



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



GERSON FREITAS VIEIRA NETO

CULTIVO DA BATATA-DOCE FERTIRRIGADA COM BIOINSUMOS

CHAPADINHA – MA

2023

GERSON FREITAS VIEIRA NETO

CULTIVO DA BATATA-DOCE FERTIRRIGADA COM BIOINSUMOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Profa. Dr^a Maryzélia Furtado de Farias

CHAPADINHA – MA

2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Vieira Neto, Gerson Freitas.

Cultivo da batata-doce fertirrigada com bioinsumos /
Gerson Freitas Vieira Neto. - 2023.

38 f.

Orientador(a): Maryzélia Furtado de Farias.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha, MA, 2023.

1. Bacillus. 2. Ipomoea batatas. 3. Irrigação. I.
Farias, Maryzélia Furtado de. II. Título.

GERSON FREITAS VIEIRA NETO

CULTIVO DA BATATA-DOCE FERTIRRIGADA COM BIOINSUMOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Profa. Dr^a Maryzélia Furtado de Farias

Aprovado em: / /

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maryzélia Furtado de Farias (Orientadora)
Professora na Universidade Federal do Maranhão – CCCh

Profa. Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Professora na Universidade Federal do Maranhão – CCCh

Prof. Dr. Khalil de Menezes Rodrigues
Professor na Universidade Federal do Maranhão – CCCh

DEDICATÓRIA

Aos meus avós, Maria da Gloria Freitas Vieira, Gerson Vieira, que sempre me amaram incondicionalmente estiveram sempre presente em minha vida e a minha orientadora Maryzélia Furtado de Farias por estar sempre a disposição em todo e qualquer momento.

E mesmo que nada funcione
eu estarei de pé, de queixo erguido. ♪

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, por sempre iluminar os meus caminhos e fazendo com que eu tomasse as decisões corretas.

À minha família, em especial a meus avós, Maria da Gloria e Gerson Vieira que nunca me abandonaram e sempre me deram apoio tanto financeiro quando emocional. Também a meu pai Gerson Filho por nunca desistir de mim, a minha mãe Virliana de Jesus por sempre cuidar de mim e orar todos os dias para que esse sonho fosse real, a minha madrinha Selma de Jesus que foi essencial na minha vida e cuidou de mim como uma mãe cuida de um filho, me fazendo ser uma pessoa cada vez melhor e me dando apoio em todas as decisões que eu tomei na vida, a Fernanda Mendonça por ter me apoiado diversas vezes e ser uma pessoa incrível, o tempo que passei com você foi uma experiência ótima e agradeço por tanto. Também a Ivan Freitas Vieira, Patrícia Mendonça, Virleide Amorim, Virlene Cabral, Danilo Henrique, Tainara, Igor Henrique, Cesar Roberto, Cleycy Helena por sempre me mandarem mensagens e tendo disponibilidade quando eu precisei.

À minha orientadora Maryzélia Furtado, pela paciência, por me conceder a oportunidade de realizar esse trabalho, pelos ensinamentos ao longo da graduação e por toda a sua disponibilidade durante minha trajetória.

À professora Raissa Rachel por toda a dedicação que teve se tratando de mim, pelo acolhimento e por todas as vezes que eu precisei sempre esteve disponível para tirar as dúvidas, você tem uma parcela de responsabilidade por eu não ter desistido de tudo.

Ao Junior Oliveira que foi muito mais que um primo, foi um verdadeiro irmão, amigo e companheiro nas horas que eu mais precisei, sempre me apoiando e me dando a mão em todos os momentos, foram cinco anos convivendo, comendo juntos, brigando juntos e fazendo dezenas de planos, eu nunca esquecerei o quando você foi essencial em minha vida e espero que possa ser até o fim dela.

À Tays Pereira por ser uma amiga como jamais outra, sempre cuidando de mim e me dando apoio nos momentos mais sombrios da minha vida, agradeço por todas as aventuras e por nunca desisti de mim, eu sem sombra

de dúvidas nunca esqueci o quando você foi um dos alicerces da minha trajetória e nunca deixou que algo abalasse.

À Maria Raysse que foi uma amiga que eu jamais achei que teria, extremamente companheira em todo e qualquer momento durante a graduação, foi inimaginável o quanto eu me apeguei a ela, uma pessoa tão recente em minha vida e que fez algo de anos, obrigado por sempre estar disponível e presente em minha vida, você foi um girassol que brilhou no meu caminho e eu espero que nunca pare de brilhar.

À Shafira, Katarina e Karol por serem amigas desde o início, vocês foram ótimas e maravilhosas, amei imensamente conhecer cada uma de vocês e poder disfrutar não só das dores de cabeça por conta das disciplinas, mas sim pelo conhecimento.

À Amanda Miranda, Brenda Ellen e Brenda Carvalho por serem ótimas amigas e me acolherem na sua casa por diversos momentos, as risadas e especialmente Amanda por ser uma ouvinte excepcional e uma companheira tão maravilhosa com quem pude dividir tantos segredos e medos.

À Wanderson Martins, André Mamedio, Max Mesquita, Simeone, Jobson, Luiz Alberto, Marlon, Davi, aos grupos de pesquisa MASCEMA, FRUTIMA, FLORIMA, BIOIMA e as turmas de irrigação por ajudarem na realização desse projeto.

Aos professores Khalil, Luma, Pedro Augusto, Carlos Augusto, Izumy e Marcus Willami por sanarem dúvidas e ajudarem na construção desse trabalho.

Ao Lázaro Nikael por estar comigo na reta final me dando apoio e sendo a pessoa mais incrível que poderia conhecer, agradeço imensamente o apoio e toda sua disponibilidade se tratando de mim.

Por último, mas tão importante quanto, a duas pessoas que conheci tão cedo e me arrependo de não ter conhecido antes, Dani e Carlos, vocês foram vizinhos adoráveis e essenciais, obrigado por tanto.

RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é um tubérculo originário na América central, rica em carboidratos, essencial na agricultura familiar, em várias regiões, principalmente no verão. Porém ela é suscetível a diversas pragas precisando ter o controle com bioinsumos, que são considerados a nova fronteira da expansão agrícola no Brasil, pois são baseados no uso de uma matriz biológica existente na natureza, como substâncias bioativas e a diversidade de plantas, animais e microrganismos acima e abaixo do solo podendo ser combinado com a fertirrigação para reduzir custos e ter uma maior precisão. Objetivou-se com o trabalho analisar a produção da batata doce fertirrigada com bioinsumos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação que se encontra sobre vegetação de Cerrado, localizada no Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão (03°44'28,7" S e 43°18'46" W), em Chapadinha, Maranhão, Brasil. Foi utilizada a batata-doce, cultivar BRS Rubissol, ciclo 110 dias. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, consistindo em 4 tratamentos: Testemunha (sem *Bacillus*), *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus aryabhatai*, com 5 repetições totalizando 20 parcelas. Foram utilizados 1000 mL de cada bactéria com dosagens de 50 mL para o processo de fertirrigação distribuídas em cada tratamento, repetindo o processo a cada 30 dias, com 3 aplicações durante o período de 110 dias após o plantio. A análise do efeito dos *Bacillus* aplicados na batata-doce (*Ipomoea batatas*) revelou que a parte aérea da planta não foi afetada, mas as raízes foram diretamente modificadas. O tratamento *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* tiveram o maior espalhamento das raízes. A aplicação dos bioinsumos testados é recomendada para o melhor desenvolvimento do tubérculo da batata-doce. Sugerimos a repetição do experimento em campo com diferentes dosagens de *B. megaterium* para a identificação do melhor desenvolvimento do vegetal a temperaturas elevadas.

Palavras chaves: *Ipomoea batatas*, *Bacillus*, irrigação.

ABSTRACT

The sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is a tuber native to Central America, rich in carbohydrates, essential in family farming in various regions, especially in the summer. However, it is susceptible to several pests and requires control with bioinputs, which are considered the new frontier of agricultural expansion in Brazil. Bioinputs are based on the use of a biological matrix existing in nature, such as bioactive substances and the diversity of plants, animals, and microorganisms above and below the soil, which can be combined with fertigation to reduce costs and increase precision. The objective of the work was to analyze the production of sweet potatoes fertigated with bioinputs. The experiment was conducted in a greenhouse located on Cerrado vegetation, at the Chapadinha Science Center of the Federal University of Maranhão (03°44'28.7" S and 43°18'46" W), in Chapadinha, Maranhão, Brazil. Sweet potato, BRS Rubissol cultivar, 110-day cycle was used. The experimental design was in randomized blocks, consisting of 4 treatments: Control (without *Bacillus*), *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus aryabhattai*, with 5 repetitions totaling 20 plots. 1000 mL of each bacterium was used with dosages of 50 mL for the fertigation process distributed in each treatment, repeating the process every 30 days, with 3 applications during the period of 110 days after planting. The analysis of the effect of *Bacillus* applied to sweet potato (*Ipomoea batatas*) revealed that the aerial part of the plant was not affected, but the roots were directly modified. The *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* treatments had the greatest root spread. The application of the tested bioinputs is recommended for the better development of the sweet potato tuber. We suggest repeating the experiment in the field with different dosages of *B. megaterium* to identify the best development of the plant at high temperatures.

Key words: *Ipomoea batatas*, *Bacillus*, irrigation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	A cultura da batata-doce	16
3.1.1	Características da planta	16
3.1.2	Importância socioeconômica	17
3.1.3	Exigências nutricionais	18
3.2	Características físicas e químicas do solo	19
3.3	<i>Bacillus</i> contribuintes na saúde e desenvolvimento da planta/solo 20	
3.3.1	<i>Bacillus subtilis</i>	21
3.3.2	<i>Bacillus megaterium</i>	21
3.3.3	<i>Bacillus aryabhatai</i>	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6	CONCLUSÕES	34
	REFERÊNCIAS	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tubérculo da batata doce com broca da raiz (<i>Euscepes postfasciatus</i>) no tratamento 1.	27
Figura 2 - Tubérculo com aplicação dos <i>Bacillus</i>	27
Figura 3 - Massa fresca das raízes de batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.	28
Figura 4 - Massa seca das raízes de batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.....	29
Figura 5 - Volume das raízes de batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.	30
Figura 6 - Capacidade real de água no solo (CRA) com aplicação dos bacillus aplicados de batata doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.	Erro! Indicador não definido.
Figura 7 - Valores de pH e acidez total no solo de batata doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análises de variância massa fresca das raízes (MFR), massa fresca aérea (MFV), massa seca das raízes (MSR), massa seca aérea (MSV), volume das raízes (VR), comprimento do tubérculo (CT), clorofila (Cl), comprimento foliar (CF), comprimento das raízes (CR), diâmetro do tubérculo (CT), peso do tubérculo (PsT) da batata doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha-MA, 2023.	26
Tabela 2. Análises de variância da massa do solo úmido (Mu), massa do solo seco (Ms), umidade na capacidade de campo (U%CC), umidade no ponto de murcha permanente (U%PMP), capacidade real de água no solo (CRA), pH do solo (pH), acidez total do solo (AT), condutividade elétrica do solo (CE) de batata doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha-MA, 2023.	31

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma espécie originária na América central e pertence à família Convolvulaceae. A produção brasileira dessa hortaliça é a terceira maior do Brasil, com quase 848 mil toneladas por ano. Já no Maranhão são produzidas pouco mais que 6 toneladas por ano (IBGE, 2022; GOMES et al., 2023).

A cultura de batata-doce tem sido frequentemente cultivadas em áreas marginais de climas tropicais e subtropicais, onde o solo é pobre em nutrientes essenciais (WANG et al, 2022). Isso resulta em baixo crescimento vegetativo e rendimento, uma vez que em determinados solos esses nutrientes são primordiais para desenvolver o tubérculo (MUNDA et al., 2019).

Os Latossolos são solos maduros e profundos com excelente drenagem, o que os torna ideais para uso agrícola. Eles são conhecidos por sua baixa fertilidade natural, mas são visados pelas atividades agrícolas devido à sua grande estabilidade estrutural. A elevada profundidade favorece a mecanização, a infiltração e o armazenamento de água, minimizando a ação da erosão, que é facilmente evitada pelo uso de irrigação (PESSOA et al., 2018; MARTINS; SILVA, 2022). Porém com a elevação na umidade do solo pode proporcionar um ambiente favorável a hospitabilidade de patógenos e fungos, que para a batata doce é altamente prejudicial, podendo ocorrer a perda total do tubérculo.

A batata-doce é um tubérculo essencial na agricultura familiar em várias regiões, principalmente no verão, período que exige menor nível tecnológico e, portanto, menores custos de produção. No entanto, ela é suscetível a diversas pragas, sendo as mais importantes a broca-da-raiz (*Euscepes postfasciatus*) e a broca-das-hastes (*Megasthes pusialis*) (ANDRADE et al., 2020). Atualmente, o controle de pragas em cultivos de batata-doce é realizado através de defensivos químicos, que podem ser prejudiciais tanto para o solo quanto para a planta. Isso pode deixar o solo salinizado quando aplicado em larga escala. Por esse motivo, a substituição por defensivos biológicos se torna cada dia mais viável .

Os bioinsumos são considerados a nova fronteira da expansão agrícola no Brasil, pois os defensivos biológicos são baseados no uso de uma matriz

biológica existente na natureza, como substâncias bioativas e a diversidade de plantas, animais e microrganismos acima e abaixo do solo. Em outras palavras, as possibilidades de combinação são praticamente infinitas (VIDAL et al, 2023).

O desenvolvimento de tecnologias de biointrodução é considerado o que há de mais avançado no melhoramento de plantas. Existem vários bioinsumos fitossanitários disponíveis no mercado e na literatura, que são utilizados para melhorar a fertilidade do solo, nutrição de plantas e manejo de espécies. Esses bioinsumos são engajados no manejo e controle de pragas e doenças, incluindo bioacaricidas, biofungicidas, feromônios e bioinseticidas (FAEDO et al., 2022). Podem ser aplicados via irrigação, permitindo maior distribuição na planta e no solo, evitando desperdício e aumentando a eficiência. Pois agem fortemente no controle biológico, absorção e fixação de nutrientes, entre outros.

Estudos têm sido direcionados para a substituição ou adoção de métodos localizados de irrigação na cultura da batata-doce, com o objetivo de minimizar os efeitos do déficit hídrico e melhorar o ambiente de cultivo e a operacionalidade da mão de obra. A irrigação localizada permite um maior controle da água aplicada e apresenta alta eficiência de aplicação, o que pode resultar em maior produtividade (MANTOVANI et al, 2022).

A técnica de fertirrigação, que consiste na aplicação simultânea de fertilizantes e água, através de um sistema de irrigação, pode ser combinada com o uso de bioinsumos. Eles são capazes de melhorar a fertilidade do solo e combater as pragas e doenças que atacam as lavouras. A utilização de bioinsumos na fertirrigação da cultura pode trazer benefícios como a diminuição da perda de nutrientes causada pela lixiviação, além da diminuição dos gastos com vários insumos utilizados. Por essas questões o trabalho teve como objetivo observar a produção da batata-doce fertirrigada com bioinsumos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a produção da batata-doce (*Ipomoea batatas*) fertirrigada com *Bacillus subtilis*, *B. megaterium* e *B. aryabhatai* em casa de vegetação localizada em Chapadinha, Maranhão, Brasil.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar as características vegetativas da batata-doce em resposta as dosagens dos bioinsumos;
- ✓ Observar o desenvolvimento da cultura em cada um dos bioinsumos estudados;
- ✓ Analisar as alterações na parte física e química do solo fertirrigado com bioinsumos;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura da batata-doce

3.1.1 Características da planta

A batata-doce é uma espécie dicotiledónea da Família das Convolvuláceas, com nome científico *Ipomoea batatas* (L.) Lam. A planta tem um caule herbáceo, cilíndrico, predominantemente prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade variáveis. As folhas são simples, com formato, recorte e cor variáveis, possuem pecíolo longo e ramificações de diferentes tamanhos, cores e pilosidade, que podem se estender até 2 a 3 metros no solo (LIMA et al., 2023).

A cultura da batata-doce possui folhas simples, em grande número, variando em formas e recortes, com pecíolos longos e cor verde. As flores são simpétalas, de tamanho médio e podem apresentar tonalidades que vão do branco ao roxo. O fruto é uma cápsula de cor castanha ou preta. A batata-doce possui dois tipos de raízes: absorventes, que são abundantes e muito ramificadas, podendo até se desenvolver nos nós dos caules; e raízes de reserva ou tuberosas, que podem ser redondas, oblongas, fusiformes ou alongadas. A coloração da epiderme dessas raízes varia entre branca, amarela, vermelha ou roxa, enquanto a polpa pode ser branca, amarela, laranja ou roxa (FERREIRA et al., 2021).

A batata-doce é uma hortaliça que se destaca em carboidratos mais saudáveis, muita fibra, fácil de crescer e se adaptar a diferentes tipos de solo e clima, além de ser uma matéria-prima com baixo custo de produção (LAURIE et al., 2018). É uma hortaliça muito versátil quanto ao aproveitamento das raízes, mas também de suas folhas, que são ricas em proteínas. A massa da raiz dos tubérculos contém hidratos de carbono, beta-caroteno (precursor da vitamina A), Complexos de vitaminas C, B e E e minerais como potássio, cálcio e ferro. Raízes carnudas roxas contêm antocianina, um pigmento antioxidante muito útil para a saúde" (EMBRAPA, 2021).

Segundo as pesquisas de Fageria e Baligar (1993), a batata-doce é facilmente capaz de utilizar os nutrientes em seu favor por conta dos seus

diversos mecanismos morfofisiológicos. Eles citam que suas raízes têm sistema radicular extenso, o que torna a planta muito mais eficiente. Obtém alta relação entre a raiz e sua parte aérea, que quando ocorre baixa fertilidade, suas raízes conseguem modificar a rizosfera para se adaptar a diversas situações. Além disso, suas raízes podem se associar aos microrganismos que fixam nitrogênio da atmosfera. Quando o acúmulo de nutrientes nos tecidos é baixo, a batata é capaz manter seu metabolismo estável, além de possuir alta taxa fotossintética.

3.1.2 Importância socioeconômica

A batata-doce possui alto desempenho socioeconômico tanto no mundo quanto no Brasil, pois é cultivada em todo o país. É de fácil cultivo, rústica, amplamente adaptável, tolerante à seca, baixo custo de produção e acima de tudo uma planta familiar. Possui alta diversidade genética que varia em cor, teor de proteína, produtividade de raízes e galhos, entre outros (MARQUES, 2015).

A cultura da batata-doce pode ser utilizado na alimentação humana e animal ou como alternativa na produção de biocombustíveis (álcool), amido, massas, doces, sobremesas industriais e farinhas, por ser considerada uma planta polivalente (MAINO et al., 2019). Para muitos, a batata-doce é vista apenas como uma cultura auto-sustentável, pois é comum na mesa familiar, geralmente consumida assada ou cozida, mas também pode ser utilizada como matéria-prima industrial de alto valor nutritivo. a presença de carboidratos, β -caroteno e antocianinas (responsáveis por algumas alterações de cor na polpa), compostos fenólicos, fibras, ácido ascórbico e fólico, provitamina A e sais minerais (VIZZOTTO et al., 2018).

As batatas-doces são versáteis em termos de preparo, podendo ser cozidas no vapor, fervidas, fritas, assadas e usadas em várias receitas e produtos na forma de amidos e farinhas. O método de preparo escolhido também pode afetar a presença de antinutrientes. Por exemplo, a fritura tende a reduzir os níveis de oxalatos e ácido fítico nas batatas-doces em comparação com o cozimento em água fervente. No entanto, as raízes cozidas por fervura geralmente contêm menos taninos do que aquelas que são. É importante notar que o cozimento no forno aumenta o teor de matéria seca e cinzas nas batatas-

doces, mas reduz a quantidade de fibra alimentar e proteína. Além disso, a fervura em água pode resultar em uma maior retenção de compostos fenólicos nas raízes, embora a maioria desses fitoquímicos seja degradada nas folhas durante o processo (ABONG et al., 2020).

Segundo Alan (2021), a batata-doce, devido à sua diversidade genética, é uma valiosa matéria-prima em diversos setores industriais. A indústria de alimentos desempenha um papel fundamental ao utilizar as raízes da batata-doce na produção de uma ampla variedade de produtos, que incluem produtos lácteos, como iogurte e leite fermentado, macarrão, pão, bebidas alcoólicas e não alcoólicas. Um dos principais subprodutos obtidos é o amido, que corresponde a aproximadamente de 50% a 80% do teor de matéria seca da raiz.

3.1.3 Exigências nutricionais

A batata-doce é uma cultura que produz raízes tuberosas e, portanto, requer uma grande quantidade de nutrientes no início de seu crescimento devido à rápida taxa de desenvolvimento e ao curto ciclo de produção. Estudos mostram que a adubação balanceada afeta a qualidade e a produção das raízes, pois esses nutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos das raízes. A adubação de batata-doce é feita no plantio com nitrogênio-fósforo-potássio (NPK) suplementado com cobertura morta de nitrogênio e potássio quando a porcentagem de K for superior a 60 kg ha⁻¹, 30 dias após o plantio (DAP) (OLIVEIRA et al., 2017).

Recomenda-se aplicar todo o P e metade do K e do N no plantio, e aos 45 DAP, realizar uma adubação de cobertura com N e K (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Desta forma, ressalta-se que estabelecer uma recomendação de nitrogênio para as culturas é um desafio, pois apesar de ser um importante nutriente para as hortaliças, não há uma recomendação adequada para alta produtividade. Conhecer a quantidade e a necessidade dos nutrientes em geral é de extrema importância para determinar as doses e épocas de aplicação que permitam a disponibilidade suficiente à cultura (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011).

A cultura da batata-doce requer muito nitrogênio durante seu ciclo de desenvolvimento, pois segundo Ferreira (2017), ele foi mais acumulado nas

raízes e na parte aérea, seguido de elementos como K e Ca em que a ordem de exportação dos nutrientes segue uma escala decrescente: Potássio > Nitrogênio > Fósforo > Cálcio > Magnésio (K>N>P>Ca>Mg). No entanto, considerando que o ciclo da cultura pode variar de 4 a 7 meses, surge a questão se seria apropriado distribuir a adubação nitrogenada em mais parcelas, devido à suscetibilidade desse nutriente a perdas por lixiviação no solo (OLIVEIRA et al., 2021).

3.2 Características físicas e químicas do solo

Ao cultivar a batata-doce é possível observar que ela não requer muita água nem nutrientes, resultando em baixos custos de produção. No entanto, precisa de solo bem drenado. Solos arenosos oferecem melhor desenvolvimento para a planta, embora seja possível em solos argilosos. Geralmente solos com alta granularidade são mais favoráveis para raízes tuberosas da batata-doce (ABREU et al. 2015).

Na escolha do plantio da batata-doce deve-se levar em consideração a inclinação do terreno, sua exposição ao sol, disponibilidade de água, características do solo e isolamento da área. Regra geral, a batata-doce cresce em diferentes tipos de solo. No entanto, elas são consideradas ideais para solos mais leves, argilo-arenosos, soltos, com boa estrutura, média ou alta fertilidade, bem drenados e bem arejados. Excesso de matéria orgânica, nitrogênio e umidade promovem ramificação e pouca formação das raízes. O solo compactado reduz a produtividade. Isso também deve ser considerado sua profundidade, que não deve ser inferior a 30 cm (CASTRO et al. 2010). Os mesmos autores falam que os valores ideais de pH estão entre 5,6 e 6,5, permissivo acidez, a batata-doce não precisa de cal, exceto em casos extremos.

Em lugares que precisa de correção no solo, a calagem deve ser feita cerca de 90 dias antes do plantio, após a debulha e antes da gradagem. Fertilização com P₂O₅ deve ser feito 50-60 dias após a calagem. Cerca de cinco dias antes plantio, nova lavoura e gradagem devem ser feitas. Existe uma opção no solo onde os vegetais já foram cultivados não adubar com sobras de nutrientes da safra anterior (LEMOS et al., 1992).

A adubação nitrogenada deve ser aplicada 50% no plantio e o restante no cobertura após 30 e 45 dias. Adubo orgânico pode ser usado para o plantio de mudas saudáveis de batata-doce para complementar o fertilizante mineral e melhorar as condições físicas do solo. O nitrogênio é importante, mas apenas se não for usado em excesso. O fósforo é essencial para o desenvolvimento das raízes e o potássio proporciona uma melhor resistência dos tecidos impedindo a formação de raízes muito longas (LEMOS et al., 1992).

3.3 *Bacillus* contribuintes na saúde e desenvolvimento da planta/solo

Entre as novas tecnologias que podem beneficiar diferentes culturas estão as bactérias do gênero *Bacillus*, que podem afetar direta ou indiretamente as plantas e atuar no controle de doenças, pragas, e como solventes de nutrientes e promotores de crescimento. Essas bactérias são encontradas, de determinadas formas, no solo, rizosfera, água, ar e tecidos vegetais em decomposição (MONNERAT, 2020).

As rizobactérias do gênero *Bacillus amyloliquefaciens* são as mais estudadas em ambientes agrícolas por serem bactérias cosmopolitas, habitantes naturais do solo e frequentemente associadas a rizosfera e ambiente endofítico de plantas. *B. amyloliquefaciens* está associada à proteção de plantas e sua promoção tem produzido resultados muito positivos crescimento vegetal e redução de danos causados por fitopatógenos (GUIMARÃES et al., 2013).

Vários estudos têm demonstrado a capacidade da bactéria *Bacillus* de promover o crescimento das plantas. Braga Junior (2015) descobriu que isolada, a bactéria *Bacillus subtilis* foi capaz de promover o crescimento de soja e *capsicum*, que produz um maior valor de biomassa. *Bacillus* sp. isolados no experimento de Batista (2012) promoveu crescimento de massa seca da raiz e a parte aérea do milho. Após Freitas (2023) experimentar os *Bacillus* com variadas plantas para observar o seu crescimento e ver sucesso nas pesquisas, Melo e Donzeli (2003), isolaram diversas rizobactérias do gênero *Bacillus* para o mesmo fim e também obtiveram sucesso.

Esses *Bacillus* podem ser aplicados às plantas de várias maneiras por

meio de tratamento de sementes, explantes e mudas micropropagadas, acopladas ao meio de plantio, estacas, tubérculos e tratamentos radiculares, partes aéreas incluindo pulverização de folhas e frutos e pós-colheita (MARIANO et al, 2004).

3.3.1 *Bacillus subtilis*

A espécie *Bacillus subtilis* é uma bactéria que afeta a promoção do crescimento vegetal, a solubilização de nutrientes, a produção de antibióticos importantes no controle biológico e a síntese de hormônios vegetais como auxina, citocinina e giberelina (ROSADA, 2022). É uma bactéria de solo Gram-positiva, não patogênico, colonizador de tecidos, naturalmente transformável (capacidade de capturar DNA exógeno faz parte do seu ciclo de vida) e formação de esporos, considerado um exemplo de informações sobre suas funções para o estudo de bactérias gram-positivas, características genéticas e fisiológicas semelhantes às disponíveis apenas em gramas. *Echerichia coli* K12 negativa (NITSCHKE et al. 2007).

Algumas cepas de *B. subtilis* podem produzir todos os três diferentes lipopeptídeos, surfactina, iturina e fengicina, enquanto outras cepas pode produzir apenas um dos lipopeptídeos. Esses lipopeptídeos podem alterar a hidrofobicidade da superfície bacteriana e, portanto, sua adesão em superfícies sólidas. Este aspecto parece essencial para esclarecer propriedades antifúngicas de lipopeptídeos no controle biológico de fitopatologias, sendo reconhecido como um agente eficaz no controle biológico de doenças de plantas. (AHIMOU et al., 2000).

3.3.2 *Bacillus megaterium*

O *Bacillus megaterium* é um agente biológico fertilizante com capacidade de solubilizar fósforo, um macronutriente essencial para as plantas, atuando na fotossíntese, transformação de açúcar em amido, transporte das características genéticas (VELINENI et al., 2011; SHARMA et al., 2013). Essa bactéria é conhecida na literatura mundial como fosfobactérias, essas apresentam eficiência em solubilizar e mineralizar P e promover o crescimento de plantas (OLIVEIRA, 2021).

B. megaterium é um dos subconjuntos de plantas promotoras do

crescimento rizobactérias (PPCR) que é amplamente distribuída nos solos e é membro do microbioma de várias plantas hospedeiras. O *B. megaterium* efetivamente coloniza solos e vivem dentro dos tecidos vegetais para aumentar a regulação do crescimento vegetal (RCV) e proteção através de muitos mecanismos, direta ou indiretamente, incluindo o aumento da solubilidade do fósforo, disponibilidade de nitrogênio, modulação de hormônios vegetais, produção de alguns compostos antimicrobianos e produzir uma ampla gama de compostos bioativos. Essa bactéria também é uma fonte para uma ampla gama de metabólitos e enzimas que estão envolvidos na RCV (AWAD et al. 2021).

Os mesmos autores citam que uma das características mais importantes do *B. megaterium* é sua capacidade de melhorar as raízes em desenvolvimento, assim aumentar a disponibilidade de micronutrientes, aumentar a capacidade das plantas de secretar uma variedade de compostos orgânicos que atraem alguns micróbios do solo e para manter interações mutualísticas com raízes, o que aumenta a capacidade das culturas para crescer bem e superar o estresse e condições. Além disso, sua capacidade de formar esporos, aumentando assim sua capacidade de resistência contra condições de estresse bióticos e abióticos.

3.3.3 *Bacillus aryabhatai*

O *Bacillus aryabhatai*, extraído do mandacaru (*Cereus jamacaru*), típica da vegetação do bioma caatinga, proporciona às plantas maior tolerância a seca, protegendo a lavoura de perdas ocasionadas pelo déficit hídrico (LIMA, 2021).

Na agricultura, estudos têm mostrado o potencial do dessa bactéria em promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, melhorar a disponibilidade de nutrientes, estimular a germinação das sementes, crescimento das raízes, aumento de rendimento, além de ser demonstrar potencial para biocontrole contra patógenos de plantas, reduzindo daí a prevalência de doenças de plantas (HARTHMANN et al., 2010; MELO, 2015).

Segundo Lima et al., (2019), a estimulação do crescimento vegetal pode ser direta ou indireta. Apropriadamente na opinião do autor, o crescimento indireto ocorre por meio da prevenção ou redução promovendo os efeitos nocivos de organismos patogênicos e resistência a patógenos. Esta espécie de

Bacillus tem a capacidade de produzir substâncias antimicrobianas que impedem o crescimento de patógenos, e ajuda a reduzir a incidência de doenças de plantas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação que se encontra sobre vegetação de Cerrado, localizada no Centro de Ciências de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão (03°44'28,7" S e 43°18'46" W), em Chapadinha, Maranhão, Brasil..

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com temperatura média anual superior a 27 °C e precipitação pluvial média anual de 1835 mm, com períodos de chuva entre os meses de janeiro e junho e de seca de julho a dezembro (PASSOS et al., 2016). O solo da área foi classificado como um Latossolo Amarelo distrófico (LAd), textura franco arenosa (SANTOS et al., 2018). Foi utilizado a batata-doce, cultivar BRS Rubissol, ciclo 110 dias. O solo foi coletado somente no horizonte A do local, com aplicação de calcário para correções, distribuindo em todos os vasos para o plantio e em seguida distribuindo as ramas nos vasos. O experimento foi no período de chuvas, durante março a julho.

Os vasos foram irrigados por gotejamento, com vazão de $6,1 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, de acordo com o espaçamento da cultura e a necessidade hídrica da mesma, sendo distribuído 1,1 L de água no dia totalizando $1,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no fim do experimento. Os bioinsumos foram aplicados via fertirrigação com um injetor de fertilizantes tipo Venturi.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, consistindo em 4 tratamentos: Testemunha (sem *Bacillus*), *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus aryabhattai*, com 5 repetições totalizando 20 parcelas. Foram utilizados 1000 mL de cada bactéria multiplicado em biofábrica no laboratório de produção vegetal para o processo de fertirrigação, distribuindo 50 mL em cada tratamento, repetindo o processo a cada 30 dias,

durante o período de 110 dias após o plantio. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e recomendação para a cultura disponível na quinta aproximação, sendo aplicada uma vez durante o experimento e 10 dias antes da distribuição das ramas.

No decorrer do processo foi aplicado *Bacillus thuringiensis* com dosagens de 250 mL diluído em 2 L de água para o controle de pragas. A eliminação de plantas daninhas eram realizadas a cada 15 dias até o fim do ciclo da cultura.

As batatas-doces foram coletadas duas plantas de cada bloco após a finalização do seu ciclo para análises vegetativas, deixando o mínimo possível de matéria fresca da raiz no vaso, distribuindo as plantas que foram analisadas em sacos identificando cada um e levando ao laboratório.

As amostras de solo deformadas foram coletadas em anéis volumétricos, secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de tamis de 2 mm, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras de TFSA foram condicionadas em sacos com revestimento devidamente identificadas para posteriores análises. Para obtenção da umidade do solo foi utilizado o extrator de Richards, nas tensões de 6 kPa e 1500 kPa. Após isso as amostras foram secas em estufa a 105 °C no período de 3 dias.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa fresca e massa seca da parte aérea e das raízes colocando em sacos de papel e secando em estufa de 65 °C por 48 horas, identificação de clorofila por clorofilog, tamanho de folhas em cada planta, comprimento e peso do tubérculo, corte longitudinal no tubérculo, formato, cor e aspecto da película dos tubérculos, volume das raízes, produtividade, densidade do solo, umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente pelo extrator de Richards, capacidade real de água disponível, pH do solo por phmetro, acidez total do solo pelo método de acetato de cálcio e condutividade elétrica do solo pelo método 2 para 1 pelo condutivímetro.

A densidade do solo foi determinada através do método do anel volumétrico, no qual o solo foi coletado através de um cilindro metálico e seco em estufa a 105 °C por 48 horas. Obtendo-se os valores de densidade com a Equação 1:

$$D_s = \frac{M_s}{V}$$

Onde:

D_s = densidade do solo (g/cm^3);

M_s = massa do solo seca a 105°C (g);

V = volume do anel ou cilindro (cm^3).

A umidade ($U\%$) foi determinada através da massa do solo saturada por 24 horas e a massa seca em estufa por 48 horas. Obtendo-se os valores de umidade em porcentagem com a equação 2:

$$U\% = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100$$

Onde:

U = umidade (%);

M_u = Massa do solo úmida (g);

M_s = Massa do solo seca em estufa a 105°C (g).

A capacidade real de água no solo (CRA) para as plantas foi obtida a partir da Equação 4, conforme BERNARDO et al. (2006):

$$CRA = \frac{\theta_{CC} - \theta_{PMP}}{10} \times D_s \times Z$$

Onde:

CRA = capacidade real de água disponível (mm)

θ_{CC} = umidade na capacidade de campo, % em peso (tensão de 6 kPa);

θ_{PMP} = umidade no ponto de murcha permanente, % em peso (tensão de 1.500 kPa);

D_s = densidade do solo (g/cm^3);

Z = profundidade efetiva das raízes (cm).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do programa computacional estatístico Assistat® 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises vegetativas tiveram porcentagens de massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) e volume da raiz (VR) afetados pelos bioinsumos aplicados, porém as aplicações de *bacillus* nas análises de clorofila (Cl), comprimento de folha (CF), comprimento do tubérculo (CT), diâmetro do tubérculo (DT), peso do tubérculo (PsT), massa fresca vegetativa (MFV) e massa seca vegetativa (MSV) não tiveram efeitos significativos (Tabela 1).

Tabela 1. Análises de variância massa fresca das raízes (MFR), massa fresca aérea (MFV), massa seca das raízes (MSR), massa seca aérea (MSV), volume das raízes (VR), comprimento do tubérculo (CT), clorofila (Cl), comprimento foliar (CF), comprimento das raízes (CR), diâmetro do tubérculo (DT), peso do tubérculo (PsT) da batata doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha-MA, 2023.

FV	MFR (g)	MFV (g)	MSR (g)	MSV (g)	VR (l)	CT (cm)
	Valor de F					
Tratamentos	4,45*	1,73 ^{ns}	5,05*	0,56 ^{ns}	3,77*	1,42 ^{ns}
Blocos	1,00 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,73 ^{ns}
CV (%)	36,52	30,92	44,03	25,53	44,68	22,5

FV	Cl	CF (cm)	CR (cm)	DT (cm)	PsT (g)
	Valor de F				
Tratamentos	0,25 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,84 ^{ns}
Blocos	0,62 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,76 ^{ns}
CV (%)	18,31	20,5	40,14	25,21	54,91

FV:

Fonte de variação;^{ns}: Não significativo; CV (%): Coeficiente de variação; *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados descritos na Tabela 1 mostram que as partes mais influenciadas pelos bioinsumos foram às raízes. Róz et al. (2013) verificaram que alguns tipos de bactérias promotoras de crescimento reagem as batateiras e apresentaram respostas positivas quanto ao teor de macronutrientes em seus órgãos e produtividade de tubérculos com o revolvimento do solo. Por esse motivo a variação radicular na MFR, resultando em raízes mais profundas, facilitando a absorção água e nutrientes necessários para o seu desenvolvimento.

Foi observado na coleta dos tubérculos para as análises vegetativas vários destes com fungos e brocas (*Euscepes postfasciatus*) na testemunha e esses se espalharam para as demais plantas desse tratamento (Figura 1). A infestação não afetou os demais tratamentos, já que segundo Lanna Filho et al. (2010), o gênero *Bacillus* spp. é distinguido pela formação de endósporos e muitos mecanismos antagônicos, que permite a sua manutenção e sobrevivência a longo prazo em nichos ecológicos específicos e com mecanismos de ação muito versáteis para contornar a proteção de patógenos em plantas, ambas estavam protegidas de determinadas pragas e doenças (Figura 2).



Figura 1 - Tubérculo da batata doce com broca da raiz (*Euscepes postfasciatus*) no tratamento 1.



Figura 2 - Tubérculo com aplicação dos bacillus.

As variáveis da MFR foram relativamente maiores nos tratamentos *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, mostrando que sua produtividade foi influenciada pela bactéria, aumentando exponencialmente seus tubérculos, tornando-se o mais adequado (Figura 3), pois, de acordo com Ramesh et al. (2015) as bactérias fixam um dos nutrientes mais importantes para a batata-doce, o nitrogênio (N), desenvolvendo o tubérculo normalmente e ao mesmo tempo eliminando pragas e doenças, além de promover o crescimento por produzir hormônios e osmólitos compatíveis.

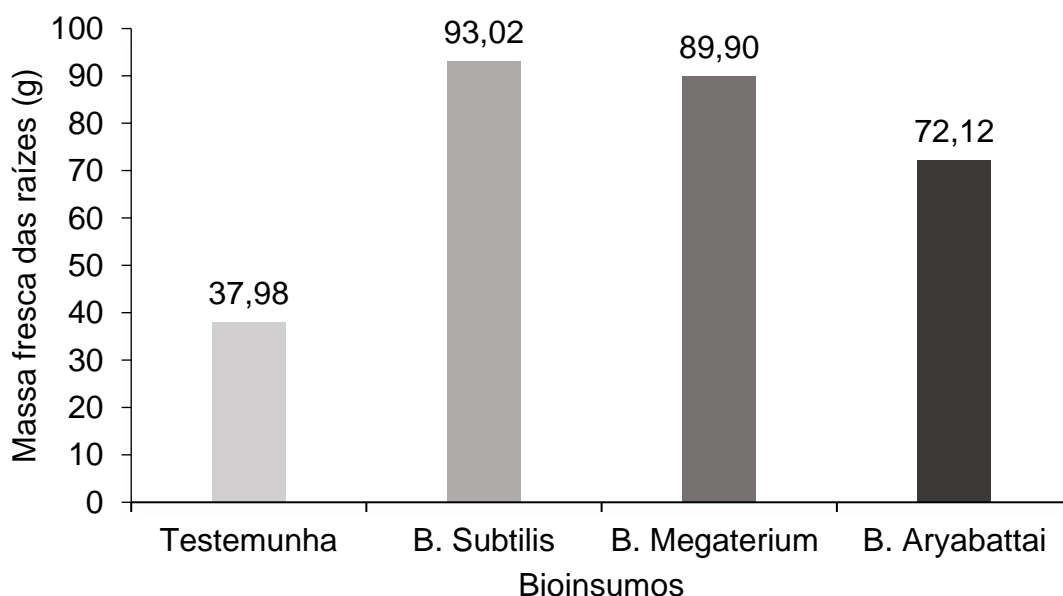


Figura 3 - Massa fresca das raízes de batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023. B: *Bacillus*.

Observando os resultados da MSR (Figura 4) pode-se ver que as plantas com resultados viáveis foram o tratamento *B. subtilis* juntamente com o tratamento *B. megaterium* pois além de desenvolver melhor o tubérculo ele tem maior resistência no processo de murchamento, comprovando isso nas amostras retiradas da estufa de secagem a 65 °C após 48 horas, observando que o tubérculo ainda continuava com líquido, enquanto os demais secaram por completo. Segundo Echer et al (2009), o líquido que continua no tubérculo é pelo fato das batatas precisarem mais de K do que de outros nutrientes, dando mais resistência ao tubérculo e mais dificuldade de murchar. O *B. subtilis* e *B. megaterium* deixam as plantas mais resistentes, consequentemente aumentando a reserva do vegetal.

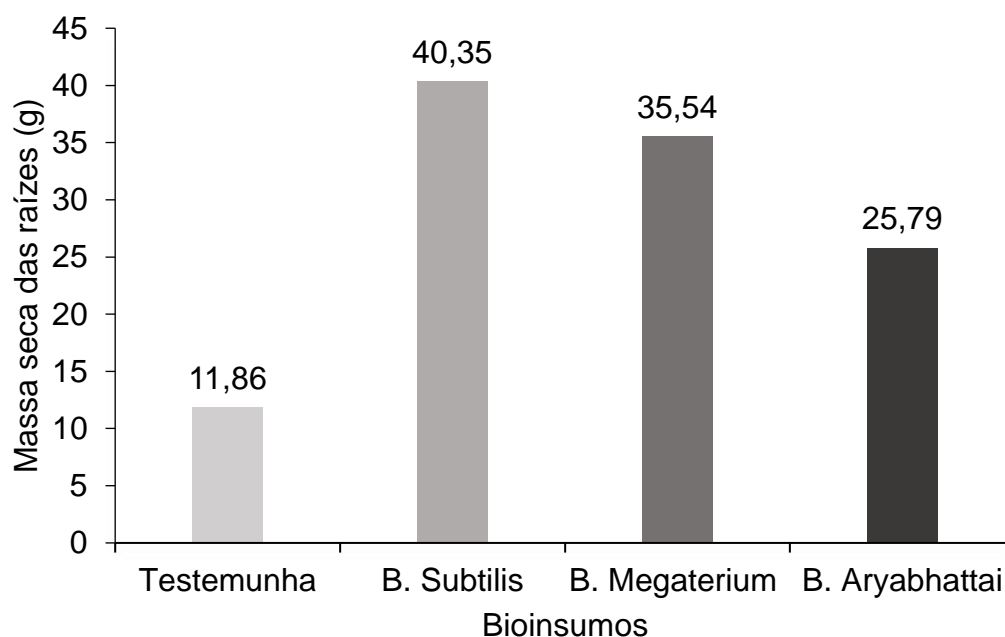


Figura 4 - Massa seca das raízes de batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.

B: *Bacillus*.

Caetano et al. (2020) citam que lugares com climas tropicais desenvolvem com pouca produtividade as raízes da batata-doce, tendo assim um grande tempo de colheita com pouca produção, mas os resultados do volume das raízes foram relevantes e mostram que mesmo com temperaturas elevadas as raízes puderam se desenvolver. Os mesmos autores explicam que o excesso de matéria orgânica e nitrogênio (N), assim como de umidade, propiciam o desenvolvimento de ramas e maior formação de raízes, por isso *B. subtilis* se destacou (Figura 5), sendo um ótimo captador de N, armazenando o nutriente e distribuindo para a planta logo em seguida.

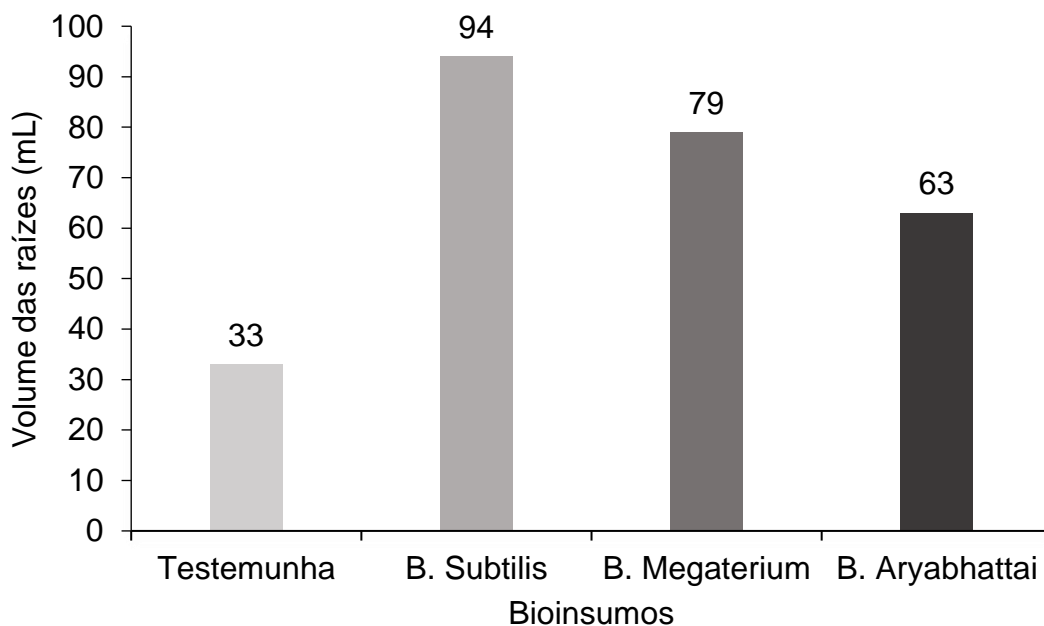


Figura 5 - Volume das raízes de batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.

B: *Bacillus*.

Mesmo com a alta absorção de N as raízes já estavam fortalecidas e saudáveis, não afetando seu desenvolvimento final e aumentando seu tubérculo, juntamente com as raízes que foram mais profundas, adquirindo mais facilidade para absorção de outros nutrientes, já que *B. subtilis* é fixador de nitrogênio, dando mais resistência.

Nas análises físicas e químicas as porcentagens de Massa do solo úmida (Mu), umidade da tensão na capacidade de campo (U%CC), capacidade real de água no solo (CRA), potencial hidrogeniônico (pH) e acidez total (AT) foram afetados pelos bioinsumos aplicados, mas as aplicações de bacillus nas análises de massa do solo seca (Ms), umidade no ponto de murcha permanente (U%PMP) e condutividade elétrica do solo (Ce) não tiveram efeitos significativos (Tabela 2).

Tabela 2. Análises de variância da massa do solo úmido (Mu), massa do solo seco (Ms), umidade na capacidade de campo (U%CC), umidade no ponto de murcha permanente (U%PMP), capacidade real de água no solo (CRA), pH do solo (pH), acidez total do solo (AT), condutividade elétrica do solo (CE) de batata doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha-MA, 2023.

FV	Mu (g)	Ms (g)	UCC (%)	UPMP (%)	CRA (mm)
Valor de F					
Tratamentos	9,89**	1,40 ^{ns}	10,64**	1,98 ^{ns}	16,17**
CV (%)	7,43	10,29	9,53	9,08	42,48

FV	pH	AT	CE (dS/m)
Valor de F			
Tratamentos	18,13**	8,14**	0,51 ^{ns}
CV (%)	6,14	15,41	126,42

FV: Fonte de variação; ^{ns}: Não significativo; CV (%): Coeficiente de variação; ** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 6, pode-se observar que a água disponível no solo testemunha e *B. megaterium* tiveram um ótimo desenvolvimento nos seus tubérculos e uma raiz similar ao tratamento *B. megaterium*. Velloso (2019) cita que isso vai pelo fato do *B. subtilis* ter a capacidade de produzir exopolissacarídeos e outras substâncias orgânicas que podem agir como cimentos naturais, ligando partículas individuais do solo em agregados maiores. Esses agregados criam espaços porosos no solo que funcionam como reservatórios para armazenamento de água. A presença de agregados melhora a capacidade de armazenamento de água do solo.

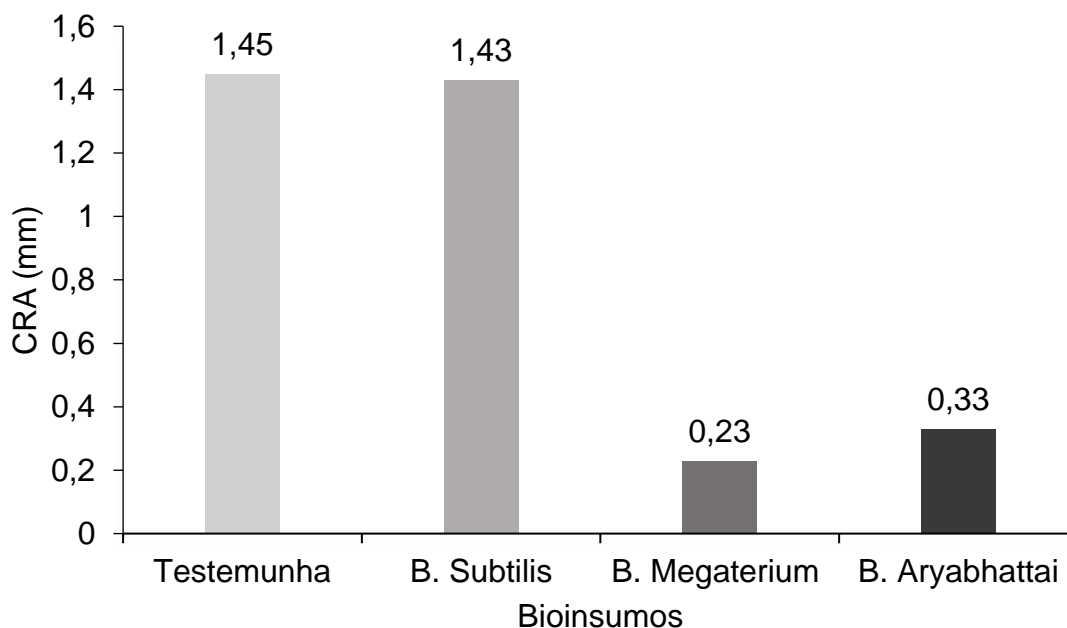


Figura 6 - Capacidade real de água no solo (CRA) com aplicação dos *Bacillus* na batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.

B: *Bacillus*.

O tratamento *B. megaterium* mesmo apresentando baixa capacidade de água no solo, o desenvolvimento dos tubérculos foi similar aos tratamentos testemunha e *B. subtilis* com quantidades de água disponíveis superiores. Segundo Suárez et al. (2010), uma característica observada no uso do *B. megaterium* é sua capacidade de aumentar a condutância estomática das folhas e raízes, com essa informação pode-se notar que *B. megaterium* auxiliou na disponibilidade de água para as raízes do tratamento *B. megaterium* fazendo com que ele se desenvolvesse mesmo com o mínimo de água disponível.

A melhoria da estrutura do solo e a disponibilidade de água resultantes da ação do *B. megaterium* também podem estimular o crescimento das raízes das plantas por meio da fixação biológica. As raízes das plantas, ao crescerem e explorarem o solo, contribuem para a criação de canais e túneis que aumentam a capacidade de infiltração e armazenamento de água.

Observa-se que os tratamentos *B. subtilis* e *B. megaterium* tiveram características diferentes porém desenvolvimento igual. O crescimento da raiz se dá pelo fato da planta sofrer um grande estresse hídrico, assim desenvolvendo sua raiz para ir em busca de água e nutrientes.

A elevação do pH do solo favorece a atividade de microrganismos que por sua vez aumenta o desenvolvimento das bactérias, pelo motivo de um pH ideal para elas ser de 5 a 8 (CERRETTA; AITA, 2008). Por isso os tratamentos estavam com pH meio ácido, exceto o tratamento *B. megaterium* que chegou a neutralidade (Figura 7), porém teve um grande desenvolvimento da raiz, isso se dá pelo fato de *B. megaterium* absorver e solubilizar o máximo de nutrientes que a planta necessita para se desenvolver, em especial o P, acumulando diversos ácidos orgânicos e ésteres no solo, dessa forma diminuindo sua acidez.

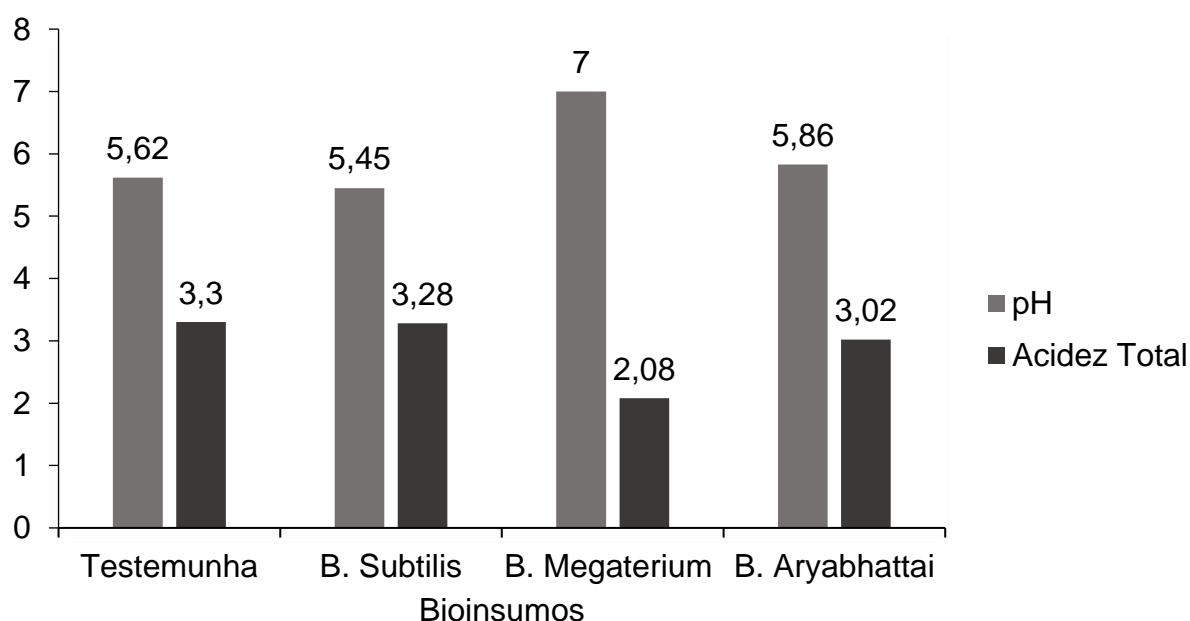


Figura 7 - Valores de pH e acidez total no solo de batata-doce 'BRS Rubissol' produzidas com bioinsumos. Chapadinha - MA, 2023.

B: *Bacillus*.

O acúmulo de nutrientes no solo deve-se ao fato da alta evapotranspiração da planta, que por sua vez evapora as partículas de água e acumula os nutrientes no solo, sendo que *B. megaterium* absorve com mais praticidade nutrientes e libera só o necessário para a cultura através do seu ciclo biológico tanto de carbono quando de nitrogênio.

6 CONCLUSÕES

A análise do efeito dos *Bacillus* aplicados na batata-doce (*Ipomoea batatas*) revelou que a parte aérea da planta não foi afetada, mas as raízes foram diretamente modificadas. Os tratamentos *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* tiveram o maior espalhamento das raízes. A aplicação dos bioinsumos testados é recomendada para o melhor desenvolvimento do tubérculo da batata-doce. Sugerimos a repetição do experimento em campo com diferentes dosagens de *B. megaterium* para a identificação do melhor desenvolvimento do vegetal a temperaturas elevadas.

REFERÊNCIAS

ABONG, G. O.; MUZHINGI, T.; OKOTH, M. W.; NG'ANG'A, F.; OCHIENG', P. E. O., MBOGO, D. M.; MALAVI, D.; AKHWALE, M.; GHIMIRE, A. S. Phytochemicals in leaves and roots of selected kenyan orange fleshed sweet potato (OFSP) varieties. **International Journal of Food Science**, Hindawi, v.1, n.3, p. 1-11, 2020.

ABREU, B. G.; AMARO, B. G.; FERNANDES, R. F. **Produtividades de batata-doce produzidas na ilha de São Luís, Maranhão**. 1 edição. São Luís: Embrapa, 2015. p. 7-12.

AHIMOU, F.; JACQUES, P.; DELEU, M. Surfactin and Iturin A effects on *Bacillus subtilis* surface hydrophobic. **Enzyme and Microbial Technology**. **Socience Direct**, New York, v. 27, n.10, p.749-754, 2000.

ALAM, M. K. A. Comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. **Trends in Food Science & Technology**, Canadá, v. 115, p. 512–529, 2021.

ANDRADE, R. M.; SANTOS, A. C. C.; SANTANA, E. D. R.; LIMA, A. P. S.; SANTANA, A. S.; BACCI, L. Manejo integrado de pragas na cultura da batata-doce. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, v. 15, n. 2, p. 1-5, 2020.

AWAD, A. A. M.; AHMED, A. I.; SWEED, A. A. Mitigation of CaCO₃ influences on *ipomoea batatas* plants using *Bacillus megaterium* BSM 2894 var. **Preprints**, New York. v. 1, n. 1, p. 3-4, 2021.

BRAGA JUNIOR, G. M. **Eficiência de bacillus subtilis no biocontrole de fitopatógenos e promotor de crescimento vegetal**. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, 2015.

CAETANO, J. V. L. C. **O Agronegócio da cultura da batata-doce no Brasil**. 2020. 25p. (Trabalho de conclusão de curso) - Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA, 2020.

CASTRO, L. A. S. **Instruções para Plantio de Mudas de Batata-doce com Alta Sanidade**. 1 edição. Pelotas: Embrapa, 2010. p. 14-15.

CERETTA, C. A.; AITA, C. **Biologia do solo**. Edição 2. Rio Grande do Sul: UFRS, 2008. p.180.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 1, p. 176-182, 2009.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2011. 230 p. (Documentos 132).

FAEDO, L. F.; VERDI, R.; PINTO, F. A. M. F.; KRETSZCHMAR, A. A.; BOFF, P. Use of *Trichoderma* spp. and high-dynamized dilutions in the control of *Botrytis cinerea* and strawberry growth. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 1, p. 6-19, 2022.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. Lincon. **University of Nebraska**, Nebraska, v. 15. p.142- 159, 1993.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I – Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.35, n.1, p. 2039-2056, 2011.

FERREIRA, M. A. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes na cultura da batata-doce. 2017. 53f. Dissertação** (Mestrado em produção vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2017.

FERREIRA, M. E.; LIMA, M. A.; SÁNCHEZ, C. A planta da batata-doce. Batata doce: Manual de boas práticas agrícolas. **Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV)**, Oeiras, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2021.

FILHO, L. R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*, **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Pelotas, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.

FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; DONZELI, V. P. Promoção do crescimento de alface por rizobactérias. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p.61-70. 2003.

GUIMARÃES, A. M. Utilização da rizobactéria *Bacillus amyloliquefaciens* na promoção de crescimento de alface (*Lactuca sativa* L.), em cultivo agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2013.

HARTHMANN, O. E. L.; MÓGOR, A. F.; WORDELL FILHO, J. A.; DA LUZ, W. C. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 462-465. 2010.

LAURIE, S. M.; FEBER, M.; CLAASEN, N. Incorporating orange-fleshed sweet potato into the food system as a strategy for improved nutrition: The context of South Africa. **Food Research International**, Australia, v. 104, n. 1, p. 77-85, 2018.

LI, C.; WANG, J.; ZHANG, Y. C. Root growth and phosphorus efficiency among sweet potato genotypes under low phosphorus. **Journal of Plant Nutrition**, Australia, v.43, n.9, p.1320-1330, 2020.

LIMA, E. Bactéria encontrada no mandacaru vira bioproduto que promove tolerância à seca em plantas. Embrapa, 27 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/buscadenoticias/-/noticia/60941801/bacteria-encontrada-no-mandacaru-vira-bioprodutoquepromove-tolerancia-a-seca-em-plantas>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

LIMA, M. A. A.; FERREIRA, M. E.; SÁNCHEZ, C. Batata-doce. **Ciência elementar**, Campo Alegre, v. 11, n. 2, p. 1-5, 2023.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial – processos fermentativos e enzimáticos**, vol. 3. Editora Blucher, 616 p. 2019.

MAINO, S. C.; SEABRA JÚNIOR, E.; POZZO, D. M.; SANTOS, R. F.; SIQUEIRA, A. J. C. Batata doce (*Ipomoea batatas*) dentro do contexto de

culturas energéticas, uma revisão. **Revista Brasileira Energias Renováveis**, Campinas, v. 8, n. 4, p. 629-638, 2019.

MANTOVANI, E. C.; SOUZA; D. O.; ZAMBOLIM; L.; SEDIYAMA; G. C.; PALARETTI, L. F. Produtividade da batata irrigada por gotejamento no sul do estado de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n.1, p. 63-68, 2022.

MARIANO, R. L. R. **importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável**. Embrapa: Edição 1. Recife, 2004.

MARQUES, K. R. **Reação de genótipos de batata-doce à isolados locais de *Plenodomus destruens* Harter, agente causal do Mal-do-pé**. 2015. 57f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –Universidade Federal do Tocantins, 2015.

MARTINS, M. V. E.; SILVA, M. L. N. Propriedades físico-estruturais do solo em área sob processo de degradação próximo às margens do rio Balsas-MA. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 1, p. 31, 2022.

MONNERAT, R. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura**. 1 ed. Brasília: 2020. p. 43-47.

MUNDA, E.; PIETERSE, P. J.; ANDRADE, M. I.; MAKUNDE, G. S.; PEREIRA, E.I. Improved yield of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas*) through intercropping with legumes and moderate application of phosphorus, **South African Journal of Plant and Soil**, v.36, n.1, p.1-8, 2019.

NITSCHKE, M.; COSTA, S. G. V. A. O. Biosurfactants in food industry. **Trends in Food Science & Technology**. Cambridge, v. 18, n. 5, p. 252-259, 2007.

OLIVEIRA, L. O. F. D.; SOARES, E. R.; QUEIROZ, S. F. D.; MARTÍNEZ, E. O., SILVA, M. S. D.; NOGUEIRA, A. E.; VEZARRO, A. D. F. G. D. S. Adubação e nutrição da batata-doce: uma revisão. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**. Ariquemes: FAEMA, v. 8, n. 2. P.1-21, 2017.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; BINI, D.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A., DOS SANTOS, F. C.; COTA, L. V.; SOUSA, S. M.; ALVES, V. M. C.; LANA, U. G. P.; SOUZA, F. F. (2021). Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação. **Embrapa**, Sete Lagoas, v.1, n.252, p.1-18, 2021.

pa, S. B.; SAYYED, R. Z.; MRUGESH, H.; TRIVEDI, M. H.; GOBI, T. A. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2013.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Pelotas, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016.

PESSOA, M. M. C.; NUNES, L. A. P. L.; SOUSA, S. R.; ARAÚJO, A. S. F.; IBIAPINA, T. V. B.; SALVIANO, A. A. C. Physical attributes of yellow oxisol under different monocultures in the savanna of Piauí state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 4, p. 55-76, 2018.

RAMESH, A.; SHARMA, S. K.; SHARMA, M. P. Isolation and characterization of phytate-mineralizing and phosphate-solubilizing *Bacillus aryabhatai* strains associated with rhizosphere of soybean cultivated in Vertisols of Central India. **International Journal of Basic and Applied Agricultural Research**, Vargem Grande Paulista, v. 13, n.1, p. 263-282, 2015.

RÓS, A. B.; TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C. Produtividade da cultura da batata-doce em diferentes sistemas de preparo do solo. **Instituto Agrônomo de Campinas**. Bragantia, v. 72, p. 140-145, 2013.

ROZADA, CAIQUE. Gênero *Bacillus* spp –2022 <<https://gmicsesalq.com.br/genero-bacillus-spp/>>. Acesso em: 08 ago 2023.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa solos, 2018. p. 26.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agriculture Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Batata doce (*Ipomoea batatas*) no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Brasília, v. 8, n. 4, p. 1-8. 2008.

SUÁREZ, C. A. G. **Otimização do cultivo de *Bacillus megaterium* recombinantes em bateladas alimentares**. 2010. 121f. (Dissertação). Programa de pós-graduação em engenharia química, Universidade Federal de São Carlos, 2010.

VELLOSO, C. C. V. **Caracterização de cepas de *Bacillus* e avaliação do seu potencial de promoção de crescimento em genótipos de milho**. 2019. 143f. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia, Universidade Federal de São João del-Rei, 2019.

VIDAL, M. C. V.; DIAS, R. P. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia, **Revista Brasileira de Agroecologia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 171-192, 2023.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. S.; CASTRO, L. A. S.; RAPHAELLI, C. O.; KROLOW, A. C. Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.21, p.1-8, 2018.