

REVISÃO DE LITERATURA

***Bacillus* spp. COMO PROMOTORES DE RESISTÊNCIA VEGETAL: SECA, A SALINIDADE E A PATÓGENOS HABITANTES DO SOLO EM ÁREAS ÁRIDAS**

Thiago Costa Ferreira¹, Ana Lúcia Araújo Cunha²

Resumo: A utilização de isolados de *Bacillus* spp. na agricultura têm sido atrativo ao mercado, pois estes microrganismos podem promover a resistência de plantas a fatores como seca, salinidade e patógenos do solo. Assim sendo, o objetivo dessa pesquisa foi agrupar conhecimentos sobre a utilização de isolados de *Bacillus* spp. como promotor de resistência vegetal à seca, a salinidade e a patógenos habitantes do solo, com ênfase a áreas com aridez. Logo, foi efetuada uma busca em periódicos e bases indexadas com a utilização dos seguintes marcadores: *Bacillus*, seca, salinidade e fitopatógenos habitantes do solo. De acordo com os dados reunidos pode afirmar que isolados de *Bacillus* spp. podem ser úteis na construção de uma agricultura sustentável em áreas com aridez na presença dos fatores: seca, salinidade e presença de patógenos habitantes do solo e que o aporte de matéria orgânica pode ser a melhor maneira de suplementar esta comunidade em áreas áridas. Este é um campo de estudo vasto e pouco explorado, portanto, maiores pesquisas neste sentido podem ser realizadas a fim de promover mais conhecimentos e gerar desenvolvimento sustentável a regiões áridas.

Palavras-chave: Aridez, Microbiologia, Resiliência, Produção Vegetal

***Bacillus* spp. AS A PROMOTERS OF PLANT RESISTANCE: DROUGHT, SALINITY AND SOIL-DWELLING PATHOGENS IN ARID AREAS**

Abstract: The use of *Bacillus* spp. In agriculture, they have been attractive to the market because these microorganisms can promote plant resistance to factors such as drought, salinity and soil pathogens. Therefore, the objective of this research was to group knowledge about the use of *Bacillus* spp. as a promoter of plant resistance to drought, salinity and soil-dwelling pathogens, with emphasis on arid areas. Therefore, a search was performed in journals and indexed databases using the following markers: *Bacillus*, drought, salinity and soil-dwelling phytopathogens. According to the collected data can state that isolates of *Bacillus* spp. They can be useful in building sustainable agriculture in areas that are dry in the presence of factors such as drought, salinity, and the presence of soil-dwelling pathogens, and that providing organic matter may be the best way to supplement this community in arid areas. This is a vast and underexplored field of study, so further research in this direction can be done to promote more knowledge and generate sustainable development for arid regions.

Keywords: Aridity, Microbiology, Resilience, Plant Production.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 08/04/2020; aprovado em 25/09/2020

¹Doutor em agronomia, Instituto Nacional do Semiárido - INSA, e-mail: thiago.ferreira@insa.gov.br

²Bacharel em Agroecologia, Universidade Estadual da Paraíba, e-mail: anashua@yahoo.com.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.35512/ras.v4i5.4812>

INTRODUÇÃO

Os cultivos agrícolas na atualidade têm sido cada vez mais manejados pela perspectiva da modernização com o acesso a tecnologias mais sofisticadas para melhorar a qualidade de ações para resolver gargalos existentes nas áreas de cultivo (SHARMA *et al.*, 2015). Sendo assim, um importante ponto que tem sido pesquisado e estudados são as possibilidades de trabalho em áreas secas ou salinas (JOHN *et al.*, 2011).

Áreas que apresentam solos com susceptibilidade a secas ou salinidade podem ser muito problemáticos a produção agropecuária, pois demandam tecnologias coerentes e adaptadas para seu manejo (YAN *et al.*, 2015). Estas áreas têm sido cada vez mais comuns no planeta, principalmente como resultante da ação humana pouco consciente e compromissada com esta necessidade (ZHANG *et al.*, 2019).

Inúmeros pontos e fatores são influenciados com estas drásticas mudanças, inclusive a vida microbiana presente no solo, favorecendo assim grupos de organismos em detrimento a outras populações (CANFORA *et al.*, 2014). Além do que, neste desbalçando, têm-se percebido que algumas populações de organismos, como os patógenos de plantas, tomam vantagens por outros processos inerentes e acabam se sobressaindo e ganhando força (BARDIN *et al.*, 2015; MARTINS *et al.*, 2015; SHARMA *et al.*, 2015). Sendo assim, estudos que possam melhorar a qualidade de cultivo de lavouras, para diversos fins, podem ser melhor direcionados a resolução das problemáticas descritas anteriormente, levando em consideração que determinados métodos podem ser eficientes sobre várias frentes.

Sabe-se na atualidade que um importante fator de trabalho para a melhoria das condições de manejo de solos secos ou salinos, com ou sem a presença de patógenos de plantas, seria utilização de microrganismos benéficos. Estes por sua vez, seriam seres adaptados as condições ambientais propostas em um dado ambiente agrícola e assim pudessem ser utilizados para melhorar as condições (MARTINS *et al.*, 2015).

Tais microrganismos podem assumir a forma de redes de cooperação e conduzir de maneira harmoniosa e conjunta as melhorias das qualidades gerais do habitat, incluindo assim microrganismos nativos ou exóticos a área em questão. Existindo, no entanto, determinados grupos podem ser protagonistas destas mudanças e realizar com maior maestria estas ações de trabalho biológico. Dentre estes, isolados classificados no gênero *Bacillus spp.* têm sido relatados como promissores para estas características de promoção de resistência de vegetais em detrimento aos fatores relatados anteriormente (RAZA *et al.*, 2016; XU *et al.*, 2016).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo reunir conhecimentos sobre a funcionalidade e utilização de *Bacillus* spp. como promotor de resistência vegetal à seca, a salinidade e a patógenos habitantes do solo em áreas áridas.

METODOLOGIA

Neste artigo, é tratada de maneira exploratória da literatura por meio do uso virtual das bases de dados: *SciELO*, *PubMed* e *LILACS*; também livros na área. Para tal, recortes em escala de tempo da contemporaneidade foram utilizados. Assim, ocorreu a pesquisa por meio dos indexadores: *Bacillus*, seca, salinidade e fitopatógenos habitantes do solo. A pesquisa resultou em 62 trabalhos, dentre os quais 32 foram selecionados. Objetivamos a utilização de escritos nacionais e internacionais que descrevessem dados e informações importantes e práticas, de acordo com a temática desta revisão. Para os artigos de periódicos, priorizou-se a utilização de escritos publicados nos últimos cinco anos.

DESENVOLVIMENTO

Seca e salinidade em solos de áreas áridas

Solos com teores altos de sais podem ser denominados de salinos, estes são formados em sua maioria por ambientes em que existe a prevalência de rochas de caráter básico e com pouca lixiviação destes compostos, por meio do intemperismo, prevalecendo, assim, a possibilidade de acúmulo de sais (YAN et al., 2015).

Por volta de um décimo dos solos do mundo apresentam problemas com salinidade, fator associado à limitação da disponibilidade de água e altas concentrações intracelulares de íons que são tóxicos para atividades metabólicas, tais processos diminuem a capacidade fisiológica dos vegetais e diminuem as atividades biológicas no solo. O efeito potencial da salinidade do solo em comunidades microbianas subterrâneas é pouco compreendido (ZHANG et al., 2019). Esta pode ocorrer de duas maneiras: primária consiste na acumulação de sal através de processos naturais, como um alto teor de sal do material original ou na água subterrânea e secundária, ocorre em decorrência da ação humana, esta pode ser temporária ou não (CANFORA et al., 2014).

De modo geral, o aumento da salinidade do solo e a diminuição da unidade do solo (seca) em um determinado agroecossistema pode ser maléfico para os cultivos agrícolas convencionais e para os componentes do solo. Pois tais sais formados em sua maior parte por compostos com a presença de sódio, cloro e ácidos carbônicos, podem ser fatores de redução da microbiota e ainda comprometem a fisiologia dos vegetais cultivados nestas áreas. Em solos com baixo potencial de água, resultantes principalmente de baixas precipitações, podem também ser danosos aos organismos como um todo, pois apresentam uma baixa oxigenação, a prevalência de microrganismos anaeróbios, baixa mineralização de Carbono e

Nitrogênio, pouca atividade microbiana. A salinidade do solo e o baixo teor de água são fatores importantes em muitas áreas de campo pelo mundo interagindo em conjunto e influenciando diretamente a flutuação das populações microbianas do solo (YAN et al., 2015).

Fitopatógenos habitantes do solo

Doenças de plantas causam mal funcionamento de células e tecidos do hospedeiro, resultado da contínua irritação por um agente patogênico ou fator ambiental e que conduz ao desenvolvimento de sintomas. É uma condição que envolve mudanças anormais na forma, fisiologia, integridade ou comportamento da planta. Estas podem ser de natureza biótica, causada por agentes biológicos microrganismos denominados de fitopatógenos (AGRIOS, 2005).

Yurela (2015) descreve que os vegetais que sofrem ataques de pragas tendem a apresentar redução na capacidade produtiva normal fisiológica, implicando em vários problemas que culminam na perda de produção, produtividade e qualidade dos produtos vegetais.

Entre os vários patógenos vegetais, os patógenos que vivem no solo têm características específicas e importantes em termos ecológicos. Geralmente, mesmo sem um hospedeiro, eles podem sobreviver no solo por um longo tempo no solo, por meio da produção de estruturas resistentes. Além do que são heterogêneos e podem infectar órgãos subterrâneos e caules de plantas no solo, saprófitas e seus ciclos parciais podem ocorrer em outros hospedeiros (MICHERREF et al., 2005; DAGUERRE et al., 2014; GHORBANPOUR et al., 2018).

Os patógenos de solo pertencem aos seguintes grupos Bactérias, Nematoides, Oomicetos e Fungos. Dentro destes grupos, podem ser referidos como os mais importantes os seguintes gêneros, para as culturas em geral: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Coletotrichum*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Erwinia*, *Ralstonia*, *Curtobacterium*, *Meloydogine* e *Pratylenchus* (DAGUERRE et al., 2014; LALIBERTÉ et al., 2015; LIZÁRRAGA-SÁNCHEZ et al. 2015; WU et al., 2015; RAZA et al., 2016; GHORBANPOUR et al., 2018).

O controle destes patógenos têm sido realizados com o uso de diferentes métodos de controle. Dentre estas por meio de microrganismos eficientes no biocontrole (LIZÁRRAGA-SÁNCHEZ et al. 2015; GHORBANPOUR et al., 2018). Esta ação tem sido descrita como uma alternativa resiliente e sustentável (LIZÁRRAGA-SÁNCHEZ et al. 2015; GHORBANPOUR et al., 2018)

Microrganismos e seu uso na agricultura

Dentre os diversos grupos de microrganismos são, ou podem vir a ser, habitantes de solo, em geral, apresentam as seguintes características: sobrevivem no solo por longos períodos, apresentam a formação

de estruturas de resistência, polívoros, saprófitos e partes do seu ciclo podem ser visualizadas no solo. Os microrganismos do solo pertencem aos seguintes grupos: Bactérias, Nematóides, Oomicetos e Fungos (GHORBANPOUR et al., 2018).

De maneiras gerais, a dinâmica de interação entre os microrganismos e os vegetais funcionam com as seguintes frentes ecológicas (WU et al., 2015; RAZA et al., 2016):

1. antibiose: metabólitos produzidos por um determinado organismo têm efeito maléfico, deletério ou não, sobre outro organismo ou grupo;
2. competição: organismos competem entre si por recursos para a sobrevivência;
3. parasitismo: um ou mais organismos parasita outro organismo;
4. predação: um organismo se alimenta de outro;
5. hipovirulência: determinado ser transmite características a outro;
6. indução de resistência: microrganismos ativam mecanismos de resistência em organismos.

Também podem ser favoráveis às plantas pelo fato destes organismos solubilizam ou assimilam nutrientes que passam a ser mais disponíveis aos vegetais, produzem fitohormônios, ambos requeridos pelos vegetais para seu crescimento e desenvolvimento. Estes fatores são (CHOWDHURY et al., 2015; KUNDAN et al., 2015; WU et al., 2015; BANIK et al., 2016):

1. solubilização de fósforo, por meio da liberação de ácidos que solubilizam este elemento presente na matéria orgânica ou mineral do solo, facilitando a assimilação pelas plantas nas formas monobásica (H_2PO_4) e a difásica (HPO_4^{-2});
2. assimilação de nitrogênio, por meio de reações químicas que transformam o N_2 atmosférico em amônia, para ser melhor assimilada pelos vegetais;
3. sideróforos, nos quais são quelatizadas moléculas de Fe^{3+} e sais componentes da solução do solo;
4. hormônios vegetais, que regulam as funções fisiológicas dos vegetais.

De modo geral, segundo Paul e Lede (2014), plantas tratadas com microrganismos e cultivadas em áreas com déficit hídrico e com alta salinidade apresentam: melhor fisiologia e crescimento; tolerância a fitopatógenos; melhor circulação de nutrientes na rizosfera; também melhoram a razão K^+/Na , por sua vez que favorecem a tolerância à salinidade; e promovem a síntese de biooxidantes.

***Bacillus* spp. como promotor de resistência vegetal à seca, a salinidade e a patógenos habitantes do solo em áreas áridas**

As bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus* são formadoras de bastonetes, de forma ecológica heterogênea, Gram-positivo, capaz de produzir biofilmes e endósporos e aeróbico. Eles têm várias funções biológicas, incluindo o aumento da resistência vegetal ao solo salino a patógenos (MARTINS et al., 2015; RAZA et al., 2016). *Bacillus* como promotores de crescimento podem produzir hormônios,

solubilizar ou assimilar nutrientes e promover a resistência a fitopatógenos (WU et al., 2015; GUPTA et al., 2016; XU et al., 2016).

As mais conhecidas com estas funções são *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e *B. firmus* (GUPTA ET AL., 2016). A seguir, serão exemplificados trabalhos que demonstram esta promoção de crescimento vegetal por meio do uso de isolados de *Bacillus* em contraponto a seca e a salinidade.

Vardharajula e Skz (2014) afirmam que exopolissacarídeos (EPS), substâncias que são úteis para microrganismos agregarem sob determinadas superfícies, podem ser produzidos por isolados de *Bacillus spp.*, também em condições de stress hídrico. Estas cepas foram identificadas como *B. amyloliquefaciens* HYD-B17, *B. licheniformis* HYTAPB18 e *B. subtilis* RMPB44 e, segundo esta pesquisa, a produção de EPS nestas três linhagens de *Bacillus spp.* aumentou consideravelmente por meio da acentuação do estresse hídrico. Estes compostos poderiam assim aumentaram a formação de agregados no solo, contribuindo para uma agregação mais sofisticada do solo, em detrimento aos efeitos de compactação promovidos pela diminuição do teor de água no solo.

Informação também descrita por Costa e colaboradores (2018), os quais ainda dissertam sobre as possibilidades de industrialização destes compostos visando a sua utilização em localidades com problemas na estrutura do solo causados, principalmente, por baixos índices de água. Esta agregação e outras características importantes características podem promovidas por tal grupo de substâncias, sendo resumidas na imagem a seguir (Figura 1).

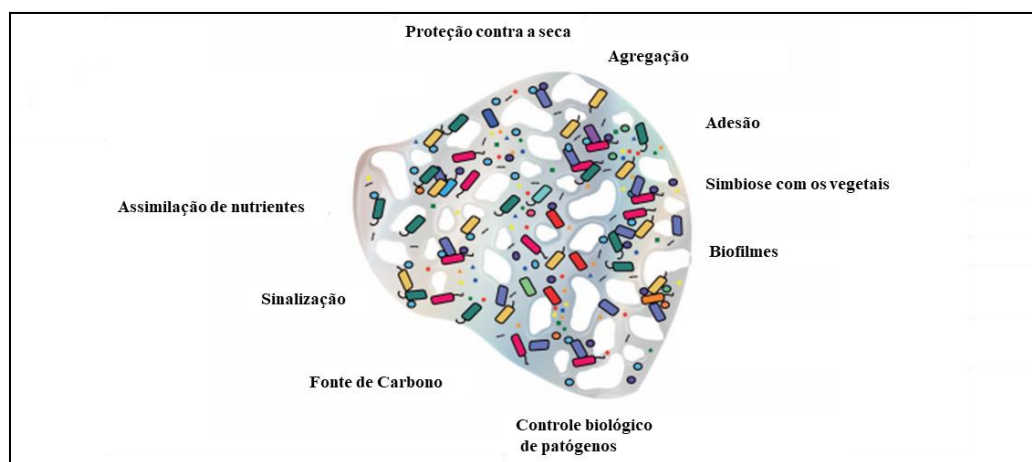


Figura 1 – Funções dos EPS no solo. Adaptado de Costa e colaboradores (2018).

De modo semelhante, Santos e seus cooperadores (2018) descrevem a utilização de isolados de *Bacillus spp.* e outras rizobactérias na promoção de crescimento de *Vigna unguiculata* em condições de

solo salino. Estes autores ainda salientam que não existe um isolado protagonista que melhor promove tal características, mas a ação conjunta e simultânea de vários isolados do referido gênero e de outros.

Kavamura e colaboradores (2012), descrevem a bioprospecção de isolados de *Bacillus* spp. provenientes de cactáceas nativas do semiárido brasileiro, estes autores descrevem que alguns dos isolados obtidos nesta pesquisa podem ser úteis para a promoção de resistência a seca em plantas de milho. Segundo estes autores, tais isolados descritos apresentavam uma produção elevada de exopolissacarídeos, também produziam hormônios vegetais e apresentavam a capacidade de solubilizar fósforo.

Isolados de *Bacillus* spp. provenientes de plantas de *Agave* spp. cultivadas área do semiárido brasileiro foram capazes de promover crescimento vegetal em *Phaseolus vulgaris* (CERQUEIRA et al., 2015).

Pereira et al. (2016) afirmam que isolados de *Bacillus* spp. foram bons defensores de plantas de *Cucumis melo* em relação a patógenos do solo em condições salinas. Assim tais autores defendem a dupla aptidão dessas bactérias em relação.

A diversidade de microrganismos diminui ao passo que a concentração de sais aumenta no solo e a maneira que a comunidade microbiana se organiza também muda. No qual, grupos como as Actinobactérias se sobressaem, característica marcante deste grupo de seres que tem, em sua maioria, a habilidade de sobreviver em ambientes extremos (Zhang et al., 2019).

Sá e colaboradores (2019) descrevem que os isolados *B. subtilis* (LCB30) e *Bacillus* sp. (INV) inibiram o crescimento de micélios de *Sclerotium rolfisii* em *V. unguiculata*. Também, Sá et al. (2019) os mesmos isolados puderam servir de agentes de controle de *Fusarium* sp. em condições de laboratório. Fantiniel et al. (2018) descrevem que os isolados de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, linhagem HD-1, foi útil para controlar *Colletotrichum siamense*, proveniente de plantas de *Acca sellowiana*.

De acordo com os escritos de Lima e colaboradores (2014), os isolados B 12 e B 41 de *Bacillus* spp., foram capazes de inibir em mais de 50% um isolado de *F. oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, ambos isolados foram obtidos em áreas do semiárido brasileiro.

Araújo e seus colaboradores (2018) testaram o efeito da aplicação de um produto formulado *B. subtilis*, em diferentes doses, para o tratamento de muda de bananeira, com em área de campo infectadas naturalmente com *Radopholus similis*, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. e *Helicotylenchus* spp. Segundo estes autores, o produto foi eficaz no controle dos efeitos destes patógenos e permitiu assim reduções significativas das populações dos nematoides descritos.

Métodos de promoção da microbiota em áreas áridas

A adição de materiais orgânicos, como resíduos vegetais ou adubos como fontes de nutrientes para micróbios, pode ser uma das mais importantes estratégias para melhorar de solos em áreas áridas, pois tal

ação promove o melhor desempenho da microbiota local e que foi implementada junto com estes resíduos orgânicos. Neste processo, cepas específicas de *Bacillus* podem ser veiculadas pela sua adição na matéria orgânica, propágulos vegetais ou simplesmente pulverizadas (YAN et al., 2015). Ainda sobre este aporte de materiais orgânicos, Van Horn e colaboradores (2014) descrevem que não basta somente aumentar a quantidade de matéria orgânica de uma determinada área agrícola, mas também a suplementação de umidade, isto promove aumentos significativos da quantidade de Proteobacteria e Firmicutes, este segundo grupo compreende o gênero microbiano trabalhado nesta pesquisa.

Canfora et al. (2014) descreve que a salinidade diminui a riqueza microbiana de solo em diferentes áreas salinizadas, tais autores descrevem que a recomposição da flora seria uma maneira interessante de promover a microbiota local. Neves (2016) afirma que a espécie *B. megaterium* foi a maior encontrada em áreas cultivadas com agrofloresta no semiárido brasileiro, corroborando que um aporte mais pujante de cobertura vegetal pode ser um fator interessante para a promoção da atividade microbiana.

Ahmed e colaboradores (2018) descrevem que uma importante ação de recuperação da biodiversidade microbiana de uma área salinizada e com problemas hídricos pode ser primeiro o reconhecimento e identificação da diversidade e sua suplementação por meio do transporte de material biológico de uma área para outra, por exemplo, com a colocação de material orgânico, também a suplementação de espécies ou grupos de espécies microbianas que podem estabelecer caracteres diferenciados a este solo, se possível com a presença de genes de tolerância a tais intempéries. Um importante gênero, segundo os autores, seria o *Bacillus*, no qual estão reunidas características que podem favorecer as relações microbianas já existentes e assim ser passível de promover um equilíbrio no solo da área trabalhada.

Bronic e Lal (2005) dissertam que um manejo correto da adubação do solo, também um aporte de matéria orgânica, um trabalho mínimo de revolvimento do solo, a irrigação com águas pouco salinas e o respeito a capacidade e condições de refazimento natural do solo são fatores importantes para a melhoria das condições da qualidade do solo e assim a promoção da vida microbiana neste sistema.

Costa (2013) descreve que isolados de *Bacillus spp.* podem ser úteis em solteiro ou conjunto com microrganismos noduladores de *V. unguiculata* para a assimilação de Nitrogênio atmosférico. Pois tais grupos têm essa capacidade, os *Bacillus spp.* não promovem a nodulação em leguminosas, mas podem estar ligados aos nódulos, as plantas e no solo promovendo em simbiose esta assimilação. Os autores ainda descrevem que a presença de mais de uma espécie nitrificante pode ser uma chave importante nesta questão e que tais isolados podem ser veiculados as áreas de plantio com o uso do tratamento de sementes.

Já Dias (2018), isolou cepas de *Bacillus spp.* de *Prosopis juliflora* e as testou em *V. unguiculata*, tal autor descreve que tais cepas tinham genes relacionados a assimilação de Nitrogênio presentes em seus genomas e, possivelmente, foi o motivo do aumento de biomassa nas plantas inoculadas com este gênero. Outro aporte importante nesta empreitada é a visualização por meio de técnicas de sensoriamento remoto a qualidade do solo, nos seguintes fatores: teores de material orgânico, água e cobertura vegetal. Perfazendo assim a correlação entre estes fatores mencionados e a qualidade de microbiana (SOUTO et al., 2019).

Nunes et al. (2009) descrevem que épocas em pousio se deve evitar de utilizar queimadas em solos com problemas hídricos pode ser útil para a promoção da atividade microbiana como um todo. Principalmente porque o aumento da temperatura, seja pela ausência de cobertura vegetal, ou seja, pelo fogo, diminuem consideravelmente a atividade microbiana. Souto et al. (2009) atestam que a atividade microbiana diminui com o aumento da temperatura causada pela incidência solar direta no solo. Segundo Alves e colaboradores (2009) a utilização de águas residuárias deve ser controlada no sentido sanitário pois estes efluentes podem ser fonte de isolados de *Bacillus*, que são por sua natureza termorresistentes por conta da sua produção de endósporos, e alguns destes podem ser patogênicos ao homem e outros seres.

Santos et al (2009) descrevem que é importante para o aumento da atividade microbiana do solo um aporte de materiais de fácil decomposição, como a vinhaça estudada nesta pesquisa. Assim, segundo os autores, a população microbiana pode ser suplementada, primeiro pelos microrganismos presentes no adubo orgânico e segundo permitindo a prevalência mais homogênea de diferentes grupos no solo fertilizado com tais materiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados reunidos pode afirmar que isolados de *Bacillus spp.* podem ser úteis na construção de uma agricultura sustentável em áreas com aridez na presença dos fatores: seca, salinidade e presença de patógenos habitantes do solo e que o aporte de matéria orgânica pode ser a melhor maneira de suplementar esta comunidade em áreas áridas. Este é um campo de estudo vasto e pouco explorado, portanto, maiores pesquisas neste sentido podem ser realizadas afim de promover mais conhecimentos e gerar desenvolvimento sustentável a regiões áridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5 ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005.

AHMED, V.; VERMA, M.K.; GUPTA, S.; MANDHA, V.; CHAUHAN, N.S. Metagenomic profiling of soil microbes to mine salt stress tolerance genes. **Front Microbiology**; v. 9; n.159; 2018. Doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00159>.

AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. & BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Volume 1: Princípios e Conceitos**. 4ª Edição. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 2011. 704p.

BARACAT-PEREIRA; M.C., OLIVEIRA, M.G.A.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A.; SANTORO; M.M. Biochemical properties of soybean leaf lipoxygenases: presence of 16 soluble and membrane bound forms. **Plant Physiol Biochemecal**, v. 39; págs. 91-98; 2001.

BRONICK, C.J.; LAL R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, págs. 3–22, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema plantio direto de longa duração. **Bragantia**; vol. 75; n. 1; p. 87 95; 2016.

CANFORA, L.; BACCI, G.; PINZARI, F.; LO-PAPA, G.; DAZZI, C. Benedetti A Salinity and Bacterial Diversity: To What Extent Does the Concentration of Salt Affect the Bacterial Community in a Saline Soil? **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106662>

CERQUEIRA, W. F.; DE MORAIS, J. S.; SANTANA, J.; A BAHIA; B. A. Influência de bactérias do gênero *Bacillus* sobre o crescimento de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Enciclopédia biosfera**, v.11, n. 20, 2015.

CHOWDHURY; S.P.; HARTMANN; A.; GAO; X.; BORRIS; R. Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42- a review. **Fontiers in microbiology**; vol. 6; n. 780; 2014. doi: 10.3389/fmicb.2015.00780.

COSTA, E.M.; NÓBREGA, R.S.A.; CARVALHO, F.; TROCHMANN, A.; FERREIRA; MOREIRA; F.M.S. Promoção do crescimento vegetal e diversidade genética de bactérias isoladas de nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 9, págs. 1275-1284, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000900012>

DIAS; M.A.M. **Caracterização fenotípica; molecular e simbiótica de bactérias nativas do semiárido isoladas de nódulos de algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw.) DC] e jurema preta [*Mimosa tenuiflora* (Wild.)]** / Marcos André Moura Dias. -- Petrolina; 2018.

FANTINEL, V. S.; MUNIZ, M. F. B., POLETTO, T.; DUTRA, A. F.; KRAHN, J. T.; FAVARETTO, R. F.; SARZI, J. S. Biocontrole *in vitro* de *Colletotrichum siamense* utilizando *Trichoderma* spp. e *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n.3, págs. 43-50, 2018.

FERREIRA; R.J. **Espécies de *Bacillus* no controle de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* *in vitro* e na cana de açúcar.** Dissertação (mestrado); Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal; SP; 2015; 60 p.

JOHN; R.P.; TYAGI; R.D; SURAMPALLI; R.Y.; PRÉVOST; D. Bio-encapsulation of microbial cells for targeted agricultural delivery. **Critical Reviews in Biotechnology**; n. 31; vol. 3; págs: 211–226; 2011.

LIMA, O. D. D. R.; SANTOS, M. S. B.; RODRIGUES;, A. A. C.. Ação antifúngica *in vitro* de isolados de *Bacillus ssp.* sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, págs. 57-64, 2014.

LIZÁRRAGA-SÁNCHEZ, G.J.; LEYVA-MADRIGAL, K.Y.; SÁNCHEZ-PEÑA, P.; QUIROZ-FIGUEROA, F.R.; MALDONADO-MENDOZA, I.E. *Bacillus cereus* sensu lato strain B25 controls maize stalk and ear rot in Sinaloa; Mexico. **Field Crops Res** Vol. 176; págs.11–21; 2015. doi:10.1016/j.fcr.2015.02.015

MARTINS, S.J.; MEDEIROS, F.H.V.; SOUZA, R.M.; FARIA, A.F.; CANCELIER,E.L.; SILVEIRA, H.R.O.; RESENDE, M.L.V.; GUILHERME, L.R.G. Common bean growth and health promoted by rhizobacteria and the contribution of magnesium to the observed responses. **Applied Soil Ecology**; vol. 87; págs. 49–55; 2015.

MICHEREFF; S.J.; ANDRADE; D.E.G.T.; MENEZES; M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais.** Recife; Brasil. Universidade Federal Rural de Pernambuco; Imprensa Universitária. pp. 1 18. 2009.

NEVES; A. G. D. **Identificação molecular de bactérias edáficas em uma área de preservação no semiárido paraibano.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba; João Pessoa; 2016. 34f.

NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; HOLANDA JÚNIOR; E.V.; MENEZES; R.I.Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 22; n. 1, pp. 131-140, 2009.

PAUL, D.; LADE, H. Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review. **Agronomy for sustainable development**, v. 34, n. 4, págs. 737-752, 2014.

SÁ, M.N.F.; SILVA, E.R.D. Efeito de *Bacillus* sp. e *Trichoderma* sp. no crescimento micelial de *Sclerotium rolfii*. **Acta Brasiliensis** v. 3, n. 2, p. 79-81, 2019. Doi: <https://doi.org/10.22571/2526-4338158>.

SANTOS, T.M.; SANTOS, M.A.L.; SANTOS, C.G.; SANTOS; V.R. Efeito da fertirrigação com vinhaça nos microrganismos do solo. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, 2009.

SHARMA; K.K.; SINGH; U.S.; SHARMA; P.; KUMAE; A. SHARMA; L. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. **Journal of Applied and Natural Science.**; vol. 1; n. 7;págs. 521 – 539; 2015.

SILVA, A.J.J.; MUZI, M.F.S.; MOURA ILHO, G.; ROCHA, F.S. *Bacillus subtilis* no tratamento de mudas de bananeira infectadas por fitonematoides. **Rev. Ceres**, v. 65, n. 1, págs. 99-103, 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201865010013>.

SILVA, J.J.; VIARO, H.P.; FERRANTI, L.S.; OLIVEIRA, A.I.M.; FERREIRA, J.M.; RUAS, C.F. Genetic structure of *Fusarium verticillioides* populations and occurrence of fumonisins in maize grown in southern Brazil. **Crop protection**; n. 99: págs; 160 167; 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.020> .

SOUTO, J.; BELTRÃO, N.; TEODORO, A. Performance of Remotely Sensed Soil Moisture for Temporal and Spatial Analysis of Rainfall over São Francisco River Basin; Brazil. **Geosciences**, v. 9, n. 144, 2019.

SOUTO; P.C.; BAKKE; I.A.; SOUTO; J.S.; OLIVEIRA; V.A. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semi-árido da Paraíba; Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22; n. 3, 2009.

SOUZA; J.A.A; BATISTA; R.O.; RAMOS; M.M.; SOARES; A.C.A. microbiológica do perfil do solo com esgoto sanitário. **Acta Scientiarum Technology**, v. 33; n. 1, 2011.

SOYTONG, K.; PONGNAK, W.; KASIOLARN, H. Biological control of *Thielaviopsis* Bud Rot of *Hyophorbe lagenicaulis* in the field. **Journal of Agricultural Technology**, v. 23; p.235-245; 2005.

VAN HORN, D.J.; OKIE, J.G.; BUELOW, H.N.; GOOSEFF, M.N.; BARRETT, J.E.; TAKACSVESBACH, C.D. Soil microbial responses to increased moisture and organic resources along a salinity gradient in a polar desert. **Appl Environ Microbiol**, v. 80, págs. 3034 –3043, 2014.

VARDHARAJULA, S.; ALI, S. Z. Exopolysaccharide production by drought tolerant *Bacillus spp.* and effect on soil aggregation under drought stress. **J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.**, v. 4; págs. 51–57, 2014. doi: 10.15414/jmbfs.2014.4.1 .

YAN, N.; MARSCHNER, P.; CAO, W.H.; ZUO, C.Q.; QIN, W. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. **Int Soil Water Conserv Research**, v. 3, págs. 316–323, 2015.

ZHANG, K.; SHI, Y.; CUI, X.; YUE, P.; LI, K.; LIU, X.; TRIPATHI, B.M.; CHU, H. Salinity is a key determinant for soil microbial communities in a desert ecosystem. **mSystems**, v. 3, n.4, 2019. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00225-18> .