

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BARUCH RAMOS CAMBUI MARIANO

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA A INOCULAÇÃO DE
BACTÉRIAS HIDROCAPACITORAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

PATO BRANCO

2022

BARUCH RAMOS CAMBUI MARIANO

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA A INOCULAÇÃO DE
BACTÉRIAS HIDROCAPACITORAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

**Common bean productivity in response to inoculation of hydrocapacitor
bacteria under water deficit**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso
de Agronomia da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Taciane Finatto, Prof.^a Dr.^a

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BARUCH RAMOS CAMBUI MARIANO

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM RESPOSTA A INOCULAÇÃO DE
BACTÉRIAS HIDROCAPACITORAS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso
de Agronomia da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Data de aprovação: 29/novembro/2022

Taciane Finatto
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco

Marisa de Cácia Oliveira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco

Vinícius Nivaldo Beltrame
Engenheiro Agrônomo
Representante técnico da Biotrop

PATO BRANCO

2022

Dedico este trabalho aos meus pais, por serem
exemplos de perseverança, motivo de
inspiração e cofundadores de meu caráter.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente aos meus pais, por desde cedo ensinarem-me o valor da busca pelo conhecimento e a beleza inerente da natureza e da ciência. Por permitirem ausentar-me de sua companhia e incentivar-me a trilhar o caminho dos estudos.

Aos meus avós, por partilharem os vários momentos de alegria e em especial, ao meu avô Dirceu Cambui, que por mais que eu não tenha seguido sua carreira, relutantemente acabou por me perdoar e continuou nutrindo-me com seu amor, paciência, ensinamentos e companhia.

Aos professores do curso e a equipe de pesquisa do laboratório de fisiologia, em especial à minha orientadora Taciane Finatto, que me honrou com sua paciência e generosidade.

Aos colegas, que certamente tornaram o percurso mais alegre e brando.

Obrigado.

Vivemos só para descobrir beleza. Todo o resto
é uma forma de espera.
(GIBRAN, 1995)

RESUMO

Os efeitos da estiagem nas lavouras, causam grandes perdas de produtividade ou até mesmo, a perda total das culturas. Tamanha é a importância desta questão, que os resultados da seca podem ser verificados rapidamente na sociedade consumidora através do aumento significativo dos preços de alimentos, ameaçando-se, portanto, a segurança alimentar da nação. Este cenário é ainda mais agressivo quando a espécie cultivada possui baixa tolerância ao déficit hídrico, como o caso do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), o que acaba colocando a imposição, que nem sempre é possível, de que o agricultor insira um sistema de irrigação de lavoura para suprir o problema. Desta forma, tendo em vista a magnitude da importância deste tema, este experimento teve como objetivo, verificar o efeito da inoculação de um formulado comercial contendo bactérias hidrocapacitoras na cultura do feijoeiro sob déficit hídrico. Para tanto, o experimento foi implantado na casa de vegetação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no município de Pato Branco e contou com a utilização de duas cultivares sensíveis a restrição hídrica, sendo elas a IPR Sabiá e ANFc 9, inoculadas via tratamento de sementes na dosagem de $1,5 \text{ mL kg}^{-1}$ imediatamente antes da semeadura com um formulado contendo três estirpes de bactérias, a *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* e a *Bacillus haynesii*, dispostas em quatro blocos casualizados com duas plantas por vaso e dez vasos por tratamento. A simulação da estiagem se deu com a supressão de irrigação por 10 dias, que resultou em uma restrição hídrica de 26% da capacidade de campo do solo no período crítico da cultura, onde se inicia a fase reprodutiva, enquanto o tratamento controle foi irrigado para se manter em 80%. As avaliações foram feitas tanto para rendimento de grãos (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos falhos por planta, massa de grãos por planta e massa de 100 grãos) quanto para o acúmulo de prolina das folhas, que está relacionado com a expressão sintomática do déficit hídrico. Para a análise estatística do experimento, utilizou-se a análise de variância e o teste de comparação de médias por Duncan a 5% de significância. Desta forma, não foi encontrado variação significativa para o fator de inoculação para nenhum dos componentes de rendimento avaliados, assim como para o teores de prolina das plantas. Portanto, nas condições avaliadas no presente estudo, a inoculação não mitigou os efeitos da deficiência hídrica.

Palavras-chave: secas; feijão; bactérias; fisiologia vegetal.

ABSTRACT

The effects of drought on crops cause great loss of productivity or even the total loss of crops. This problem is so important that drought results can be quickly verified in the consumer market through a significant increase in food prices, thus threatening the nation's food security. This scenario is even more aggressive when the cultivated species has a low tolerance to water deficit, as is the case of the common bean (*Phaseolus vulgaris*), which ends up placing the imposition, which is not always possible, that the farmer insert an irrigation system to address the problem. Therefore, in view of the magnitude of the matter, this experiment aimed to verify the effects of inoculation of a commercial formula containing hydrocapacitor bacteria on the bean crop in relation to its yield components under water deficit. For that, the experiment was implanted in the greenhouse of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, in the municipality of Pato Branco and had used two sensitive to water restriction cultivars, IPR Sabiá and ANFc 9, inoculated in seed treatment at a dosage of 1.5 mL kg⁻¹ just before sowing with a product containing three strains of bacteria, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus circulans* and *Bacillus haynesii*, arranged in four randomized blocks with two plants per pot and ten pots per treatment. The drought simulation was done through the suppression of irrigation for 10 days, which resulted in a water restriction of 26% of the soil's field capacity in the critical period of the culture, when the reproductive phase begins, while the control treatment was irrigated to maintain at 80%. The assessments were made both for grain yield components (number of pods per plant, number of grains per pod, number of failed grains per plant, mass of grains per plant and mass of 100 grains) and for the accumulation of proline in the leaves, which is related to the symptomatic expression of water deficit. For the statistical analysis of the experiment, analysis of variance and Duncan's mean comparison test were used at 5% significance. Thus, no significant variation was found for the inoculation factor for any of the yield components evaluated, as well as for the proline levels. Therefore, under these conditions, inoculation did not mitigate the effects of water deficit.

Keywords: drought; common bean; bacteria; plant physiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plantas aos 7 dias após emergência dispostas em estufa da UTFPR - PB	16
Figura 2 – Laudo da análise química do solo utilizado no experimento	17
Figura 3 – Comparação visual da cultivar ANFc 9 submetida ao tratamento de déficit hídrico (planta da esquerda) após 10 dias de supressão da irrigação e condição controle (planta da direita)	18
Figura 4 – Médias de número de vagens por planta (NVP) 50% maior para os tratamentos controle em relação aos com déficit hídrico	21
Figura 5 – Croqui experimental	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da análise de variância da massa seca de hastes e componentes de rendimento das cultivares IPR Sabiá e ANFc 9 em função do déficit hídrico e inoculação	20
Tabela 2 – Comparação de médias pareadas de número de vagens por planta (NVP), número de grãos falhos por planta (NGFP) e número de grãos por vagem (NGV) fixando inoculação	21
Tabela 3 – Comparação de médias pareadas de número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e concentração de prolina (CP) fixando cultivar	22
Tabela 4 – Comparação de médias pareadas de número de grãos por vagem (NGV), massa seca de hastes (MSH), número de vagens por planta (NVP) e concentração de prolina (CP) fixando fator condição	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Siglas

ANOVA	análise de variância
C ₁	cultivar 1 = IPR Sabiá
C ₂	cultivar 2 = ANFc 9
Cond ₁	submetido ao déficit hídrico
Cond ₂	não submetido ao déficit hídrico
CP	concentração de prolina
In ₁	inoculado
In ₂	não inoculado
M100G	massa de 100 grãos
MF	massa fresca
MGP	massa de grãos por planta
MSH	massa seca de hastes
NGFP	número de grãos falhos por planta
NGV	número de grãos por vagem
NVP	número de vagens por plantas
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	12
1.1.1	Objetivo geral	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1	Local do experimento e delineamento	16
3.2	Variáveis analisadas	17
3.2.1	Análise de caracteres agronômicos	17
3.2.2	Análise de concentração de prolina	18
3.2.3	Análises estatísticas	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS	25
	APÊNDICE A CROQUI EXPERIMENTAL	29

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é, atualmente, o terceiro maior produtor de feijão (*Phaseolus vulgaris*) do mundo (FAO, 2019) ficando atrás apenas da Índia e do Myanmar, respectivamente. Caracteriza-se como o alimento base da segurança alimentar nacional e como principal fonte de proteína vegetal, é cultivado principalmente por pequenos e médios agricultores, com variados níveis tecnológicos e em todo território nacional. Ainda, é também bastante integrado no sistema de sucessão de culturas dentro do plantio direto, por possuir um ciclo relativamente curto e capaz de se adequar às variadas condições climáticas decorrentes do ano. Todavia, a cultura é bastante sensível ao déficit hídrico e quando se trata dos aspectos abióticos, é o principal limitante da sua produtividade (RAMALHO; SILVA; DIAS, 2009), uma vez que a presença da água no solo é essencial para a manutenção das suas atividades fisiológicas e para a absorção dos nutrientes minerais. Assim, em certos estados e em locais com tipos de solo mais arenosos, muitas vezes necessita da utilização de tecnologias de irrigação, o que encarece ou até mesmo, impossibilita o sistema produtivo para uma unidade familiar.

Desta forma, estudos que se propõem a reduzir os impactos do déficit hídrico na cultura são importantes e têm sido bastante abordados na literatura. Cunha *et al.* (2013) por exemplo, encontraram maior incremento de produtividade de grãos da cultura quando irrigada pelo método de tanque classe A e um decréscimo de 29% de rendimento de grãos quando submetida a níveis de 21% e 37% de déficit hídrico. No entanto, embora a irrigação seja o método mais eficiente para a redução do déficit hídrico nas culturas, há de se salientar que a adoção de sistemas de irrigação é, muitas vezes, caro e trabalhoso ou até mesmo impossível em algumas propriedades, colocando o agricultor em um quadro sem muitas alternativas para sanar o problema em períodos de seca. Ainda, estudos que pesquisam as alternativas para a irrigação, geralmente estão relacionados às culturas principais da soja ou do milho, havendo, portanto, escassez de material na literatura ou produtos comerciais destinados à cultura do feijoeiro.

Sendo assim, a associação de microrganismos promotores de crescimento e hidrocapacitores é uma alternativa moderna que tem sido estudada para mitigar os efeitos da limitação hídrica nas culturas. Como os resultados encontrados por Silva (2019b), os quais mostram, que a inoculação de bactérias do gênero *Bacillus* com a cultura da soja foi eficiente na mitigação dos efeitos da seca no aparato fisiológico, como hidratação dos tecidos vegetais e maior taxa fotossintética.

Posto isto, demanda-se por parte, principalmente da agricultura familiar, alternativas que que se adéquem ao seu modelo produtivo e que supram o problema da estiagem. Ainda mais, quando estas integram parâmetros de sustentabilidade, uma vez que essas bactérias são nativas do solo, economia por parte das reduções de insumos agrícolas e aprimoramento integrado do triângulo solo, planta e ambiente. Desta forma, diante do exposto e considerando a importância da cultura e sua interação com o ambiente, a associação de bactérias hidrocapacitoras

e promotoras de crescimento na cultura do feijoeiro é uma opção que necessita ser melhor analisada.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Verificar o efeito da inoculação do formulado de bactérias hidrocapacitoras na cultura do feijoeiro em função de seus componentes de rendimento sob deficit hídrico.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar o efeito da inoculação no acúmulo de prolina nas plantas;
- Verificar o efeito da inoculação nos componentes de rendimento de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma das principais fontes de proteína vegetal consumidas no Brasil e no mundo e, participando da dieta tradicional brasileira, é considerado como um alimento chave para segurança alimentar nacional. Assim, além de suas propriedades nutricionais, possui referências culturais e é utilizado em diversas receitas em todas as regiões do país (EMBRAPA, 2021). Atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, produzindo aproximadamente 2,96 milhões de toneladas no ano de 2019, ficando atrás somente da Índia e do Myanmar respectivamente (FAO, 2019). Desta forma, o feijoeiro é cultivado em todo território nacional, com variados níveis tecnológicos, mas principalmente por parte da agricultura familiar. Diante disto, destacam-se as regiões Sul e Centro-Oeste como as principais contribuintes para a produção nacional, onde o estado do Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná possuem os maiores índices produtivos do país, com aproximadamente 73 mil, 36 mil e 34 mil toneladas produzidas respectivamente na safra de 2020/21 (CONAB, 2021).

A espécie é uma leguminosa classificada botanicamente como herbácea anual, de Ordem Fabales, Família Fabaceae e Gênero *Phaseolus* (TROPICOS, 2021), possuindo uma raiz principal e outras secundárias que se estendem lateralmente no solo, com nodulações colonizadas por bactérias fixadoras de nitrogênio. Seu caule é constituído por uma haste principal com sucessivos nós e entrenós, onde, a partir do segundo nó, inserem-se folhas do tipo trifoliadas. Pode possuir tanto crescimento determinado como indeterminado, caracterizando os principais hábitos da espécie, que podem ser do tipo arbustivo, prostrado ou trepador. Suas flores são acompanhadas por outras duas, três ou mais, possuindo um pedúnculo que sustenta os botões florais e que forma a inflorescência. Suas cores podem variar entre branca, rosa ou violeta e ainda podem ser bicolores com várias tonalidades. O fruto do tipo deiscente pode possuir cores que variam entre tonalidades de verde, vermelha, ou roxa (EMBRAPA, 2007).

O feijoeiro é cultivado em todo território nacional em três épocas distintas do ano: a época “das águas”, que compreende os meses de setembro a novembro, “da seca” ou “safriinha”, que é estabelecida nos meses de janeiro a março e na de “outono-inverno”, que consiste no cultivo nos meses de maio a julho (SOUZA *et al.*, 2013; SILVA, 2019a). Todavia, para o cultivo do feijoeiro nas duas últimas épocas, é conveniente e por vezes até necessária, a utilização de sistemas de irrigação de lavoura, uma vez que estes períodos possuem índices pluviométricos restritos ou mal distribuídos durante os meses, produzindo condições de estresse abiótico por déficit hídrico. Este fenômeno é ainda mais crítico para espécies bastante sensíveis ao déficit hídrico, como *P. vulgaris*, que se tratando de estresses abióticos, é o principal limitante de produtividade da cultura, ainda mais quando este se instaura no início do estágio reprodutivo da cultura (RAMALHO; SILVA; DIAS, 2009; DIPP *et al.*, 2017).

Isto é justificado, uma vez que a água é uma substância fundamental para diversas funções nas plantas em todo o seu ciclo de vida, e a sua escassez, propiciará alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas plantas. Deste modo, estes seres desenvolveram na

sua evolução, principalmente quatro mecanismos fisiológicos para lidar com a falta da água em seu organismo, consistindo em estratégias de prevenção, tolerância, evasão e recuperação dos danos da seca (FANG; XIONG, 2015). Assim, quando o estresse por deficit hídrico é inicial e leve, geralmente as plantas conseguem absorver a água do solo diminuindo o seu potencial hídrico nas folhas e ajustando o fechamento estomático para evitar maior perda d'água por evapotranspiração e conforme a seca progride, a planta direciona substâncias como prolina e açúcar solúvel para manter a turgidez celular dos tecidos (SEKI *et al.*, 2007). No entanto, a evapotranspiração de água, nas folhas, é a força motriz da fotossíntese, e quando esta é restringida pelo fechamento estomático, reduz-se então, a capacidade de absorção de nutrientes minerais do solo e por consequência, a capacidade fotossintética e acúmulo de matéria, proporcionando possível perda econômica por diminuição de rendimento de grãos da cultura do feijoeiro. Assim, quando o deficit hídrico é suficientemente intenso, produz-se nas plantas diversos radicais livres tóxicos para as células vegetais e neste momento, é possível verificar a mudança comportamental de expressão de genes relacionados à tolerância à seca, enzimas e aminoácidos como a prolina, que tentarão amenizar os efeitos da seca, protegendo a planta dos produtos das reações de oxidação, como por exemplo a superóxido dismutase, ascorbato peroxidase, catalase e glutamina redutase (GOSWAMI; BANERJEE; RAHA, 2013; PEREIRA *et al.*, 2012; MESQUITA *et al.*, 2020).

Diante do exposto, estudos que buscam associar bactérias promotoras de crescimento, fixadoras de nitrogênio ou hidrocapacitoras têm sido feitos a fim de encontrar possíveis alternativas para mitigar os efeitos do deficit hídrico na cultura do feijoeiro. E neste contexto, existem diversas formas para que a associação possa produzir resultados benéficos, desde um estímulo da produção de fito-hormônios, como auxinas e citocininas no sistema radicular, que promoverão seu desenvolvimento e aprofundamento, possibilitando a planta explorar maiores zonas de solo (BRUIJN, 2015), como até mesmo através da utilização de estirpes de bactérias extremófilas do gênero *Bacillus* que, através da sua sobrevivência por endósporos, produzem um biofilme de polissacarídeos na rizosfera que reterá água e nutrientes que impedirão o extravasamento radicular, ajudando a planta a manter a homeostase em suas raízes nos períodos de seca (TIMMUSK; TIMMUSK; BEHERS, 2013). Estas informações corroboram com os dados encontrados por Martins *et al.* (2018) na cultura da soja, onde, não somente se verificou o aumento da biomassa das raízes em plântulas inoculadas com *Bacillus thuringiensis* sob estresse hídrico, mas também apresentaram maior taxa fotossintética, condutância estomática e taxa transpiratória nestas plantas.

Outro exemplo do gênero é a espécie *Bacillus aryabhatai*, que primeiramente sendo descoberta em estratos atmosféricos (SHIVAJI *et al.*, 2009), fora, posteriormente, verificada na rizosfera de plantas de mandacaru (*Cereus jamacaru*) do nordeste brasileiro e assim, tem sido relacionada a uma possível alternativa biológica para a promoção de tolerância a déficit hídrico nas culturas do milho e soja, por demonstrar promoção de crescimento através de mecanismos como: regulação de fitormônios, solubilização de nutrientes minerais e ação antagonica para

patógenos de plantas. Como no estudo de Park *et al.* (2017), em que a inoculação desta bactéria em plantas de soja promoveu crescimento vegetativo, incremento significativo dos ácidos abscísico, indolacético e jasmônico e de giberilinas, resultando em promoção de tolerância ao déficit hídrico quando comparadas às plantas testemunhas do experimento.

A bactéria *Bacillus circulans*, no âmbito agrônomo, tem sido utilizada, principalmente, como solubilizadora de fosfatos (SINGH; KAPOOR, 1998), contribuindo para o desenvolvimento da planta através do auxílio na oferta de fósforo, um macronutriente essencial e com baixa mobilidade no solo. Não somente isto, mas esta espécie também é uma possível controladora biológica de patógenos do solo, como sugere os resultados encontrados por Carrer-Filho, Dianese e Cunha (2015) que verificaram redução na intensidade da doença da murcha de fusário na cultura do tomateiro pela produção de substâncias voláteis e não voláteis solúveis inibidoras da propagação micelial do patógeno. A espécie endofítica *Bacillus haynesii*, não somente é associada a uma função antagônica para patógenos (SAHU *et al.*, 2020), mas também como promotora de crescimento. Ainda, esta bactéria é capaz de produzir um biofilme bacteriano de polissacarídeos que exerce, desde função descontaminante para metais pesados no solo (MAURYA *et al.*, 2022), como barreira biológica para ressecamento de tecidos radiculares (TIMMUSK; TIMMUSK; BEHERS, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento e delineamento

O experimento foi implantado no dia 11 de março de 2022, na casa de vegetação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Pato Branco, localizada a 26°11'48"S, 52°41'25"W e aproximadamente a 700 metros de altitude, com ciclo de luz natural e clima classificado por Köppen-Geiger como cfa. As cultivares utilizadas foram a IPR Sabiá e ANFc 9 inoculadas via tratamento de sementes com formulado comercial contendo três espécies de bactérias, a *Bacillus aryabhatai*, *B. circulans* e a *B. haynesii* na concentração de 1,5 mL kg⁻¹, semeadas em vasos plásticos de 2 L com solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico e substrato orgânico na proporção 3:1 (v/v).

Nestas condições, o experimento contou com 8 tratamentos com 10 vasos cada um, sendo 2 cultivares [cultivar 1 = IPR Sabiá (C₁) e cultivar 2 = ANFc 9 (C₂)] x 2 x 2 [inoculado (In₁) e não inoculado (In₂)], submetido ao déficit hídrico (Cond₁) e não submetido ao déficit hídrico (Cond₂). Delineado por quatro blocos casualizados com quatro repetições e com 80 vasos por bloco, onde cada vaso possuiu duas plantas, totalizando 640 plantas no experimento, conforme demonstra a Figura 1 e dispostos conforme o croqui do apêndice A.

Figura 1 – Plantas aos 7 dias após emergência dispostas em estufa da UTFPR - PB



Fonte: Autoria própria (2022).

Os vasos foram preenchidos com 1,65 kg de solo previamente seco, peneirado, analisado (Figura 2) e corrigido conforme o manual de adubação e calagem do Paraná, com 550 g

de substrato orgânico e 20 g de cama de aviário. Foram irrigados a fim de manter a umidade do solo em 80% da sua capacidade até o momento em que as plantas atingiram o estágio R₆ de desenvolvimento (início do florescimento) (CórDOVA; GEPTS; GENES, 1986), quando então, foi suprimido o fornecimento de água por 10 dias, resultando em uma capacidade de campo de 26% para os tratamentos de déficit hídrico. O controle da intensidade do estresse foi feito através da diferença entre a pesagem do vaso em sua capacidade de campo e totalmente seco, onde é possível verificar a diferença visual dos tratamentos estressados e não estressados através da Figura 3. Ainda, pelo fato da cultivar IPR Sabiá atingir o estágio fenológico de florescimento (R6) quatro dias antes que a cultivar ANFc 9, esta fora semeada posteriormente, para que o efeito da seca acometesse ambas as cultivares na mesma idade. Após isso, fora restabelecido o fornecimento de água novamente para o nível normal de 80% de capacidade de campo até a maturidade fisiológica das plantas.

Figura 2 – Laudo da análise química do solo utilizado no experimento

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	48,25	8,76	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50
	MO gdm ⁻³	P mgdm ⁻³	K cmol _c .dm ⁻³	Cu mgdm ⁻³	Fe mgdm ⁻³	Zn mgdm ⁻³	Mn mgdm ⁻³	pH CaCl ₂

OBS: K(mgdm³): 117,30

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	5,90	0,00	5,35	8,00	2,30	10,60	66,46	0,00
	Índice SMP	Al [≠] cmol _c .dm ⁻³	H+Al cmol _c .dm ⁻³	Ca cmol _c .dm ⁻³	Mg cmol _c .dm ⁻³	SB cmol _c .dm ⁻³	V (%)	Sat. Al (%)

Fonte: Adaptado de LabSolos UTFPR - Campus Pato Branco.

O manejo de insetos na cultura foi feito através da utilização de um formulado orgânico contendo óleo de neem, na concentração de 2 l ha⁻¹, conforme recomendação do produto.

3.2 Variáveis analisadas

3.2.1 Análise de caracteres agrônômicos

As plantas foram colhidas em sua maturidade fisiológica e pesadas para a obtenção de sua massa fresca (MF) e, posteriormente, foram secadas em estufa à 60 °C até atingirem massa

Figura 3 – Comparação visual da cultivar ANFc 9 submetida ao tratamento de déficit hídrico (planta da esquerda) após 10 dias de supressão da irrigação e condição controle (planta da direita)



Fonte: Autoria própria (2022).

constante, possibilitando a obtenção das suas respectivas massa seca de hastes (MSH). Por conseguinte, as vagens foram colhidas e avaliadas para os parâmetros: número de vagens por plantas (NVP), massa de 100 grãos (M100G), massa de grãos por planta (MGP), número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos falhos por planta (NGFP).

3.2.2 Análise de concentração de prolina

Foi seguido o protocolo de Bates, Waldren e Teare (1973) para a análise de concentração de prolina (CP) das plantas, onde, primeiramente, na maturidade fisiológica da cultura, foi realizado a extração de três folíolos de folhas diferentes nos terços inferior, médio e superior da planta, para cada tratamento, no ápice do nível de déficit hídrico do experimento (imediatamente antes da reidratação), os quais, foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados em ultrafreezer a -80 °C até serem analisados.

Desta forma, no momento da análise laboratorial, foram feitas primeiramente as soluções de prolina conhecidas, onde acrescentava-se em cada tubo de ensaio soluções mais concentradas de prolina, de forma equidistante entre cada tubo, possibilitando a elaboração da curva padrão e a comparação das concentrações de prolina das amostras. Para tanto, foi dissolvido 1 mg de prolina em 13,75 mL de ácido sulfossalicílico na concentração de 3% para criar a solução de prolina. Para a criação da solução de ninhidrina ácida, foi adicionado 1,25 mg de ninhidrina em 30 mL de ácido acético glacial e 20 mL de ácido fosfórico (6 M). Assim, a solução de prolina fora acrescentada de forma crescente (25 µL) em 11 tubos de ensaios com proporções iguais

de tolueno (2 mL), ácido acético (1 mL), solução de ninhidrina ácida (1 mL) e 500 µL da solução de ácido sulfossalicílico (3%), sendo subtraído 25 µL conforme aumentava a inserção de prolina. Assim, manteve-se o volume de solução em todos os tubos de ensaios, aumentando-se somente as concentrações de prolina de cada um. Posto isto, os frascos foram aquecidos por uma hora no banho-maria a 100 °C, que ao fim deste tempo, foi colocado sob gelo para interromper a reação. Posteriormente, os tubos foram agitados por 20 segundos no equipamento vórtex e retirado o sobrenadante para ser analisado no espectrofotômetro a 520 nm. Sendo assim, a fórmula oriunda da curva padrão gerada foi utilizada para encontrar a concentração de prolina das amostras, sendo ela: Concentração de prolina ($\mu\text{g ml}^{-1}$) = (48,872 x Absorbância) - 9,1219.

Para a análise das amostras, foi recolhido 0,5 g do material congelado e macerado em nitrogênio líquido, adicionado 10 mL de ácido sulfossalicílico (3%) e filtrado com algodão. Posteriormente, foi retirado 2 mL do filtrado e neste adicionado 2 mL da solução de ninhidrina ácida com 2 mL de ácido acético glacial. Por conseguinte, fora colocado em banho maria a 100 °C por uma hora e ao fim deste tempo, interrompida a reação sob gelo. Após isto, foram acrescentados 4 mL de tolueno, misturado no equipamento vórtex e retirado 0,7 mL do seu sobrenadante para análise no espectrofotômetro a 520 nm.

3.2.3 Análises estatísticas

Para as análises estatísticas do experimento, foi utilizado o sistema de análise estatística para Windows - WinStat Versão 1.0 (Machado e Conceição, 2003), sendo elas: análise de variância (ANOVA), teste de comparação de médias por Duncan ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância dos resultados obtidos (Tabela 1), não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares e inoculação para nenhuma das variáveis analisadas. Por outro lado, entre condições (controle e déficit hídrico) foram observadas diferenças para NVP, NGV e CP. Para as intersecções entre os fatores, foi observada interação CULT x INOC para NGFP, COND x INOC e CULT x COND para NGV. A interação tripla CULT x COND x INOC foi observada para NVP.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância da massa seca de hastes e componentes de rendimento das cultivares IPR Sabiá e ANFc 9 em função do déficit hídrico e inoculação

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio													
		MSH		NVP		NGV		NGFP		MGP		M100G		CP	
CULT	1	140,28	<i>ns</i>	0,16	<i>ns</i>	0,05	<i>ns</i>	0,42	<i>ns</i>	0,00	<i>ns</i>	16,17	<i>ns</i>	33,66	<i>ns</i>
COND	1	3982,78	<i>ns</i>	24,48	**	0,87	*	0,32	<i>ns</i>	10,10	<i>ns</i>	1840,58	<i>ns</i>	304,30	*
INOC	1	34,03	<i>ns</i>	3,12	<i>ns</i>	0,23	<i>ns</i>	0,14	<i>ns</i>	0,41	<i>ns</i>	34,01	<i>ns</i>	52,02	<i>ns</i>
BLOC	3	4805,20	<i>ns</i>	3,74	<i>ns</i>	0,63	*	1,19	<i>ns</i>	3,89	<i>ns</i>	1114,24	<i>ns</i>	0,80	<i>ns</i>
CULT x INOC	1	2363,28	<i>ns</i>	11,34	<i>ns</i>	0,17	<i>ns</i>	2,57	*	0,73	<i>ns</i>	42,39	<i>ns</i>	82,43	<i>ns</i>
COND x INOC	1	236,53	<i>ns</i>	0,68	<i>ns</i>	0,79	*	0,22	<i>ns</i>	1,72	<i>ns</i>	991,57	<i>ns</i>	1,45	<i>ns</i>
CULT x COND	1	3423,78	<i>ns</i>	0,85	<i>ns</i>	1,04	*	0,30	<i>ns</i>	2,43	<i>ns</i>	27,43	<i>ns</i>	39,87	<i>ns</i>
CULT x COND x INOC	1	318,78	<i>ns</i>	14,35	*	0,04	<i>ns</i>	0,37	<i>ns</i>	1,81	<i>ns</i>	1471,12	<i>ns</i>	255,72	<i>ns</i>
RESÍDUO	21	1123,67		2,66		0,14		0,44		2,77		584,60		65,20	
TOTAL	31	-		-		-		-		-		-		-	
MÉDIA GERAL		154,84		5,56		3,61		1,29		4,08		25,91		20,54	
CV(%)		21,60		29,32		10,50		51,65		40,79		93,3		39,31	

CULT = Cultivar, COND = Condição (controle e déficit hídrico), INOC = Inoculação, MSH = Massa seca de hastes, NVP = Número de vagens por planta, NGV = Número de grãos por vagem, NGFP = Número de grãos falhos por planta, M100G = Massa de 100 grãos, CP = Concentração de prolina;

* Significativo para 5% de propabilidade de erro no teste F;

** Significativo para 1% de probabilidade de erro no teste F;

(*ns*) não significativo ($p \geq 0,05$).

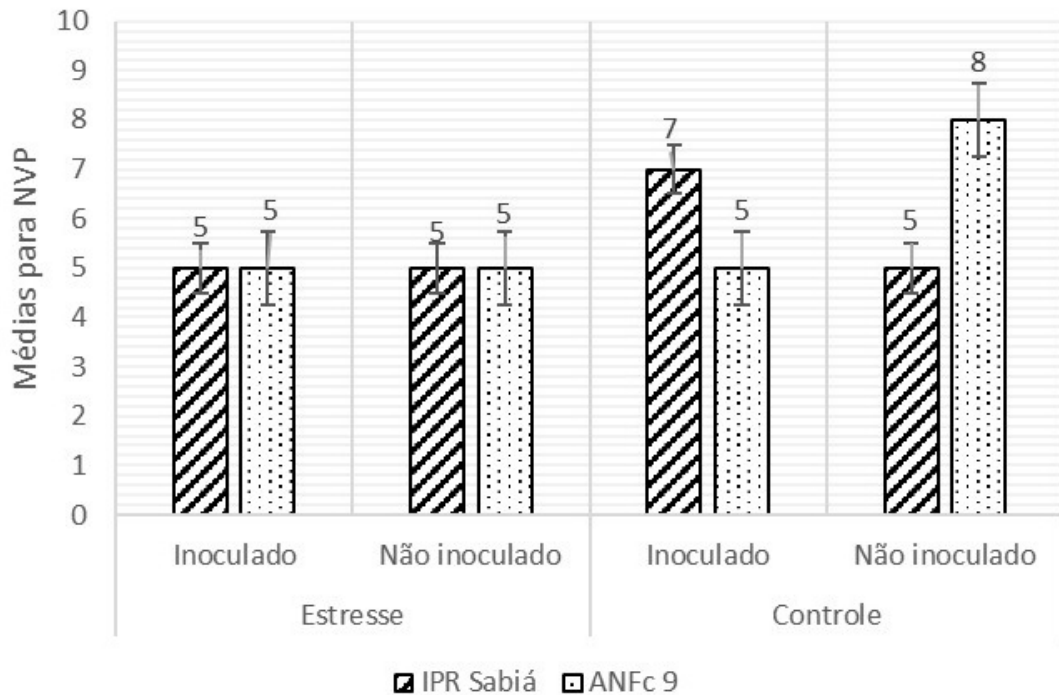
Fonte: Autoria própria (2022).

Para o número de vagens por planta (NVP), foram observados resultados com diferença significativa (Tabela 1) quando comparados a condição de irrigação, onde os tratamentos controle obtiveram média 50% maior que os tratamentos com déficit hídrico, conforme demonstra a Figura 4.

Pelo fato de se tratar de um experimento trifatorial, o teste de comparação de médias foi feito de forma pareada, isto é, fixando-se um fator e comparando os outros dois entre si. Portanto, para as comparações de médias que obtiveram diferença significativa a 5% de probabilidade de erro, os resultados são apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4, onde é possível verificar o comportamento de cada variável em função da outra.

Assim, para cultivar ANFc 9, os tratamentos não inoculados apresentaram média de NVP e NGV 70% e 17%, respectivamente, maior que os inoculados na condição controle. Já para a cultivar IPR Sabiá, os tratamentos inoculados possuíram média de NGFP 129% maior que os não inoculados na condição sem déficit hídrico, sugerindo que a inoculação incrementa

Figura 4 – Médias de número de vagens por planta (NVP) 50% maior para os tratamentos controle em relação aos com déficit hídrico



Fonte: Autoria própria (2022).

fortemente para a produção de grãos falhos na cultivar IPR Sabiá e reduz o número de vagens e de grãos por vagem quando não há seca na cultivar ANFc 9, conforme ilustra a Tabela 2.

Tabela 2 – Comparação de médias pareadas de número de vagens por planta (NVP), número de grãos falhos por planta (NGFP) e número de grãos por vagem (NGV) fixando inoculação

Comparações pareadas de médias de inoculação					
Para ANFc 9 Controle		Para IPR Sabiá Controle		Para ANFc 9 Controle	
Médias de NVP		Médias de NGFP		Médias de NGV	
Inoculado	4,95 b	Inoculado	1,91 a	Inoculado	3,35 b
Não inoculado	8,39 a	Não inoculado	0,83 b	Não inoculado	3,92 a

Médias seguidas de diferentes letras, nas colunas, diferem entre si com 5% de probabilidade de erro no teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022).

Quando comparando cultivares entre si, a cultivar ANFc 9 possuiu média de NGV 21% maior que a IPR Sabiá na condição de déficit hídrico e não inoculada, evidenciando maior tolerância a redução de grãos por vagem quando em déficit hídrico sem inoculação. Já na condição controle e não inoculada, a cultivar ANFc 9 possuiu média de NVP 56% maior que a IPR Sabiá, demonstrando maior potencial produtivo de vagens por planta na condição controle do experimento. E para condição de déficit hídrico com inoculação, a cultivar IPR Sabiá acumulou em suas folhas 71% mais prolina que a cultivar ANFc 9, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação de médias pareadas de número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e concentração de prolina (CP) fixando cultivar

Comparações pareadas de médias de cultivar								
Déficit hídrico sem inoculação			Déficit hídrico sem inoculação			Déficit hídrico com inoculação		
Médias de NGV			Médias de NVP			Médias de CP		
IPR Sabiá	3,05	b	IPR Sabiá	5,39	b	IPR Sabiá	31,69	a
ANFc 9	3,70	a	ANFc 9	8,39	a	ANFc 9	18,54	b

Médias seguidas de diferentes letras, nas colunas, diferem entre si com 5% de probabilidade de erro no teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022).

O fator experimental de maior influência de variação nos parâmetros avaliados fora o de déficit hídrico, demonstra-se, conforme a Tabela 4, que para cultivar IPR Sabiá não inoculada, a condição controle apresentou média de NGV 35% maior que a com déficit hídrico. Para cultivar IPR Sabiá inoculada, a condição controle forneceu média de NVP 55% maior que a com déficit hídrico e reduziu a CP em 84%. Para cultivar ANFc 9 não inoculada, a condição controle forneceu média de MSH 41% maior que a com déficit hídrico. E para cultivar ANFc 9 não inoculada, a condição controle forneceu média de NVP 79% maior que a com déficit hídrico.

Tabela 4 – Comparação de médias pareadas de número de grãos por vagem (NGV), massa seca de hastas (MSH), número de vagens por planta (NVP) e concentração de prolina (CP) fixando fator condição (COND)

Comparações pareadas de médias de condição hídrica								
Para IPR Sabiá não inoculado			Para IPR Sabiá inoculado			Para IPR Sabiá inoculado		
Médias de NGV			Médias de NVP			Médias de CP		
Déficit hídrico	3,05	b	Déficit hídrico	4,54	b	Déficit hídrico	31,69	a
Controle	4,12	a	Controle	7,01	a	Controle	17,21	b

Para ANFc 9 não inoculado			Para ANFc 9 não inoculado		
Médias de MSH (g)			Médias de NVP		
Déficit hídrico	135,00	b	Déficit hídrico	4,69	b
Controle	189,75	a	Controle	8,39	a

Médias seguidas de diferentes letras, nas colunas, diferem entre si com 5% de probabilidade de erro no teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022).

O nível de déficit hídrico imposto foi suficiente para reduzir a maioria dos componentes de rendimento que se tem interesse em um sistema de produção. O efeito da seca impactou, principalmente, no parâmetro número de vagens por planta em ambas as cultivares e ainda, independentemente da inoculação. Assim, encontra-se divergência de resultados quando comparados a experimentos que testaram estas bactérias individualmente em outras culturas. Como no experimento com a cultura da cana-de-açúcar, que se encontrou aumento significativo de massa fresca radicular e de parte aérea quando inoculada com a espécie *Bacillus aryabhattai* (MAY *et al.*, 2019). Assim como no experimento com feijão-verde (*Vigna radiata*), que se

verificou incremento na massa de nódulos, teores de clorofila A e B, concentração interna de nutrientes minerais e aumento nos componentes de rendimento avaliados (NAFEES, 2020). No caso do experimento com feijão-verde, inoculado com a combinação das bactérias *B. circulans* e *Cladosporium herbarum*, foi encontrado tanto incremento na massa seca da parte aérea, como nos componentes de rendimento de grãos (SINGH; KAPOOR, 1998). No entanto, ressalta-se que o efeito benéfico concedido às plantas pela inoculação destas bactérias nos experimentos citados anteriormente, foram atribuídos a suas capacidades de solubilização de nutrientes minerais do solo, principalmente do fósforo e sendo assim, existe a possibilidade de que o efeito da inoculação seja minimizado em solos com condições de alta fertilidade.

5 CONCLUSÃO

O formulado de bactérias (*B. aryabhatai*, *B. circulans* e *B. haynesii*) não incrementou na produtividade das cultivares IPR Sabiá e ANFc 9 cultivadas em vasos em casa de vegetação sob déficit hídrico no estágio reprodutivo.

O déficit hídrico imposto no estágio reprodutivo reduziu significativamente o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e aumentou o conteúdo de prolina nas cultivares IPR Sabiá e ANFc 9.

Estudos futuros da interação destas bactérias com o feijoeiro podem abordar a utilização de diferentes doses do inoculante, assim como a sua forma de aplicação (via sulco, sementes ou foliar) e o teste a campo.

REFERÊNCIAS

- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205–207, ago. 1973. ISSN 1573-5036. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00018060>. Acesso em: 28 nov. 2021.
- BRUIJN, F. J. d. (Ed.). **Biological Nitrogen Fixation**. 1st edition. ed. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell, 2015. ISBN 978-1-118-63704-3.
- CARRER-FILHO, R.; DIANESE, d. C.; CUNHA, M. G. d. Supressão da murcha de fusário em tomateiro por rizobactérias do gênero *Bacillus*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 356–363, set. 2015. ISSN 1983-4063. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632015000300014&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 13 out. 2022.
- CONAB, C. N. d. A. **Grãos - Por Unidades da Federação**. [S./], 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/39708_1d313af8171d4a55e63b2397727a6919. Acesso em: 14 nov. 2021.
- CUNHA, P. C. R. d. *et al.* Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 735–742, 2013. ISSN 1415-4366. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000700007&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 08 nov. 2021.
- CÓRDOVA, F. Fernández de; GEPTS, P. L.; GENES, M. L. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**. International Center for Tropical Agriculture, 1986. Accepted: 2016-01-18T13:31:34Z. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/69566>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- DIPP, C. C. *et al.* Drought stress tolerance in common bean: what about highly cultivated Brazilian genotypes? **Euphytica**, v. 213, n. 5, p. 102, abr. 2017. ISSN 1573-5060. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1893-5>. Acesso em: 28 nov. 2021.
- EMBRAPA, E. B. d. P. A. **Agência de Informação Embrapa Morfologia**. 2007. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_9_1311200215101.html. Acesso em: 14 nov. 2021.
- EMBRAPA, E. B. d. P. A. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. 1. ed. Embrapa Arroz e Feijão, 2021. ISBN 978-65-87380-27-8. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225978/1/lv-2021.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 72, n. 4, p. 673–689, 2015. ISSN 1420-682X, 1420-9071. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00018-014-1767-0>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- FAO, F. a. A. O. **Production of Beans, dry: top 10 producers**. [S./], 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- GIBRAN, G. K. **Sand and Foam: A Book of Aphorisms**. A.A. Knopf, 1995. (Kahlil Gibran pocket library). ISBN 978-0-679-43920-2. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=DM7ZAAAAMAAJ>.

GOSWAMI, A.; BANERJEE, R.; RAHA, S. Drought resistance in rice seedlings conferred by seed priming: Role of the anti-oxidant defense mechanisms. **Protoplasma**, v. 250, n. 5, p. 1115–1129, out. 2013. ISSN 0033-183X, 1615-6102. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00709-013-0487-x>. Acesso em: 14 nov. 2021.

MARTINS, S. J. *et al.* Plant-associated bacteria mitigate drought stress in soybean. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 14, p. 13676–13686, 2018. ISSN 0944-1344, 1614-7499. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-018-1610-5>. Acesso em: 25 nov. 2021.

MAURYA, A. *et al.* Biofilm formation and extracellular polymeric substance (EPS) production by *Bacillus haynesii* and influence of hexavalent chromium. **Bioresource Technology**, v. 352, p. 127109, maio 2022. ISSN 0960-8524. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852422004382>. Acesso em: 13 out. 2022.

MAY, A. *et al.* Induction of drought tolerance by inoculation of *Bacillus aryabhatai* on sugarcane seedlings. **Científica**, v. 47, n. 4, p. 400–410, nov. 2019. ISSN 1984-5529. Number: 4. Disponível em: <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/1258>. Acesso em: 28 out. 2022.

MESQUITA, A. C. *et al.* Bactérias diazotróficas no crescimento inicial e alterações bioquímicas de *Vigna unguiculata* sob déficit hídrico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e484985641–e484985641, jul. 2020. ISSN 2525-3409. Number: 8. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5641>. Acesso em: 15 nov. 2021.

NAFEES, M. Maqshoof2019. ago. 2020.

PARK, Y.-G. *et al.* *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLOS ONE**, v. 12, n. 3, p. e0173203, mar. 2017. ISSN 1932-6203. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0173203>. Acesso em: 04 out. 2022.

PEREIRA, J. W. d. L. *et al.* Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 766–773, dez. 2012. ISSN 0045-6888, 1806-6690. Publisher: Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rca/a/XsJRbCgZRcDCHhg6DjZMwBB/?lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2021.

RAMALHO, M.; SILVA, G.; DIAS, L. Genetic plant improvement and climate changes. **Cropp Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, n. 2, p. 189–195, 2009. ISSN 1984-7033. Disponível em: <http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/modules/news/article.php?storyid=620>. Acesso em: 08 nov. 2021.

SAHU, P. K. *et al.* Endophytic bacilli from medicinal-aromatic perennial Holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) modulate plant growth promotion and induced systemic resistance against *Rhizoctonia solani* in rice (*Oryza sativa* L.). **Biological Control**, v. 150, p. 104353, nov. 2020. ISSN 1049-9644. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S104996441930920X>. Acesso em: 13 out. 2022.

SEKI, M. *et al.* Regulatory metabolic networks in drought stress responses. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, n. 3, p. 296–302, 2007. ISSN 13695266. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1369526607000490>. Acesso em: 14 nov. 2021.

SHIVAJI, S. *et al.* *Janibacter hoylei* sp. nov., *Bacillus isronensis* sp. nov. and *Bacillus aryabhatai* sp. nov., isolated from cryotubes used for collecting air from the upper atmosphere. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 59, n. 12, p. 2977–2986, dez. 2009. ISSN 1466-5034,. Publisher: Microbiology Society,. Disponível em: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/ijms.0.002527-0>. Acesso em: 07 out. 2022.

SILVA, J. G. d. **Semeadura**. 2019. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_88_1311200215104.html. Acesso em: 14 nov. 2021.

SILVA, M. C. d. A. P. **Impacto da inoculação com cepas da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* bv03 sobre os processos fisiológicos de soja exposta à seca**. 2019. Tese (Monografia) — Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/716>. Acesso em: 08 nov. 2021.

SINGH, S.; KAPOOR, K. K. Effects of inoculation of phosphate-solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. **Mycorrhiza**, v. 7, n. 5, p. 249–253, fev. 1998. ISSN 1432-1890. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s005720050188>. Acesso em: 12 out. 2022.

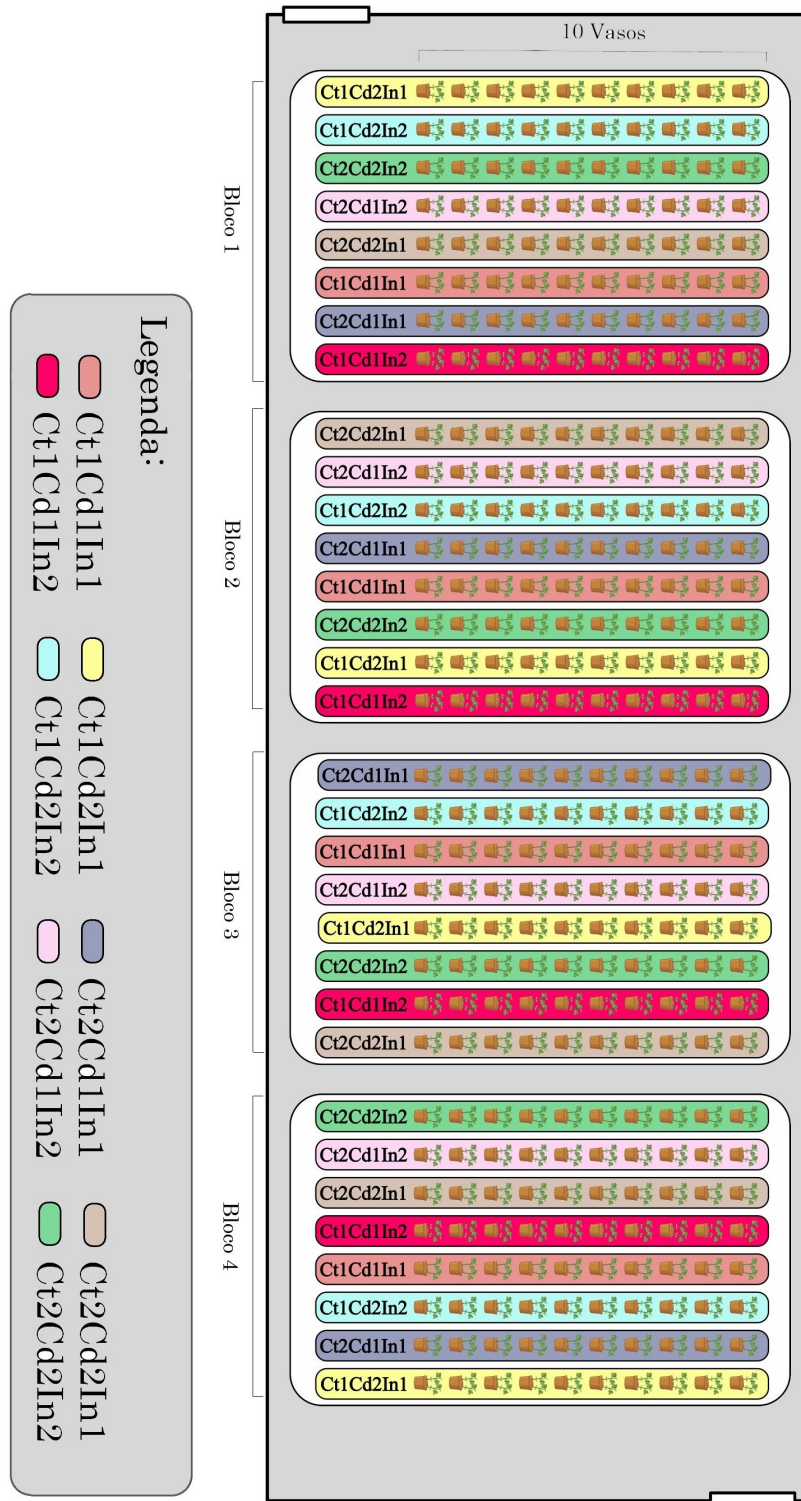
SOUZA, T. L. P. O. d. *et al.* Cultivares de feijão comum da Embrapa e parceiros disponíveis para 2013. **Comunicado técnico**, p. 6, 2013. ISSN 1678-961X. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97404/1/comunicadotecnico-211.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021.

TIMMUSK, S.; TIMMUSK, K.; BEHERS, L. Rhizobacterial Plant Drought Stress Tolerance Enhancement: Towards Sustainable Water Resource Management and Food Security. **Journal of Food Security**, v. 1, n. 1, p. 6–9, jan. 2013. Number: 1 Publisher: Science and Education Publishing. Disponível em: <http://pubs.sciepub.com/jfs/1/1/2/abstract.html>. Acesso em: 15 nov. 2021.

TROPICOS. ***Phaseolus vulgaris* L.** 2021. Disponível em: <http://legacy.tropicos.org/Name/13031753>. Acesso em: 14 nov. 2021.

APÊNDICE A – Croqui experimental

Figura 5 – Croqui experimental



Legenda: Croqui do experimento realizado em casa de vegetação em que cada tratamento é composto por 10 vasos por bloco com duas plantas por vaso, totalizando quatro blocos em que Ct1 = Cultivar IPR Sabiá, Ct2 = Cultivar ANFc 9, Cd1 = Com deficit hídrico. Cd2 = Controle, In1 = Inoculado e In2 = Não inoculado.

Fonte: Autoria própria (2022).