir da figura 7, pode-se inferir que todas as cepas apresentam um pH ótimo em torno da neutralidade. Tendo em vista que todas as cepas apresentaram índice enzimático em pH 7, ou seja, apresentaram atividade lipolítica.

Além disso, a média dos maiores índices enzimáticos para todas as cepas também foi verificada em pH 7. Para Fungaro e Maccheroni (2002) índices enzimáticos maiores que 1, indicam que as cepas analisadas são capazes de produzir a enzima. Neste caso é possível deduzir que em pH 7 todas as cepas produzem lipases.

É importante ressaltar que as actinobactérias apresentaram um longo intervalo de atuação em relação a escala de pH, quatro cepas foram positivas em pH 4 (UB 02, UB03, UB04 e UB23), nove em pH 5 (UB02, UB03, UB04, B05, UB07, UB08, UB12, UB20 e UB23) e somente três não apresentaram atividade em pH 9 (UB08, UB11 e UB14), isso mostra a variedade de ecossistemas que esses microrganismos podem colonizar .

Dentre as cepas analisadas, quatro delas (UB02, UB03, UB04 e UB23) se destacaram por apresentar atividade lipolítica em todos os pHs. Tal fato, demonstra a plasticidade dessas cepas ao parâmetro pH , o grafico 2 esta evidenciado no indice enzimatico que cada cepa apresentou nos diferentes pHs testados

Figura 7- Percentual de crescimento das actinobactérias do solo do Parque Nacional de Ubajara em um gradiente de pH.

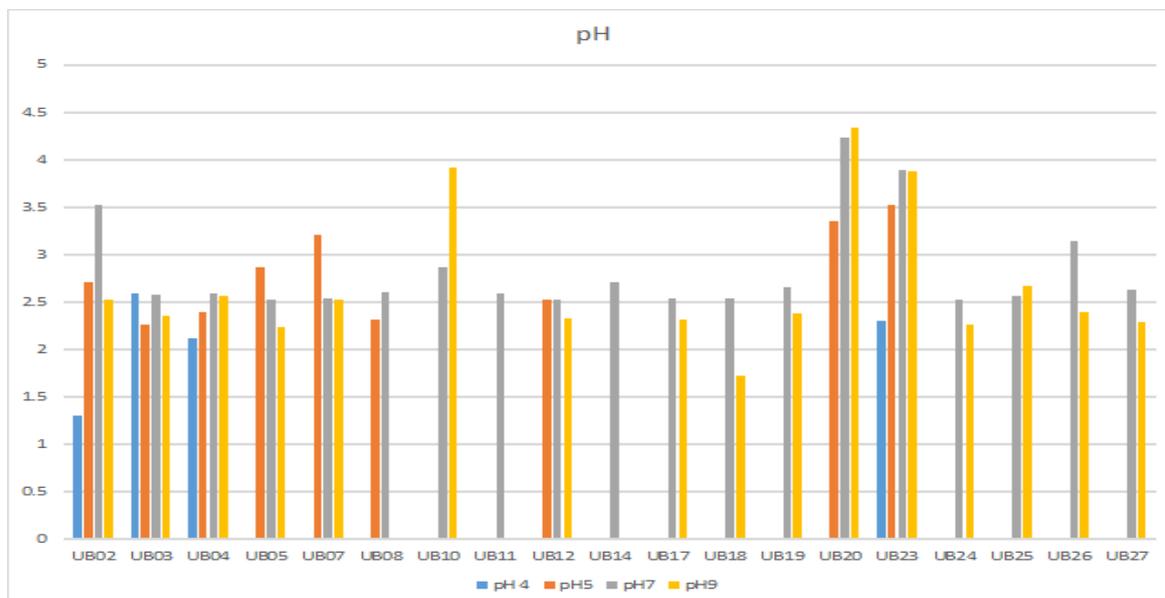


Fonte : elaborada pela autora.

Esses resultados podem ser comparados com os de Ramos et al. (2018) que demonstraram a presença de atividade amilolítica em cepas de actinobactérias crescendo em meios de culturas com variações de pH do ácido ao alcalino. Os resultados do presente estudo corroboram com os de Ramos et al. (2018) e reforçam a importância destes microrganismos para a manutenção do ecossistema, sobretudo, para suportar o estresse hídrico presente na região.

Dentre as cepas analisadas, quatro delas (UB02, UB03, UB04 e UB23) se destacaram por apresentar atividade lipolítica em todos os pHs. Tal fato, demonstra a plasticidade dessas cepas ao parâmetro pH, o gráfico 2 está evidenciado no índice enzimático que cada cepa apresentou nos diferentes pHs testados.

Dentre as cepas analisadas, quatro delas (UB02, UB03, UB04 e UB23) se destacaram por apresentar atividade lipolítica em todos os pHs. Tal fato, demonstra a plasticidade dessas cepas ao parâmetro pH, o gráfico 2 está evidenciado no índice enzimático que cada cepa apresentou nos diferentes pHs testados.

Gráfico 2– Média dos índices enzimáticos de actinobacterias em diferentes Faixas de pH

Fonte : elaborada pela autora,

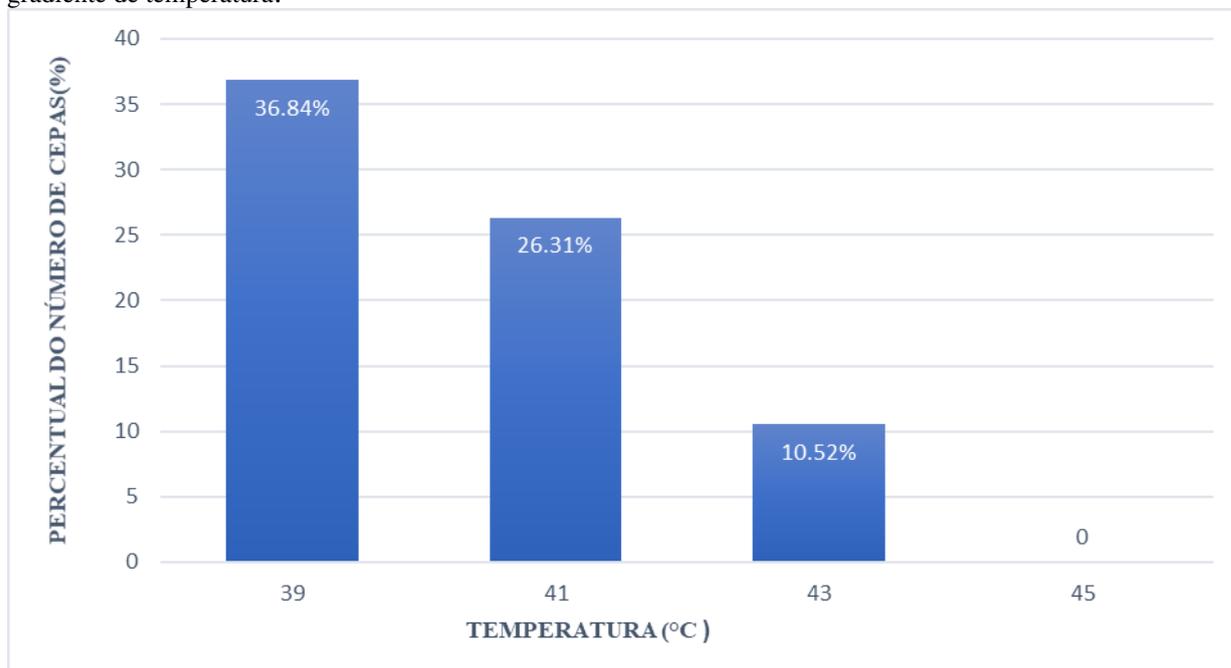
Zenova, Manucharova e Zvyagintsev (2011) reforçaram que as actinobactérias sobrevivem em ambientes extremos relacionados a temperatura, pH e salinidade. Com relação ao pH, neste estudo, destacam-se 9 cepas que cresceram e apresentaram atividade lipolítica em pHs 4 e 5, considerados ácidos. Estas cepas são importantes para a biotecnologia de biorremediação, em que se utilizam organismos vivos para recuperar ecossistemas .

Os dados demonstrados nesta pesquisa, sobre a atividade lipolítica em um gradiente de pH, revelam que o solo do Parque Nacional de Ubajara representa uma área com potencial para a exploração de actinobactérias que suportam uma ampla variação de pH. Essa constatação, mostra a relevância de estudar esses microrganismos, caracterizá-los e compreender seu papel para a conservação dessa área natural.

5.4 Temperatura

A figura 8 demonstra como as actinobactérias estudadas se comportaram em relação as temperaturas testadas na atuação das lipases. Como é possível observar, essa variável foi a menos tolerada por esses microrganismos.

Figura 8- Percentual de crescimento das actinobactérias do solo do Parque Nacional de Ubajara em um gradiente de temperatura.



Fonte : elaborada pela autora.

Apenas 36,8% das cepas cresceram e apresentaram atividade lipolítica quando incubadas a 39°C, ou seja, apenas 7 dos 19 microrganismos testados, enquanto que as incubadas a 41°C somente 26,3% cresceram e apresentaram índice enzimático. Quando a temperatura foi de 43°C o crescimento diminuiu para 10,5% das cepas analisadas e na temperatura de 45% nenhum dos microrganismos cresceram.

Deste modo, é evidente que a temperatura ambiental é um fator limitante para as actinobactérias do solo do Parque Nacional de Ubajara e conseqüentemente para a sua atividade enzimática.

Deste modo, é evidente que a temperatura ambiental é um fator limitante para as actinobactérias do solo do Parque Nacional de Ubajara e conseqüentemente para a sua atividade enzimática.

Essa intolerância é devido ao clima do parque, tendo em vista que dentro da região semiárida, a área aqui estudada é úmida a temperatura média anual varia entre 20 e 22° segundo o ICMbio (2019). Sendo assim, acredita-se que os microrganismos estudados estão muito adaptados a esse clima e seu crescimento é limitado por tal variável.

Paul e Clark (1996) explicam que a temperatura e o teor de umidade do solo são importantes fatores ambientais que detminam o crescimento e atividade enzimática da microbiota local. Alisson et al, (2010) descrevem que temperaturas elevadas aceleram as taxas de decomposição microbiana, aumentando a produção de CO₂ e conseqüentemente a perda de carbono dos solos.

Contudo, Varghese e Hatha (2012) destacaram que ao serem submetidos a altas temperaturas, os microrganismos do solo causam esgotamento das fontes de nutrientes disponíveis e o grau de atividade da microbiota é reduzido, devido a escassez de nutrientes.

Portanto, os fatores que deve ter contribuído para o baixo crescimento e atividade das actinobactérias em temperaturas mais elevadas, são as temperaturas amenas presentes no parque a qual tais microrganismos estão adaptado. E o segundo fator poderia ter sido por pouco nutriente disponível no meio, uma vez que quanto maior a temperatura, maior e a taxa metabólica, ou seja todos os nutrientes podem terem sido consumidos não restando mais fonte de alimento para o crescimento dessas bactérias.

Em meio a discussão de como a temperatura pode afetar o crescimento e atividade das actinobactérias, é importante destacar o efeito direto do aquecimento global sobre a microbiota dos solos.

Conforme os autores destacam é importante entender como o efeito estufa e conseqüentemente o aquecimento global afetam a microbiota dos solos, tendo em vista que estes microrganismos são muito relevantes para a saúde do solo e conseqüentemente a manutenção de ecossistemas.

Nesta perspectiva, entende-se que o aquecimento global já é uma realidade e que o território cearense já sofre as conseqüências, como aumento das temperaturas médias e muitos anos de estiagem. O Parque Nacional de Ubajara também sofre o reflexo desse fenômeno, por isso é relevante destacar que as actinobactérias dessa área estão ameaçadas. “De uma forma ou de outra, as comunidades microbianas do solo são diretamente afetadas pelas mudanças no clima” (MENDES; TAKETANI; TAKETANI, p.177)

Por fim, Brandford et al, (2008) destacaram que a comunidade microbiana pode conseguir se adaptar ao aquecimento global através de ajustes biológicos, nas taxas metabólicas e evolução de enzimas e proteínas para temperaturas ótimas mais elevadas.

Seguindo essa linha de raciocínio destaca-se que as cepas UB10, UB11 e UB12 foram as actinobactérias que melhor cresceram em altas temperaturas e também apresentaram os maiores índices enzimáticos. Portanto, em estudos posteriores, esses microrganismos devem ser caracterizados e seus mecanismos de sobrevivência com o aumento da temperatura devem ser entendidos.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo conclui que as cepas de actinobacterias do Parque Nacional de Ubjara são produtoras de lipase, e que suas atividade lipoliticas podem ser afetadas por fatores abioticos.

Nas concentrações salinas testadas um percentual de 94,73 % das cepas apresentaram atividade, destacando-se a cepa UB20 que cresceu em todos os meios salinos. Ja em contração salina de 4 % um total de 68,4% das cepas obtiveram atividade. Concluido que essas cepas tem um bom desenvolvimento mesmo em altas condições de salinidade.

Nas faixas de pHs as cepas demostraram um crescimento melhor nos valores de pH 7 e 9 destacando -se as cepas UB02, UB03, UB04 e UB23 que apresentaram atividade lipolítica em todos os pHs. Concluindo-se que essas cepas conseguem se adaptar melhor em ambientes neutro a alcalinos.

Nos teste temperatura, percebe-se que essa variavel e a menos tolerada por esse microrganismos , apenas 36,8% das cepas apresentaram atividade lipolitica na temperatura de 39 C⁰ enqaunto que na maior temperatura testada a de 45 C⁰ nenhuma uma das cepas apresentaram crescimento. Esse resultado pode evidenciar que a temperatura e um fator limitante para o crescimento e as atividade enzimaticas das actinobacterias do Parque Nacional de Ubajara.

REFERÊNCIAS:

ALLISON, S. D.; WALLENSTEIN, M. D.; BRADFORD, M. A. Soil carbon response to warming dependent on microbial physiology. *Nature Geoscience*, v. 3, n. 5, p. 336-340, 2010.

BHASIN, S; et al. Actinomycetal diversity of western region of Madhya Pradesh. **Journal of Advances in Developmental Research**, v.1, n. 2, p.132-138, 2010.

BORGSTON, B.; BROCKMAN, H L. Lipases. Amesterdam: Elsevier, 1984.

BRADFORD, M. A. et al,. Thermal adaptation of soil microbial respiration to elevated temperature. **Ecology Letters**, v. 11, n. 12, p. 1316-1327, 2008.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ubjajara**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/ubajara> Acesso em 31 de maio de 2019.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Parque Nacional Ubajara**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaubajara/quem-somos/historia.html> Acesso em 1 de junho de 2019.

BRITO, F. A. E. et al. Actinobacteria from rizospheric soil in the caatinga biome. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 1992-2004, 2015.

CASTRO, H. F. et al.,Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, v. 27, p. 146-156, 2004

CAVALCANTE, F. G.; MARTINS, C. M.; SILVEIRA, S. C. Interações bióticas entre actinobactérias e rizóbios em solos da região semiárida brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, v.14, n.26, p.1009-1029, 2017.

CORREIA, R. C. et al. **A região semiárida brasileira**. Brasília: Embrapa Capítulo em Livro Científico (ALICE), 2011.

CRUZ, P. L. R. et al. Triagem metabólica por PKS e NRPS em actinobactérias endofíticas de *Citrus reticulata*. **Química Nova**, v. 38, n. 3, 2015.

Fungaro MHP, Maccheroni Jr. W. Melhoramento genético para produção de enzimas aplicadas à Indústria de Alimentos. In: Melo IS, Valadares-Inglis MC, Nass LL, Valois ACC,

editors. **Recursos Genéticos e Melhoramento-Microrganismo. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, 2002. p. 426- 453

FUNGARO, M. H. P. et al. **Melhoramento genético para produção de enzimas aplicadas à Indústria de Alimentos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002.

GANDHI, N. N. Applications of lipases. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 74, n.6 p.621-634, 1997.

GORLACH, K. L.; 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, n.1, p. 135–141, 2007.

GUEDES, P. G. et al. Diversidade de mamíferos do Parque Nacional de Ubajara (Ceará, Brasil). **Mastozoologia Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 95-100, 2000.

HASAN, F.; SHAH, A. A.; HAMMED, A. Industrial application of microbial lipases. **Enzyme and Microbial Technology**, v.39, n. 2, p. 235-251, 2006.

KENNEDY, A. C.; PAPENDICK, R. I. Microbial characteristics of soil quality. **J. Soil Water Conserv**, v.50, p.243-248, 1995.

LECHEVALIER, H. A.; LECHEVALIER, M. P. Biology of the actinomycetes. **Annual Review of Microbiology**, n. 21, p. 71-100, 1967.

MARTINS, Claudia Miranda et al. Comunidade microbiana cultivável do solo rizosférico de leguminosas no semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2858-2868, 2014.

MENDES, R.; TAKETANI, N. F.; TAKETANI, R. G. Efeito do aquecimento global sobre a comunidade microbiana do solo. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1087839/1/2017CL10.pdf> Acesso em 20 de maio de 2019.

MESSIAS, J. M. et al. Lipases microbianas: Produção, propriedades e aplicações biotecnológicas. **Semina. Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n.2, p. 213-234, 2011.

NICOLAU, Paula Bacelar. Microorganismos e ambiente: ar e água, solo e extremos. 2010.

Disponível em:

https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/6135/1/UT4_Microorganismos%20e%20Ambiente.pdf Acesso em 20 de maio de 2019.

OLIVEIRA, S. M. et al. Prospecção de enzimas de interesse industrial produzidas por actinobacteria isolado de solo rizosférico da Amazônia. **Scientia Plena**, v. 13, n. 3, p. 01-06, 2017.

OLMOS, E. et al. Effects of bioreactor hydrodynamics on the physiology of *Streptomyces*. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v.36, n.3, p.259-272, 2013.

PASTORE, G. M.; MACEDO, G. A. Partial purification and characterization of an extracellular lipase from a newly isolated strain of *Geotrichum sp.* **Revista de Microbiologia**, v.28, p. 90-95, 1997.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1996.

PEREZ, A. M. M. et al. Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2013.

RAMOS, K. A. et al. Efeito de fatores abióticos sobre a atividade enzimática de actinobactérias de região do semiárido do Ceará. **Enciclopédia Biosfera**, v.15 n.27, p. 234-248, 2018.

RAMOS, K. A.; MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S. Efeito do pH sobre a atividade enzimática de actinobactérias do semiárido. 2012. Disponível em:

http://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_MD4_SA2_ID616_02102017182931.pdf Acesso em 20 de maio de 2019.

REETZ, M. T. Lipases as practical biocatalysts. **Current opinion in chemical biology**, v. 6, n. 2, p. 145-150, 2002.

SALAMONI, Sabrina Pinto; DE LIMA, Ticiania Larissa. Identificação e caracterização de microrganismos para tratamento de áreas contaminadas com hidrocarbonetos. **Seminário de Iniciação Científica, Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra**

Universitária, p. 351-351, 2014.

SANTOS, J. F. dos et al. Actinobactérias e adubação orgânica no manejo de *Scutellonema bradys* no crescimento e nutrição de plantas de inhame. **Revista Caatinga**, v. 29, n.3, 2016.

SATHEEJA, S. V.; JEBAKUMAR, S. R. D. Phylogenetic analysis and antimicrobial activities of *Streptomyces* isolates from mangrove sediment. **Journal of Basic Microbiology**, v. 51, p.71-79, 2011.

SILVA, P. C. G. et al. **Caracterização do Semiárido brasileiro**: fatores naturais e humanos. Brasília: Embrapa Semiárido Livro Científico (ALICE), 2010.

SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000.

SILVA, V. M. A. et al. Efeito da irrigação e do tipo de cultivo sobre a riqueza e diversidade cromogênica de actinobactérias do solo de uma região do semiárido do Ceará. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, p. 2965-2979, 2015.

SOUZA, I. F. A. Isolamento e identificação de actinobactérias endofíticas de folhas de moringa em três localidades no estado de Pernambuco, Brasil. 2017. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conbracis/trabalhos/TRABALHO_EV071_MD1_SA12_ID1140_01052017105150.pdf Acesso em 01 de junho de 2019.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, J.S.; BOTTOMLEY, P.S.;BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A. & WOLLUM, A., eds. Methods of soil analysis.Part 2. Microbiological and biochemical properties, Madison, **Soil Science Society of America**, v.5. p.775-833, 1994.

VARGHESE, R; HATHA, M. Significance of soil microorganisms with special reference to climate change. **Indian Journal of Education and Information Management**, v. 1, n. 3, 2012.

VASCONCELLOS R. L. F. et al.Isolation and screening for plant growth-promoting (PGP) actinobacteria from *Araucaria angustifolia* rhizosphere soil. **Sci Agric**, v.67, n. 6, p.743–6. 2010.

WARD, A. C.; BORA, N. Diversity and biogeography of marine actinobacteria. **Current**

opinion in microbiology, v. 9, n. 3, p. 279-286, 2006.

ZENOVA, G. M.; MANUCHAROVA, N. A.; ZVYAGINTSEV, D. G. Extremophilic and extremotolerant actinomycetes in different soil types. **Eurasian soil science**, v. 44, n. 4, p. 417-436, 2011.

