

## Posição da maniva e aplicação de *Azospirillum brasilense* influenciam caracteres agronômicos da mandioca

Handling position and application of *Azospirillum brasilense* influence agronomic cassava characters

La posición de siembra y la aplicación de *Azospirillum brasilense* influyen en los caracteres agronómicos de la yuca

Recebido: 07/03/2022 | Revisado: 16/03/2022 | Aceito: 18/03/2022 | Publicado: 26/03/2022

### **Jorge González Aguilera**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7308-0967>  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
E-mail: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com)

### **Bruna Izabel Krewer**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0447-3089>  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
E-mail: [brukrewer@hotmail.com](mailto:brukrewer@hotmail.com)

### **Roney Eloy Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7588-7895>  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
E-mail: [roney.eloylima@yahoo.com.br](mailto:roney.eloylima@yahoo.com.br)

### **Alan Mario Zuffo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9704-5325>  
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Centro de Estudos Superiores de Balsas, Brasil  
E-mail : [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

### **Rafael Felipe Ratke**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6930-3913>  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
E-mail: [rafael.ratke@ufms.br](mailto:rafael.ratke@ufms.br)

### **Jose Aristeu Alfonso Junior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2104-0285>  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
E-mail: [jalfonsojunior@gmail.com](mailto:jalfonsojunior@gmail.com)

### **Newton Júnior Ribeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2183-2696>  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
E-mail: [newtonjunior2311@gmail.com](mailto:newtonjunior2311@gmail.com)

### **Mirian Roberta Moraes Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6036-2519>  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil  
E-mail: [mirianr37@gmail.com](mailto:mirianr37@gmail.com)

### **Ahmed Youssef Elsayed**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0287-2251>  
Horticulture Research Institute, Egypt  
E-mail: [ahmedtohy@yahoo.com](mailto:ahmedtohy@yahoo.com)

### **Leandris Argente Martínez**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0353-2251>  
Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, México  
E-mail : [oleinismora@gmail.com](mailto:oleinismora@gmail.com)

## **Resumo**

O manejo da cultura da mandioca é o que determina o potencial produtivo, sendo em muitos casos negligenciado, por ser considerada uma cultura rústica que responde pouco aos insumos agrícolas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento da mandioca em função da posição da maniva em combinação com *Azospirillum brasilense*. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com desenho fatorial 2x2, sendo um fator o posicionamento [horizontal (PH) e vertical (PV)] e outro a aplicação do *A. brasilense* [com (+Azos) e sem (-Azos)], com 20 repetições por tratamento. Aos 165 dias após plantio (DAP) foram avaliadas em intervalo de 30 dias as variáveis: diâmetro do caule (DC), número de brotos (NB), altura do broto principal (ABP) e comprimento de folíolos (CF). Aos 285 DAP na coleta final foi avaliado o peso da parte área (PPA), o número de raízes comerciais (NR) e a produção total (PT). Análises multivariada de componentes principais (CP) foi realizado. Os primeiros dois CP retem

> 88% da variabilidade dos dados na maioria das variáveis medidas. O desenvolvimento morfológico é estimulado a partir dos 165 DAP até os 285 DAP, gerando assim, a maior produtividade da mandioca na associação do PH+Azos. A posição horizontal de plantio é a melhor opção na cultura da mandioca e junto com a fixação e melhor disponibilidade de N pelo *A. brasilense* promovem o melhor desempenho da cultura.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta* Crantz; Germinação; Tecnologia de produção; Métodos de plantio.

### Abstract

The management of the cassava crop is what determines the productive potential, being in many cases neglected, as it is considered a rustic crop that responds poorly to agricultural inputs. The objective of this work was to evaluate the development of cassava as a function of the position of the manioc in combination with *Azospirillum brasilense*. The experimental design used was completely randomized, with a 2x2 factorial design, one factor being the positioning [horizontal (PH) and vertical (PV)] and the other the application of *A. brasilense* [with (+Azos) and without (-Azos)], with 20 replicates per treatment. At 165 days after planting (DAP) the variables: stem diameter (SD), number of shoots (NS), main shoot height (MSH) and leaflet length (LL) were evaluated at an interval of 30 days. At 285 DAP in the final collection, the weight of the part area (WPA), the number of commercial roots (NCR) and the total production (TP) were evaluated. Multivariate principal component (PC) analyzes were performed. The first two PC retain >88% of the data variability on most of the measured variables. Morphological development is stimulated from 165 DAP to 285 DAP, thus generating the highest productivity of cassava in the association of PH+Azos. The horizontal planting position is the best option in the cassava crop, and together with the fixation and better availability of N by *A. brasilense*, they promote the best performance of the crop.

**Keywords:** *Manihot esculenta* Crantz; Germination; Production technology; Planting methods.

### Resumen

El manejo del cultivo de yuca es lo que determina el potencial productivo, siendo en muchos casos descuidado, por considerarse un cultivo rústica que responde mal los insumos agrícolas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo de la yuca en función de la posición de la yuca en combinación con *Azospirillum brasilense*. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con un diseño factorial 2x2, siendo un factor el posicionamiento [horizontal (PH) y vertical (PV)] y el otro la aplicación de *A. brasilense* [con (+Azos) y sin (-Azos)], con 20 repeticiones por tratamiento. A los 165 días después de la siembra (DDS) se evaluaron las variables: diámetro del tallo (DT), número de brotes (NB), altura del brote principal (ABP) y longitud del folíolo (LF) con un intervalo de 30 días. A los 285 DDS en la colecta final se evaluó el peso de la parte área (PPA), el número de raíces comerciales (NRC) y la producción total (PT). Se realizaron análisis multivariados de componentes principales (PC). Los dos primeros CP conservan >88 % de la variabilidad de los datos en la mayoría de las variables medidas. Se estimula el desarrollo morfológico desde los 165 DDS hasta los 285 DDS, generando así la mayor productividad de yuca en la asociación de PH+Azos. La posición de siembra horizontal es la mejor opción en el cultivo de yuca, y junto con la fijación y mejor disponibilidad de N por parte de *A. brasilense*, promueven el mejor comportamiento del cultivo.

**Palabras clave:** *Manihot esculenta* Crantz; Germinación; Tecnología de producción; Métodos de siembra.

## 1. Introdução

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem um importante papel socioeconômico na alimentação humana e animal, devido sua grande quantidade de amido torna-se uma grande fonte de energia vegetal com alto valor nutricional, aportando principalmente carboidratos, proteínas e vitamina C (FAO, 2021). Sua matéria prima tem aplicabilidade para a indústria, principalmente na forma de farinha de mandioca, gerando renda e empregos provindo das farinhas (CONAB, 2020). Sua fácil propagação, tolerância a seca bem como a doenças e pragas e sua baixa exigência nutricional lhe tornam uma cultura de fácil cultivo estando presentes em diversas regiões (FAO, 2019).

Em 1970 o Brasil foi o maior produtor de mandioca do mundo com 30 milhões de toneladas, atualmente a Nigéria assume a liderança com 57,13 milhões de toneladas, seguida da Tailândia e a Indonésia, o Brasil é o quarto maior produtor com 21,08 milhões de toneladas de raiz (FAO, 2019). A estimativa de produção brasileira de raiz de mandioca para o ano de 2020, de acordo com a última atualização do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é de 18,92 milhões de toneladas, colhidas numa área de 1,26 milhão de hectares (Conab, 2020). Outro ponto a ser destacado é que o Brasil, constitui o maior centro de diversidade do gênero *Manihot* (Allem, 2002) e considerado a nível mundial como provável centro de origem da espécie cultivada (Olsen, 2004).

No Brasil, apesar da cultura se adaptar aos diversos agroecossistemas, a mandioca apresenta alta interação genótipo x

ambiente, apresentando elevada adaptação específica a condições edafoclimáticas em algumas regiões (Otsubo et al., 2009), motivo pelo qual trabalhos tem mostrado a ampla diversidade da cultura no Brasil (Lima et al., 2021; Pedri et al., 2021). O manejo da cultura é o que determina o potencial produtivo, sendo em muitos casos negligenciado, por ser considerada uma cultura que responde a baixos insumos, aliado à incidência de pragas e doenças (Vieira et al., 2007).

O manejo nutricional constitui uns dos aspectos a considerar para se ter melhores desempenhos da cultura. O fornecimento adequado de macronutrientes N-P-K [nitrogênio (N), fosforo (P) e potássio (K)] tem sido determinante na obtenção de incrementos de rendimento na cultura (Soares et al., 2016). Dentre deles o manejo do nitrogênio influencia o conteúdo de ácido cianídrico (Santos et al., 2005) e o desempenho produtivo (Santos et al., 2014; Oliveira et al., 2017). Junto com esse desempenho associado a N já foi testado o emprego de bactérias e sua contribuição para a cultura (Balota et al., 1999; Ferreira et al. 2018). O desempenho bem-sucedido ao empregar bactérias do gênero *Azospirillum* há sido confirmado por Balota et al. (1999), Nascimento et al. (2014) e Lopes et al. (2019) mostraram a capacidade das bactérias de colonizar a rizosfera do solo e os tecidos da planta de mandioca, podendo estimular o crescimento vegetativo por meio da fixação de nitrogênio, e o crescimento das raízes através da síntese de fitohormônios, liberando o ácido indol-acético (AIA), giberelinas e citocininas (Bashan & Bashan, 2010; Cassán et al., 2009). Entretanto, cuidados no momento do plantio também são importantes e determinantes para se obter bons rendimentos.

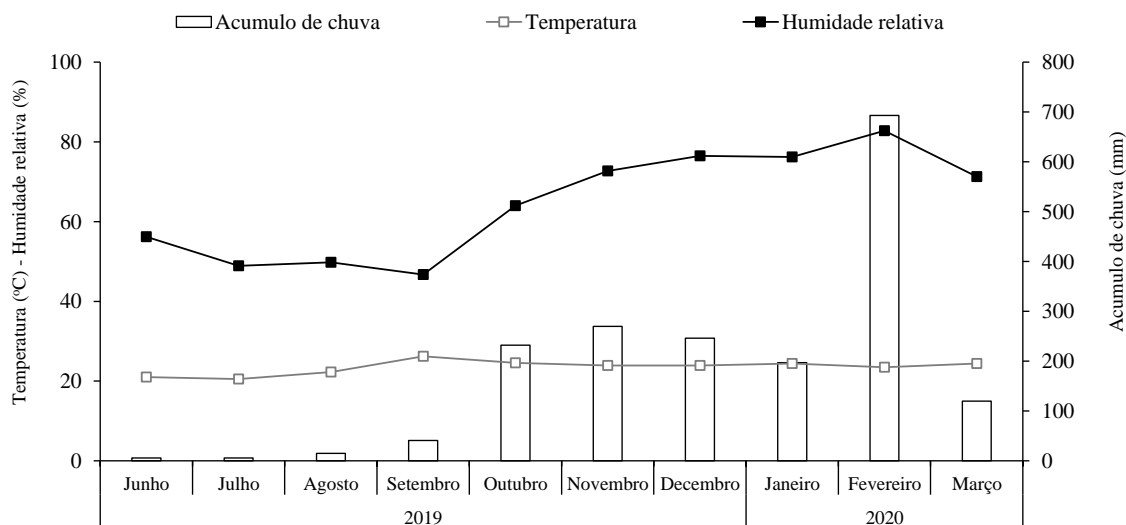
A qualidade das manivas é determinada pela sanidade do material empregado, pelo tamanho e diâmetro, período de conservação após coleta e no momento do plantio, o posicionamento no solo tem mostrado variações nas respostas produtivas da cultura (Alves, 2006). Geralmente, os produtores plantam a mandioca de modo horizontal no solo, muitas vezes com pouco ou nenhuma inclinação, o que facilita em parte o plantio (Normanha & Pereira, 1950; Gabriel Filho et al., 2003). Do ponto de vista fisiológico, o posicionamento pode estimular o balanço hormonal (auxinas e giberelinas) que ocorre na maniva ao se desencadear o processo germinativo das gemas, e como resposta também pode contribuir a um rápido fechamento das linhas no campo, evitando a presença de plantas daninhas e perdas de água por evaporação (Bashan, 2010). Outros trabalhos têm mostrado que o plantio vertical das ramas pode contribuir para um melhor desempenho agrônômico da mandioca principalmente, em solos arenosos (Conceição 1983; Viana et al., 2000; Ospina et al., 2002; Cerqueira et al., 2016). Nesse caso, ao realizar o plantio vertical há um maior aprofundamento das raízes. Entretanto, em mandioca, o modo como é feito o posicionamento das manivas no plantio e a aplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio e seus efeitos sob a germinação e desenvolvimento da cultura é desconhecido.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o processo de desenvolvimento inicial, vegetativo e produtivo da mandioca em função da posição de plantio da maniva e da aplicação de *Azospirillum brasiliense*.

## 2. Metodologia

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), campus Chapadão do Sul (CPCS) (18°46'17,9" Sul; 52°37'25,0" Oeste e altitude média de 810m). Segundo classificação de Koppen, o clima da região é do tipo tropical úmido (Aw), com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação, temperatura média e umidade relativa anual de 1.261 mm, 23,97 °C, 64,23%, respectivamente (Alvares et al., 2014). Informações do comportamento médio destas variáveis climáticas durante a condução do experimento são mostradas na Figura 1.

**Figura 1.** Comportamento mensal da temperatura média, umidade relativa e acúmulo de chuva observado em Chapadão do Sul, MS durante a condução do experimento.



Fonte: Autores.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho (Santos et al., 2018) de textura argilosa. Antes de iniciar o experimento, o solo foi amostrado na camada 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m, e as principais propriedades químicas são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Principais propriedades químicas dos solos utilizados no experimento nas condições de Chapadão do Sul.

Profundidade (m)	pH CaCl <sub>2</sub>	MO (g dm <sup>-3</sup> )	PMehlich <sup>-1</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC	V
0,00 – 0,20	5,2	27,5	6,0	3,8	0,12	3,20	1,10	0,25	8,4	54,5
0,20 – 0,40	4,8	30,1	5,5	4,8	0,07	2,70	0,80	0,20	8,5	43,5

MO: Matéria orgânica. CTC: Capacidade de troca de cátions à pH 7,0. V: Saturação de bases. Fonte: Autores.

Foi feita a correção da acidez do solo empregando como base à análises do solo (Tabela 1). A correção foi realizada 60 dias antes da implantação do experimento com a aplicação superficial de calcário (CaO: 29%; MgO: 20%; PRNT: 90,1%; PN: 90,5%), visando elevar a saturação por base do solo na área experimental a 60%, aplicando uma dose de calcário de 513 kg ha<sup>-1</sup> de modo superficialmente e incorporada com grade.

A irrigação foi realizada por meio de um sistema de irrigação por gotejo com mangueiras Netafim do Modelo Streamline, com espaçamento entre emissores de 0,30 m e distribuída a cada duas fileiras de mandioca. A irrigação foi aplicada em intervalos de 24 horas nas primeiras duas semanas e depois em intervalos de 48 horas, que permitiram garantir uniformidade na umidade, constituindo assim um ambiente favorável para o desenvolvimento da mandioca.

## 2.1 Material vegetal empregado

Manivas de mandioca da cultivar “Vassourinha” obtidas com um produtor da região foram empregadas no experimento. Foi feita uma seleção entre as manivas, empregando-se apenas aquelas manivas que tinham aproximadamente 0,02 m de diâmetro, selecionadas e cortadas em comprimento de 0,20 m com o objetivo de padronizar o material vegetal a ser empregado no plantio. A verificação da homogeneidade do material foi comprovada a partir da avaliação inicial de descritores

sugeridos por Fukuda e Guevara (1998), aferidos na totalidade das manivas germinadas, sendo confirmada a homogeneidade do material plantado.

## 2.2 Desenho experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial  $2 \times 2$ , com número de repetições de 20 plantas, cada planta foi considerada como repetição dentro de cada tratamento. Os tratamentos foram constituídos por duas posições [plantio de manivas na posição horizontal (PH) e vertical (PV)] e aplicação de *Azospirillum brasilense* [com (+Azos) e sem (-Azos) aplicação]. O plantio foi realizado manualmente com espaçamento entre fileiras de 0,9 m e entre plantas de 0,6 m.

Os tratamentos associados com a posição do plantio foram realizados no momento do plantio colocando a maniva de aproximadamente 0,20 m de comprimento nas covas realizadas com auxílio de enxada e deixando as manivas na PV com aproximadamente a metade do seu comprimento enterrado no solo e na PH sendo enterrado completamente a maniva, mantendo o mesmo espaçamento para ambos os tratamentos. A aplicação do *A. brasilense* foi feita aos 15 dias após a instalação do experimento com o auxílio de uma bomba costal de 20 litros empregando a doses de 500 mL ha<sup>-1</sup>. O produto comercial empregado foi AZOS contendo o inoculante líquido *A. brasilense* Ab-V<sub>5</sub> numa concentração de  $1 \times 10^8$  UFC ml<sup>-1</sup>. O controle de plantas daninhas foi realizado quando necessário por meio de capinas manuais.

## 2.3 Variáveis mesuradas

A partir dos 165 dias após a germinação (DAP) até os 285 DAP foram realizadas cinco avaliações (165, 195, 225, 255 e 285 DAP) e nelas avaliadas as variáveis: número de brotos (NB), ao realizar a contagem dos brotos com mais de 0,01 m de comprimento em cada maniva; altura do broto principal (ABP), com auxílio de uma régua milimetrada foi aferida comprimento da base da planta até o ápice do broto principal com comprimento acima de 0,01 m; comprimento dos folíolos (CF), aferida na folha mas desenvolvida no broto de maior comprimento por maniva e diâmetro do caule (DC), aferido com um paquímetro digital na altura da 10 cm da base no broto principal.

Aos 285 DAP as plantas que tinham sido avaliadas foram colhidas e nelas mensurada o NB, ABP, CF, DC e os componentes de rendimento: peso da parte área (PPA), aferida em balança digital ao separar a parte área (inclui caule e folhas de cada planta) das raízes; número de raízes comerciais (NR), realizado ao contar o número total de raízes com mais de 4 cm de diâmetro e desconsiderar na análises as raízes não comerciais; e peso total das raízes (PT), aferido em balança digital empregando todas as raízes as comerciais e as não comerciais.

## 2.4 Análises estatísticas

Os dados foram previamente submetidos aos testes de Kolmogorov–Smirnov e Levene para análise do ajuste dos resíduos à distribuição normal e homogeneidade das variâncias, respectivamente, ambos ao nível de significância de 5%. Análises de componentes principais (CP) para todas as variáveis dependentes (NB, ABP, CF, DC, PPA, NR e PT) em relação a todos os tratamentos testados (PH, PV, +Azos, -Azos e interação deles) foi realizado. Gráficos foram construídos no programa Sigma Plot versão 11.0 e as análises de CP foram realizadas no programa RBio (Bhering, 2017) versão 140 para windows.

## 3. Resultados e Discussão

Como prática de manejo mais comum na cultura da mandioca, geralmente o plantio é feito de modo horizontal (Normanha; Pereira, 1950; Gabriel Filho et al., 2003). Na fase inicial as reservas de carboidratos na maniva são as que determinam o desenvolvimento inicial (primeiros 30 DAP) segundo Alves (2006). A rápida germinação das manivas e

crescimento é importante também para evitar a emergência de plantas daninhas, e com isso, diminuir a aplicação de herbicidas ou uso de maquinarias para seu controle nessas fases iniciais. Ao mesmo tempo, promove um rápido fechamento do campo, reduzindo a superfície exposta a radiação solar e contribuindo na manutenção da umidade e da erosão do solo. Ospina et al. (2002) recomendam o PV nas condições de Colômbia, entretanto, comentam que a disposição das raízes de mandiocas quando plantadas as manivas na PH ficam, mas espaçadas, e com isso, se facilita a coleta em relação a PV ou inclinada. Estes trabalhos constituíram a premissa do desenvolvimento do presente trabalho.

Dados obtidos no desenvolvimento do diâmetro do caule em relação aos fatores posicionamento da maniva e aplicação de *A. brasilense* foram empregados numa análise de CP e o resultado é mostrado na Figura 2A. Os resultados mostram que uma grande parte da variabilidade dos dados está contida nos dois primeiros componentes totalizando 90,13% da variação. Na Figura 2A observa-se a relação das fontes de variação individuais (PV, PH, +Azos e -Azos) e combinadas (PV+Azos, PH+Azos, PV-Azos, PH-Azos) nas diferentes datas de avaliação (195, 225, 255 e 285 DAP). A maior associação observa-se entre o tratamento PH+Azos com todas as datas de avaliação ao observar a maior proximidade do tratamento e as diferentes datas que apresentam igual direção e magnitude de seus efeitos. Entretanto, podemos destacar que os maiores efeitos do PH+Azos foram aos 225 e 255 DAP.

Albuquerque et al. (2009) relatam a importância do DC para a escolha do material a ser propagado. As manivas empregadas na propagação vegetativa apresentaram geralmente alta variabilidade, por serem oriundas de diferentes partes da planta, conseqüentemente há variação da quantidade de reservas nutritivas em função do diâmetro. Espera-se que caules com maior diâmetro possuam maiores quantidades de reservas nutritivas, o que resulta em desenvolvimento inicial mais vigoroso das plantas (Sagrilo et al., 2002). Nesse sentido o tratamento com PH+Azos promoveu o maior estímulo para esta variável, e com ele poderemos obter manivas de melhor qualidade para serem empregadas num novo plantio.

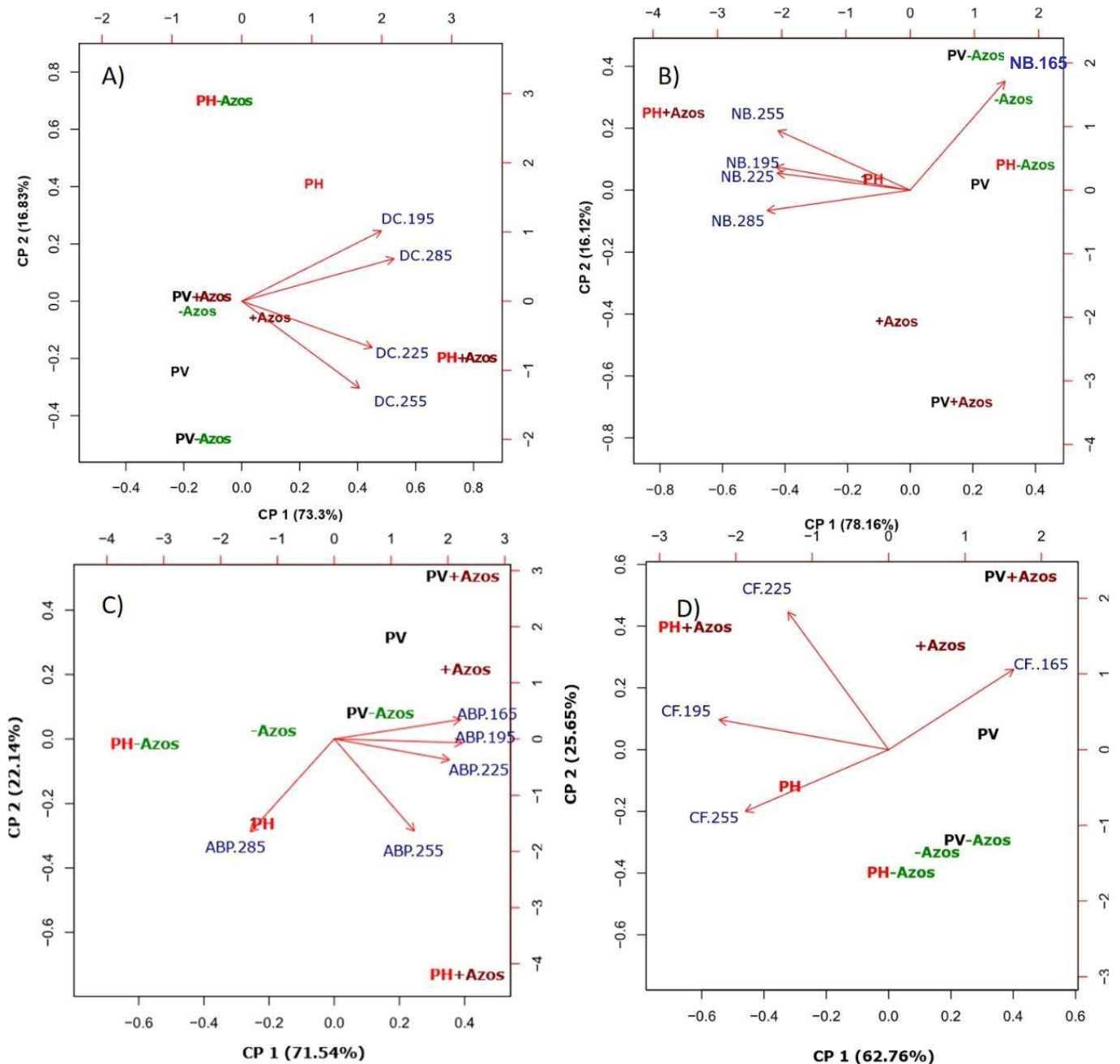
O emprego de bactérias do gênero *Azospirillum* tem sido relatado por Balota et al. (1999), Nascimento et al. (2014) e Lopes et al. (2019) na mandioca. Os resultados confirmam esses achados e mostram como as bactérias através da colonização da rizosfera do solo promovem um estímulo do crescimento vegetativo por meio da fixação de nitrogênio (Bashan; Bashan, 2010; Cassán et al., 2009), estímulo que é mais acentuado na PH em relação ao posicionamento vertical.

A análises de componentes principais para NB mostra que os dois primeiros componentes contêm 94,28% da variabilidade total dos dados (Figura 2B). Na primeira avaliação (165 DAP), a associação do PV-Azos e o -Azos individual tiveram o melhor desempenho para NB, cenário que teve mudanças aos 195 até 285 DAP ficando evidente os resultados positivos da associação do PH+Azos e o PH individual. A magnitude e a direção dos efeitos sob os s diferentes momentos de avaliação das variáveis mesuradas mostram os efeitos do PH+Azos e a superioridade dessa combinação para o NB (Figura 2B).

O NB ou ramificações é associado ao hábito de crescimento, sendo preferido pelos produtores aquele que proporciona maior facilidade para a realização de tratos culturais e colheita. Pressupõe-se que plantas com maior desenvolvimento da haste principal (hábito ereto) tenham menor NB, e assim maximizam o deslocamento de fotoassimilados para as raízes. Cultivares de mandioca com mais ramificações mostraram menor rendimento e maiores problemas na mecanização da lavoura segundo Rós et al. (2011). Viana et al. (2000) ao avaliar os efeitos do tamanho de manivas e da posição de plantio sobre a colheita da mandioca, verificaram que o brotamento das manivas foi mais rápido (15 dias para ter o 50% das manivas germinadas) quando plantadas na vertical ou inclinadas em relação as plantadas horizontalmente (26 dias), garantindo um rápido desenvolvimento dos brotos que, de acordo com Conceição (1983), é uma das vantagens desse sistema de plantio.



**Figura 2.** Análises de componentes principais (CP) nas variáveis diâmetro do caule (A), número de brotes (B), altura do broto principal (C) e comprimento do folíolo (D) obtidos ao mesurar os efeitos do posicionamento das manivas [posição horizontal (PH) e vertical (PV)] e da aplicação de *Azospirillum brasilense* [com (+Azos) e sem (-Azos)] em experimentos conduzidos em Chapadão de Sul, MS. Os números associados a cada variável correspondem as avaliações realizadas aos 165, 195, 225, 255 e 285 DAG.



Fonte: Autores.

A análise dos componentes principais para ABP mostra que os dois primeiros componentes contêm 93,68% da variabilidade total dos dados (Figura 2C). Ao avaliar a ABP, efeitos positivos são observados a favor do tratamento PH+Azos com maior efeito aos 255 DAP. O posicionamento horizontal aos 285 DAP evidencia o maior efeito deste tratamento e proporcionando assim as maiores alturas associadas a esta variável, no final do ciclo da cultura.

Geralmente a ABP está associada a maior disponibilidade de nutrientes no solo, sendo relatado que em solos de baixa fertilidade as plantas mais ramificadas diminuem o tamanho dos ramos e assim o da haste principal (Carvalho; Fukuda, 2006).

Se consideramos que o NB foi estimulado ao mesmo tempo estimulou-se a ABP, nossos resultados discordam dos relatados por Carvalho e Fukuda (2006). A maior altura está associada também a maior produção de parte área e consequentemente maior produção de fotoassimilados nas folhas, mostrando que existe uma relação direta entre essas duas características (Otsubo et al., 2009). O PH contribui com a ABP e assim pode vir a trazer uma melhor resposta produtiva para a cultura, em combinação com a aplicação de *A. brasilense* (Figura 2C) que estimula por sua vez o crescimento vegetativo por meio da fixação de nitrogênio segundo Bashan e Bashan (2010) e Cassán et al. (2009), o que redundará num melhor desempenho do tratamento PH+Azos.

A análise de componentes principais para a variável CF mostra que os dois primeiros componentes contêm 88,41% da variabilidade total dos dados (Figura 2D). O desenvolvimento do CF assim como as demais variáveis avaliadas (DC, NB e ABP) teve os melhores resultados na associação PH+Azos, onde o maior destaque acontece aos 195 e 225 DAP. Já a maior influência desses mesmos dois fatores individuais se mostra associada a resposta obtida ao início (165 DAP) e final (255 DAP) da avaliação para esta variável com +Azos e PH, respectivamente (Figura 2D).

O CF está associado a maior área foliar e assim mais disponibilidade de fotoassimilados o que seria vantajoso a ser obtido na cultura da mandioca quando se avalia o desempenho de macro elementos como o potássio (Silva et al., 2017). Os resultados obtidos mostram a combinação de PH+Azos, assim como, eles de modo individual em menor magnitude, como tratamentos efetivos na estimulação do desenvolvimento da planta de modo geral se considerarmos que para todas as variáveis apresentadas até aqui todas foram estimuladas (Figura 2).

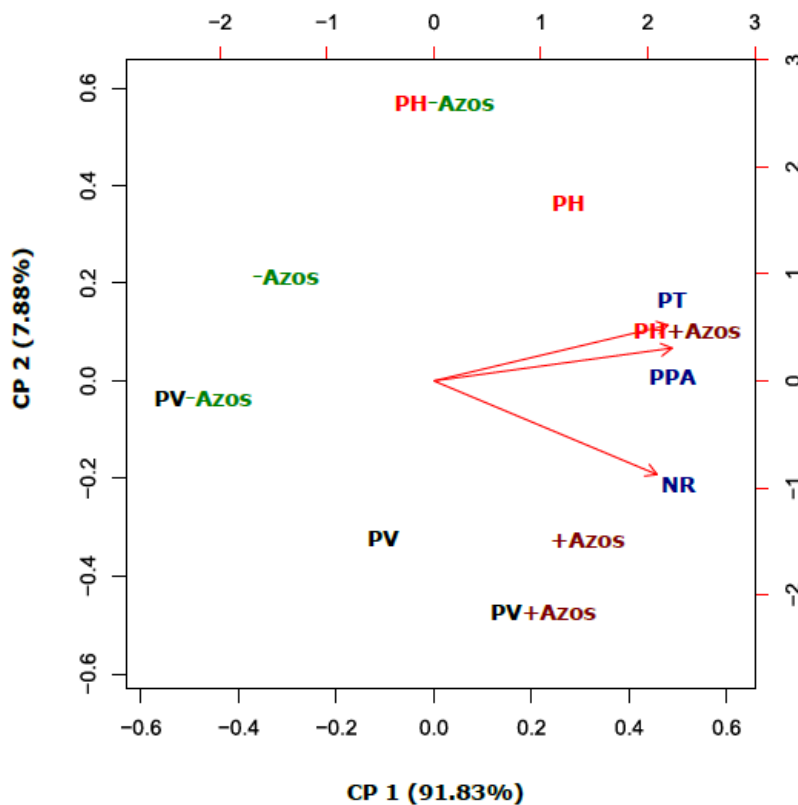
As análises de componentes principais para as variáveis associadas ao rendimento da cultura (PPA, NR e PT) mostram que os dois primeiros componentes contêm 99,71% da variabilidade total dos dados (Figura 3). Todas as variáveis produtivas avaliadas foram estimuladas e seu comportamento esteve associado a combinação do plantio horizontal com o *Azospirillum* manifestando assim os melhores resultados dos componentes produtivos avaliados nesse experimento.

A PPA é de importância por fornecer o material de propagação a ser empregado na alimentação animal, como substituto de rações (Almeida et al., 2007), assim como, ser uma medida da disponibilidade de ramas a serem empregadas no estabelecimento e condução de novos plantios o que é de interesse para o produtor. A PPA inclui todo o caule e as folhas, que de modo individual ao mesurar o DC, NB e CF mostraram-se estimulados pela combinação de PH+Azos que redundará nessa resposta do PPA mostrada na Figura 3.

A produtividade por sua vez está associada ao maior rendimento de raízes em número e peso para garantir a maior produtividade para a cultura da mandioca por área no campo. O PH+Azos promove essa resposta positiva do número de raízes comerciais e a produtividade total por plantas. Esta combinação (PH+Azos) promoveu desenvolvimento das plantas de modo integral ao estimular todas as variáveis mesuradas desde o diâmetro do caule, número de brotos, altura do broto principal e comprimento do folíolo redundando assim num aumento dos componentes de produção (número de raízes comerciais, peso da parte área e produção total por plantas). O posicionamento horizontal ainda que relatos tem mostrado o vertical como bons resultados (Conceição, 1983; Viana et al., 2000; Ospina et al., 2002; Cerqueira et al., 2016), mostrou-se como o melhor a ser empregado nas condições testadas para todas as variáveis testadas. Por sua vez o emprego de bactérias do gênero *Azospirillum* confirmam a importância de seu uso na cultura confirmando os resultados obtidos por Balota et al. (1999), Nascimento et al. (2014) e Lopes et al. (2019). O aporte e fixação de nitrogênio tem sido determinante nas respostas obtidas aliadas ao posicionamento horizontal o que recomendamos para plantios comerciais de mandioca.



**Figura 3.** Análises de componentes principais (CP) nas variáveis associadas a produção: número total de raízes comerciais (NR), peso da parte área (PPA) e produção total (PT) obtidas ao mesurar os efeitos do posicionamento das manivas [posição horizontal (PH) e vertical (PV)] e da aplicação de *Azospirillum brasilense* [com (+Azos) e sem (-Azos)] em experimentos conduzidos em Chapadão de Sul, MS.



Fonte: Autores.

#### 4. Considerações Finais

O desenvolvimento morfológico é estimulado a partir dos 195 DAP até os 285 DAP, gerando assim, a maior produtividade da mandioca na associação do plantio horizontal com a aplicação de *Azospirillum brasilense*.

A combinação do posicionamento horizontal combinado com a aplicação de *A. brasilense* que se destacaram, serão empregadas em novos estudos posteriores, sendo avaliadas quanto ao desempenho produtivo em diferentes cultivares e locais do estado de Mato Grosso do Sul. Dessa forma, indicaremos este manejo a ser aplicado pelos agricultores, considerando o benefício que esta combinação nos traz.

#### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC – campus de Chapadão do Sul (CPCS), Brazil.

#### Referências

- Allem, A. C. (2002). The Origins and Taxonomy of Cassava. In: HILLOCKS, R. J. et al. (Ed.). Cassava: Biology, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK. 1-16.
- Almeida, J. & Ferreira Filho, J. R. (2007). A mandioca na alimentação animal. Salvador: EBDA, Circular Técnica. n. 11, 8p.

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M. & Sparovek, G. (2014). Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6), 711-728.
- Alves, A. A. C. (2006). Capítulo 7. Fisiologia da mandioca. In: Aspectos sócio-econômicos e agrônômicos da mandioca. Editor: Luciano da Silva Souza... [et al.]. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 138-169.
- Balota, E. L.; Lopes, E. S.; Hungria, M. & Döbereiner, J. (1999). Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(7), 1265-1276.
- Balota, E. L.; Lopes, E. S.; Hungria, M. & Döbereiner, J. (1997). Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízico-arbusculares na cultura da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 32(6), 627-639.
- Bhering, L. L. (2017). Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 187-190.
- Cardoso Júnior, N. dos S.; Viana, A. E. S.; Matsumoto, S. N.; Sedyama, T.; Amaral, C. L. F.; Pires, A. J. V. & Ramos, P. A. S. (2005). Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 27, 603-610.
- Carvalho, P. C. L. & Fukuna, W. M. G. (2006). Estrutura da planta e morfologia. In: Souza, L. S.; Farias, A. R. N.; Mattos, P. L. P.; Fukuna, W. M. G. (Ed.). Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Carqueira, F. B.; Faria A. J. G.; Santos, P. F.; Carneiro, J. J. S.; de Freitas, J. A. & Ribeiro, F. C. (2016). Desenvolvimento inicial da mandioca 'cacau' sob diferentes posições da maniva. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 10(5), 16-21.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Análise Mensal de Mandioca. Setembro 2021. Disponível em <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em 22 novembro. 2021.
- Díaz-Zorita, M. & Fernández-Canigia, M. V. (2009). Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. *European Journal of Soil Biology*, 45, 3-11.
- Dobbelaere S.; Croonenborghs A. T.; Thys A., Ptacek, D.; Vanderleyden, J.; Dutto, P.; Labandera-González, C.; Caballero Mellado, J.; Aguirre, J. F.; Kapulnik, Y.; Brenner, S.; Burdman, S.; Kadouri, D.; Sarig, S. & Okon, Y. (2001). Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Aust. J. Plant Physiol*, 28, 871–879.
- Dobbelaere, S. & Okon, Y. (2003). The plant growth promoting effect and plant responses, in: C. Elmerich, W.E. Newton (Eds.), *Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. 1–26.
- Dominguez O. C. E. (1979). Crecimiento y desarrollo de la planta de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. 7p.
- El Zemrany, H.; Czarnes, S.; Hallett, P. D.; Alamercury, S.; Bally, R. & Jocteur Monrozier, L. (2007). Early changes in root characteristics of maize (*Zea mays*) following seed inoculation with the PGPR *Azospirillum lipoferum* CRT1. *Plant Soil*, 291, 109–118.
- FAO (2021). Production crops. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ferreira, R. S.; Silva, N. S.; Lima, C. P.; Silva, N. M.; Silva, J. G.; Farias, L. A. & Lopes, E. P. (2018). Diversidade de bactérias endofíticas associadas à Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Craibeiras de Agroecologia*, 3 (1), e6707.
- Gabriel Filho, A.; Strophaecker, L. & Fey, E. (2003). Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. *Ciência Rural*, 33 (3), 461-467.
- León, R.; Pérez, M.; Fuenmayor, F.; Gutiérrez, M.; Rodríguez, A.; Rodríguez, G. & Marín, C. (2016). Evaluación fisiológica y agronómica de clones promisorios de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sometidos a condiciones de estrés por sequía. *Revista UNELLEZ de Ciencia y tecnología*, 34, 50-57.
- Lima, L. A.; Xavier, A. R.; Amorim, A. V. & Vasconcelos, J. G. (2021). Traditional knowledge, cultural sustainability and characterization of cassava ethnovarities: a study in a community in the interior of Ceará. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 13, p. e364101320941.
- Lopes, E. A. P.; Silva, A. D. A.; Mergulhão, A. C. E. S.; Silva, E. V. N.; Santiago, A. D. & Figueiredo, M. V. B. (2019). Co-inoculation of growth promoting bacteria and *Glomus clarum* in micropropagated cassava plants. *Revista Caatinga*, 32(1), 152-166.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. *Crop science*, 2(2), 176-177.
- Nascimento, J. M. L.; Santos, M. R. B. dos; Queiroz, M. A. Á. & Yano-Melo, A. M. (2014). Desenvolvimento vegetativo e associação micorrízica em plantas de mandioca adubadas com resíduo agroindustrial. *Semina: Ciências Agrárias*, 35 (2), 727-734.
- Normanha, E. S. & Pereira, A. S. (1950). Aspectos agrônômicos da cultura da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). *Bragantia*, 10 (7), 179-202.
- Oliveira, N. T.; Uchôa, S. C. P.; Alves, J. M. A.; Albuquerque, J. A. A. & Rodrigues, G. S. (2017). Effect of harvest time and nitrogen doses on cassava root yield and quality. *Rev Bras Cienc Solo*, 41, e0150204.
- Olsen, K. M. (2004). SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. *Plant Molecular Biology*, 56, 517-526.
- Ospina P. B.; Garcia G. M. L. & Alcalde T. C. A. (2002). Sistemas mecanizados de siembra y cosecha para el cultivo de la yuca. En: Ospina P., B., Ceballos, H. (Org) *La yuca del tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca, Proyecto IP-3 Mejoramiento de Yuca. 326-340.
- Otsubo, A. A.; Brito, O. R.; Mercante, F. M.; Otsubo, V. H. N.; Gonçalves, M. A. & Telles, T. S. (2009). Desempenho de cultivares elites de mandioca industrial em área de cerrado do Mato Grosso do Sul. *Semina: Ciências Agrárias*, 30 (suplemento 1), 1155-1162.

Pacheco, R. I. L.; Macias, M. P.; Campos, F. C. F.; Izquierdo, A. J. R. & Izquierdo, G. A. R. (2020). Agronomic and physiological evaluation of eight cassava clones under water deficit conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73 (1), 9109.

Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philos. Mag.*, 2, 559–572.

Pedri, E. C. M. de; Santos, L. L. dos; Wolf, M. S.; Tiago, A. V.; Cardoso, E. dos S.; Hoogerheide, E. S. S. & Rossi, A. A. B. (2021). Genetic diversity among cassava landraces cultivated in the north of Mato Grosso state, Brazil using morpho-agronomic descriptors. *Research, Society and Development*, [S. l.], 10(5), e25410514871.

Rós, A. B.; Hirata, A. C. S.; de Araujo, H. U. & Narita, N. (2011). Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(4), 552-558.

Sagrilo, E.; Vidigal Filho, P. S.; Pequeno, M. G.; Scapim, C. A.; Gonçalves-Vidigal, M. C.; Maia, R. R. & Kvitschal, M. V. (2002). Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. *Bragantia*, 61(2), 115-125.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumberras, J. F.; Coelho, M. G.; Almeida, J. A.; Araújo-Filho, J.; Oliveira, J. B. & Cunha, T. (2018). *Brazilian Soil Classification System*, 5th ed. Rio de Janeiro: Embrapa. 303p.

Santos, N. S.; Alves, J. M. A.; Uchôa, S. C. P.; Oliveira, N. T. & Albuquerque, J. A. A. (2014). Absorption of macronutrients by cassava in different harvest dates and dosages of nitrogen. *Rev Cienc Agron.*, 45, 633-640.

Silva, D. C.; Alves, J. M.; Uchôa, S. C.; Sousa, A. D.; Barreto, G. F. & Silva, C. N. (2017). Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. *Revista de Ciências Agrárias*, 60, 158-165.

Soares, M. R. S.; Neto, A. C. A.; José, A. R. S.; Lima, R. S.; Moreira, E. S.; Prado, T. R.; Silva, R. A. & Moreira, G. L. P. (2016). Effect of weeds on yield loss of cassava plants in response to NPK fertilization. *African Journal of Agricultural Research*, 11(5), 356-370.

Viana, A. E. S.; Sediyaama, T.; Lopes, S. C.; Sediyaama, C. S. & Rocha, V. S. (2000). Effects of length in stem cutting and its planting position on cassava yield. *Acta Scientiarum*, 22 (4), 1011-1015.

Vieira, E. A.; Flalho, J. de F. & Silva, M. S. (2007). Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 180, 16.