



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**DAVID MAYKE DA SILVA PIMENTEL
ISABELA RIBEIRO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE UMA CULTIVAR DE
MANDIOCA BIOFORTIFICADA EM ÁREAS COM E SEM IRRIGAÇÃO NO
BAIXO AMAZONAS**

**JURUTI-PARÁ
2026**

**DAVID MAYKE DA SILVA PIMENTEL
ISABELA RIBEIRO DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE UMA CULTIVAR DE
MANDIOCA BIOFORTIFICADA EM ÁREAS COM E SEM IRRIGAÇÃO NO
BAIXO AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no
Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal
do Oeste do Pará.

Área de concentração: Ciências Agrárias

Orientador(a): Celeste Queiroz Rossi

Co-orientador(a): Dayse Drielly Souza Santana Vieira

**JURUTI-PARÁ
2026**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Sistema
Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

P664a Pimentel, David Mayke da Silva

Avaliação do crescimento e produtividade de uma cultivar de mandioca biofortificada em áreas com e sem irrigação no Baixo Amazonas / David Mayke da Silva Pimentel e Isabela Ribeiro da Silva. – Juruti (PA): Ufopa, 2026.

43 p.

Inclui bibliografias.

Orientação: Celeste Queiroz Rossi.

Coorientação: Dayse Drielly Souza Santana Vieira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Juruti, Bacharelado em Agronomia.

1. Mandioca biofortificada. 2. Irrigação agrícola. 3. Produtividade vegetal. 4. Segurança alimentar. I. Silva, Isabela Ribeiro da. II. Rossi, Celeste Queiroz, *orient.* III. Vieira, Dayse Drielly Souza Santana, *coorient.* IV. Título.

CDD: 23 ed. 633.68

DAVID MAYKE DA SILVA PIMENTEL
ISABELA RIBEIRO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE UMA CULTIVAR DE
MANDIOCA BIOFORTIFICADA EM ÁREAS COM E SEM IRRIGAÇÃO NO
BAIXO AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no
Campus Universitário de Juruti, na Universidade
Federal do Oeste do Pará.

Área de concentração: Ciências Agrárias

Orientador(a): Celeste Queiroz Rossi

Co-orientador(a): Dayse Drielly Souza Santana Vieira

Conceito: Aprovado

Data de aprovação 03/06/2026

Documento assinado digitalmente
 **CELESTE QUEIROZ ROSSI**
Data: 18/06/2026 12:17:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª Drª Celeste Queiroz Rossi – Orientador(a)

Universidade Federal do Oeste do Pará – *Campus* Universitário de Juruti

Documento assinado digitalmente
 **FLAVIO JOSE RODRIGUES CRUZ**
Data: 18/06/2026 11:18:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Flávio José Rodrigues Cruz

Universidade Federal do Oeste do Pará – *Campus* Universitário de Juruti

Documento assinado digitalmente
 **MICHELLY RIOS AREVALO**
Data: 18/06/2026 10:44:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Michelly Rios Arévalo

Universidade Federal do Oeste do Pará – *Campus* Universitário de Juruti

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por ter me dado saúde, sabedoria, resiliência e toda força necessária ao longo da minha jornada acadêmica pois, sem ele nada seria possível.

À minha família, em especial aos meus pais Antonio Messias e Raimunda Barros, que sempre me incentivaram e ofereceram todo o apoio que precisei durante esse período, eles são minha maior inspiração e motivação. Também agradeço meu irmão Viktor, que vem sendo um grande parceiro nessa caminhada. Aos demais familiares tios, primos e avós, que contribuíram diretamente na minha formação deixo aqui meu muito obrigado.

À minha orientadora, Dra. Celeste Rossi, e à coorientadora, Dra. Dayse Vieira, serei eternamente grato por tudo que vocês fizeram e fazem por mim, por acreditarem em meu potencial. Todas as orientações, ensinamentos e oportunidades que a mim foram dadas, sempre serão minhas mães científicas.

Ao engenheiro agrônomo Jonathan Vieira e a Farinharia Puxirum, sem eles esse trabalho não seria realizado. À minha parceira de TCC, Isabela Ribeiro, que se propôs a executar esse trabalho comigo.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Campus Universitário Juruti (CJUR), que contribuíram na minha formação compartilhando conhecimento através de suas aulas.

Aos meus amigos Cristiano Matos e Arthur Pimentel, que são como irmãos para mim e sempre me ajudaram quando precisei.

Ao grupo NPK, Auriane Pimentel, Edinete Moreira, Joelma Lourenço, Ozilene Guimarães, Tony Albuquerque e Manuele Pimentel que sempre ofereceram apoio, ajuda e se tornaram grandes amigadas.

Ao grupo solo-planta, os projetos EDUC e Ciência dos solos, pela oportunidade de trabalhar com extensão universitária e agregar mais conhecimento e experiência na minha trajetória acadêmica.

Aos meus colegas de turma, que trilharam comigo essa trajetória, colaborando direta ou indiretamente ao longo desse ciclo. As amigadas que conquistei dentro da universidade, serão sempre lembrados com muita gratidão.

Agradeço a UFOPA CJUR, pela oportunidade de realizar um sonho. Pela concessão de bolsas de iniciação científica e PEEEX, que contribuíram para minha trajetória na pesquisa, e ao grupo solo-planta, pelo apoio na realização desses projetos.

David Mayke de Silva Pimentel

Antes de tudo, agradeço a Deus por ter guiado meus passos ao longo da graduação, me fortalecendo nos momentos difíceis e me permitindo chegar até aqui.

Ao meu esposo Gonçalves Junio Barbosa, meu maior apoiador durante todos esses anos. Obrigada por estar ao meu lado nos momentos difíceis, por acreditar em mim até quando eu mesma duvidei, por todo incentivo, paciência, cuidado e amor. Sua presença foi essencial para que eu chegasse até aqui.

À minha família, em especial às minhas irmãs Margareth, Lia e Juliana que mesmo de longe estiveram ao meu lado me apoiando, incentivando e torcendo por mim durante essa jornada. Cada palavra de apoio e cada gesto de carinho fizeram toda a diferença.

À minha orientadora, Dra. Celeste Rossi, e à coorientadora, Dra. Dayse Vieira, por todo suporte, ensinamentos, orientação, parceria e acolhimento desde o início da graduação. Obrigada por todas as oportunidades, pela confiança depositada em mim e por terem contribuído de maneira tão significativa para minha formação acadêmica e profissional.

À Lorena Herrera, pelo apoio, amizade, incentivo e contribuição no meu desenvolvimento profissional e pessoal ao longo da minha formação.

Aos meus colegas e amigos David Mayke, Tony Albuquerque, Cristiano Matos, Idenilza Pereira, Auriane Pimentel e Jefter Cardoso, por compartilharem comigo tantos momentos da graduação, pelas conversas divertidas, apoio, aprendizados e principalmente a amizade.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, por todos os conhecimentos compartilhados ao longo da minha formação acadêmica. Em especial, à professora Vanessa Leão, ao professor Flávio Cruz e ao professor Michelly Arevalo, pelo apoio, ensinamentos e contribuição profissional.

À Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR), pela oportunidade de realizar minha graduação e pelas experiências proporcionadas ao longo dessa trajetória. Agradeço também pela concessão da bolsa PEEEX, que contribuiu significativamente para meu desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal.

Essa trajetória foi marcada por desafios, aprendizados e muitas superações. Por isso, sou grata a cada pessoa que esteve presente, oferecendo apoio, incentivo ou simplesmente acreditando em mim ao longo dessa caminhada.

Isabela Ribeiro da Silva

RESUMO

A mandioca constitui uma das principais culturas agrícolas da Amazônia, desempenhando importante papel socioeconômico na agricultura familiar e na segurança alimentar regional. Nesse contexto, cultivares biofortificadas, como a BRS Dourada, apresentam potencial para melhoria nutricional e adaptação às condições edafoclimáticas tropicais. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e produtividade da cultivar BRS Dourada submetida a condições irrigadas e não irrigadas no município de Juruti, Pará. O experimento foi conduzido na propriedade da empresa Farinharia Puxirum, localizada na comunidade Lago Verde, no período de fevereiro de 2025 a fevereiro de 2026. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos, sendo T1 com irrigação e T2 sem irrigação, com 14 repetições cada. A irrigação foi realizada por sistema de microaspersão durante o período do verão amazônico, considerando as características físico-hídricas do solo, classificado como arenoso e de baixa retenção de água. As avaliações ocorreram aos 90, 180, 270 e 360 dias após o plantio, analisando variáveis vegetativas e produtivas, incluindo número total de folhas, altura de plantas, diâmetro caulinar, número de raízes, comprimento e diâmetro radicular, produtividade e índice de colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t de Student ao nível de 5% de significância. Os resultados demonstraram comportamento agrônômico satisfatório da cultivar nas condições ambientais da região do Baixo Amazonas, evidenciando boa adaptação ao ambiente de cultivo. A irrigação não promoveu diferenças significativas para a maioria das variáveis analisadas, indicando estabilidade produtiva da cultivar mesmo sob condições de restrição hídrica moderada. Dessa forma, a cultivar BRS Dourada apresenta potencial para cultivo regional, podendo contribuir para o fortalecimento da mandiocultura e da segurança alimentar na Amazônia.

Palavras-chaves: *Manihot esculenta* Crantz; BRS Dourada; Segurança Alimentar; Irrigação.

ABSTRAT

Cassava is one of the main agricultural crops in the Amazon region, playing an important socioeconomic role in family farming and regional food security. In this context, biofortified cultivars such as BRS Dourada show potential for nutritional improvement and adaptation to tropical edaphoclimatic conditions. This study aimed to evaluate the growth and productivity of the BRS Dourada cassava cultivar under irrigated and non-irrigated conditions in the municipality of Juruti, Pará, Brazil. The experiment was conducted at the Farinharia Puxirum property, located in the Lago Verde community, from February 2025 to February 2026. A completely randomized design was adopted, consisting of two treatments, T1 with irrigation and T2 without irrigation, with 14 replications each. Irrigation was performed using a microsprinkler system during the Amazonian dry season, considering the physical and hydraulic characteristics of the soil, classified as sandy and with low water retention capacity. Evaluations were carried out at 90, 180, 270, and 360 days after planting, analyzing vegetative and productive variables, including total number of leaves, plant height, stem diameter, number of roots, root length and diameter, productivity, and harvest index. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using Student's t-test at a 5% significance level. The results demonstrated satisfactory agronomic performance of the cultivar under the environmental conditions of the Lower Amazon region, showing good adaptation to the cultivation environment. Irrigation did not promote significant differences for most of the analyzed variables, indicating productive stability of the cultivar even under moderate water restriction conditions. Therefore, the BRS Dourada cultivar shows potential for regional cultivation and may contribute to strengthening cassava production and food security in the Amazon.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz; BRS Dourada; Food Security; Irrigation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Mandioca na história: origem e domesticação.....	8
2.2 Cenário produtivo da mandioca.....	9
2.3 Importância socioeconômica e cultural da mandiocultura.....	10
2.4 Rede BioFort e seu papel na biofortificação agrícola.....	11
2.5 Mandioca biofortificada.....	13
2.6 Fatores que influenciam o desenvolvimento e produtividade da mandioca.....	14
2.7 Irrigação na cultura da mandioca.....	16
2.8 Características do Baixo Amazonas e sua relação com o cultivo da mandioca	17
2.9 A mandioca biofortificada no cenário Amazônico	19
3 OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo Geral.....	21
3.2 Objetivos Específicos.....	21
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
4.1 Material vegetal e local de realização do experimento.....	22
4.2 Implantação e condução do experimento	22
4.3 Avaliação	24
4.4 Análises dos dados	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
6 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da FAO (2023) no cenário global, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) ocupa a nona posição entre os produtos agrícolas mais produzidos, somente no ano de 2023 sua produção anual foi superior a 341 milhões de toneladas e seu cultivo está concentrado principalmente na África, Ásia e América Latina. Países como Nigéria, República Democrática do Congo, Tailândia, Gana e Brasil estão entre os cinco maiores produtores de mandioca, cada qual com características próprias quanto ao uso e à destinação da produção (FAO, 2024).

Dados recentes do IBGE (2024) indicam que a produção nacional de mandioca ultrapassou 19 milhões de toneladas, sendo as regiões Norte e Nordeste responsáveis por mais de 60% do total produzido no país. No estado do Pará, a mandioca mantém forte presença na agricultura regional, com produção de aproximadamente 3,98 milhões de toneladas colhidas em mais de 286 mil hectares, o que reflete a importância da cultura para a subsistência e geração de renda de agricultores, especialmente em sistemas de base familiar (IBGE, 2024; Paula *et al.*, 2024).

No contexto brasileiro, a mandioca se destaca especialmente entre os agricultores familiares, que desempenham papel fundamental no abastecimento do mercado interno e na geração de renda dessas famílias, graças à versatilidade da cultura e às diversas possibilidades de comercialização (Ribeiro *et al.*, 2019). Segundo Lobo, Santos Júnior e Nunes (2018), uma das principais vantagens do cultivo da mandioca está em seu aproveitamento integral, já que diferentes partes da planta como as folhas, caules e raízes, podem ser utilizadas na alimentação, ampliando seu valor nutricional e funcional.

Nesse sentido, vale destacar suas características nutricionais e botânicas. A mandioca é uma espécie arbustiva de hábito heliófilo, pertencente à família Euphorbiaceae, amplamente consumida no mundo por ser uma das maiores fontes de carboidratos, sobretudo na forma de amido (Carvalho, 2006). Embora seja uma fonte primária de energia e de fácil acesso em países tropicais, a mandioca possui baixo valor nutricional, pois contém baixos teores de proteínas (0,9 g em 100 g), vitaminas e minerais essenciais, o que pode contribuir para deficiências alimentares quando consumida como base exclusiva da dieta (Nassar; Ortiz, 2010; TBCA, 2025).

Essa limitação nutricional reflete um cenário global preocupante. Somente em 2022, cerca de 2,4 bilhões de pessoas não tiveram acesso a alimentos nutritivos ao longo do ano, o que agravou os índices de carência de micronutrientes e de desnutrição infantil. A chamada “fome oculta”, caracterizada pela deficiência de vitaminas e minerais essenciais, tem se tornado

cada vez mais presente tanto em áreas rurais quanto urbanas, especialmente entre mulheres e populações rurais que não têm acesso regular a alimentos como carnes, peixes, frutas e hortaliças (Carvalho *et al.*, 2025; FAO, 2023).

Diante desse cenário, a falta de micronutrientes como ferro, zinco e vitamina A é um problema de saúde pública, pois pode causar anemia, enfraquecer o sistema imunológico, reduzir a capacidade física e, em casos mais graves, pode ser fatal (Loureiro *et al.*, 2018). No Brasil, dados do Estudo Nacional de Alimentação e Nutrição Infantil (ENANI, 2019) indicam que apenas 38,6% das crianças de 6 a 23 meses consomem alimentos fontes de vitamina A, sendo a menor prevalência observada na região Norte (29,2%) e entre aquelas residentes em áreas rurais (17%), o que evidencia desigualdades regionais e nutricionais.

A biofortificação surge, nesse contexto, como uma estratégia sustentável de combate à fome oculta, por meio do melhoramento genético de plantas com o objetivo de elevar os níveis de nutrientes como ferro, zinco, iodo, vitamina A, entre outros, em alimentos básicos, tais como feijão, arroz, batata, mandioca e abóbora (Saltzman, 2013; Costa; Santos, 2022). A técnica consiste em aumentar a concentração de micronutrientes no alimento, utilizando métodos como o melhoramento genético convencional de plantas, transgenia ou por meio da biofortificação agrônômica (Bhardwaj *et al.*, 2022).

Entre essas culturas, a mandioca biofortificada destaca-se por reunir características agrônômicas desejáveis como rusticidade, adaptabilidade e importância socioeconômica, além de contribuir diretamente para a melhoria do valor nutricional da dieta em populações que dependem fortemente desse alimento (Tagliapietra *et al.*, 2021; Immanuel *et al.*, 2024; Carvalho *et al.*, 2025). Dessa forma, a adoção dessas cultivares pode representar uma estratégia eficiente para fortalecer a segurança alimentar e nutricional em regiões tropicais, como o oeste do Pará.

Diante disso, torna-se essencial avaliar o comportamento agrônômico de cultivares biofortificadas em diferentes condições de manejo, considerando fatores ambientais, como a disponibilidade hídrica, que influenciam diretamente o crescimento e a produtividade. Nesse contexto, investigar se o manejo com irrigação pode potencializar o desempenho agrônômico da mandioca biofortificada nas condições edafoclimáticas do Baixo Amazonas é fundamental para compreender sua adaptação e resposta produtiva.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento e a produtividade da cultivar BRS Dourada em áreas com e sem irrigação no Baixo Amazonas, contribuindo para a geração de informações que possam orientar o uso eficiente de recursos bem como o fortalecimento da segurança alimentar regional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mandioca na história: origem e domesticação

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das espécies cultivadas de maior relevância histórica e antropológica da América do Sul. Evidências arqueológicas, genéticas e etnobotânicas indicam que sua domesticação ocorreu há mais de 10 mil anos, sendo conduzida por populações indígenas da Amazônia que selecionaram plantas com maior produtividade, menor teor de compostos cianogênicos e características culinárias desejáveis (Olsen; Schaal, 1999; Allem, 2002; Clement, 1999; Peroni; Martins, 2000). A espécie pertence à família Euphorbiaceae, uma das mais diversificadas entre as angiospermas, composta por cerca de 9.000 espécies distribuídas globalmente em ambientes tropicais e subtropicais (Webster, 1994; Radcliffe-Smith, 2001;).

O centro de origem da mandioca é tradicionalmente atribuído à região sudoeste da Amazônia, abrangendo áreas atuais do Brasil, Bolívia e Peru, onde ocorrem espécies selvagens do gênero *Manihot*, especialmente *Manihot esculenta* ssp. *flabellifolia*, considerada ancestral direto da mandioca moderna (Olsen; Schaal, 1999; Clement *et al.*, 2010). Pesquisas moleculares também sugerem que o processo de domesticação envolveu formas múltiplas e independentes de seleção, resultando em grande diversidade genética e fenotípica observada nas variedades atuais (Rival; McKey, 2008; Martins, 2005; Peroni; Martins, 2000).

Além dos estudos genéticos, análises etnobotânicas reforçam que povos indígenas amazônicos foram pioneiros no manejo e na disseminação da mandioca, desenvolvendo sistemas de cultivo em roçados itinerantes, técnicas de detoxificação e uma vasta diversidade de variedades crioulas adaptadas a diferentes condições ambientais (Martins, 2005). A diferenciação entre mandioca “mansa” (aipim ou macaxeira) e “brava” (utilizada para farinha e derivados) é resultado direto dessa longa história de seleção humana (Nassar; Ortiz, 2010).

Com o processo de colonização europeia nas Américas, a mandioca foi disseminada para África e Ásia a partir do século XVI, tornando-se um dos pilares alimentares de populações tropicais. Sua aceitação global deve-se à rusticidade, alta tolerância ao estresse hídrico e capacidade de produzir carboidratos mesmo em solos pobres (El-Sharkawy, 2004; Clement, 1999). Assim, a mandioca consolidou-se como alimento básico para mais de 800 milhões de pessoas, desempenhando papel estratégico na segurança alimentar mundial (FAO, 2013; Immanuel *et al.*, 2024).

2.2 Cenário produtivo da mandioca

A mandioca ocupa posição de destaque entre as principais commodities agrícolas de base alimentar. Dados da FAOSTAT (2024) apontam que a produção global atingiu cerca de 341,9 milhões de toneladas e uma área plantada de aproximadamente 33,6 milhões de hectares, apontando o cultivo como o nono alimento mais produzido no mundo. África responde por aproximadamente 65,2% dessa produção, seguida pela Ásia com 26,6%, Américas com 8,2% e Oceania com 0,1%, destacando-se a Nigéria como maior produtor mundial, com uma produção de 62,6 milhões de toneladas seguida por República Democrática do Congo com 46,6 milhões de toneladas, Tailândia com 28,6 milhões de toneladas, Gana com 27,9 milhões de toneladas e Brasil com 19 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2024).

Nas Américas a produção corresponde a aproximadamente 28 milhões de toneladas em uma área com cerca de 2,07 milhões de hectares, com grande destaque para a América do Sul com uma produção de 25,7 milhões de toneladas o que representa cerca de 92% da produção das Américas, o Brasil é o maior produtor e figura entre os cinco principais produtores globais (FAOSTAT, 2024). Com localização estratégica de cultivo nas regiões Norte e Nordeste, segundo o IBGE (2024), a produção brasileira ultrapassou 19 milhões de toneladas em 2024, distribuídas em cerca de 1,2 milhão de hectares e uma produtividade média de 15 toneladas por hectare.

Dentro do cenário nacional a região Norte mostra-se bastante relevante para o país, com uma produção de 6 milhões de toneladas, o que representa aproximadamente 31,5% da produção, seguido das regiões Sul responsável por 24,3%, Nordeste com 22,2%, Sudeste com 13,2% e por fim a região Centro-Oeste com 8,8%. Em termos de produtividade a região Sul se destaca com 23,9 toneladas por hectare acompanhada pelo Centro-Oeste com 20,4 e o Sudeste 18,5. As regiões Norte e Nordeste apresentam produtividades abaixo da média brasileira sendo elas, 14,4 e 10,2 toneladas por hectare respectivamente (IBGE, 2024).

O estado do Pará é o maior produtor, responsável por cerca de 20,8% da produção nacional, com forte concentração em áreas de agricultura familiar e sistemas tradicionais de produção, seguidos dos estados do Paraná produzindo aproximadamente 19,4%, São Paulo 8,7% e Mato Grosso do Sul 6,6%. Contudo, o estado do Pará apresenta a menor produtividade entre os destacados (13,5 toneladas por hectare), sendo inferior à média do país (IBGE, 2024; Paula *et al.*, 2024).

No Pará a mesorregião do Nordeste Paraense se destaca como responsável por cerca de 54,8% da produção do estado, seguida pelo Baixo Amazonas com 18%, Sudeste Paraense

10,7%, Sudoeste Paraense 5,6 %, Marajó 5,6% e mesorregião Metropolitana de Belém 5,3%. A região Metropolitana de Belém apresenta a maior produtividade em relação as demais regiões (16,2 toneladas por hectare) superando a produtividade brasileira. Por outro lado, o Baixo Amazonas e Marajó apresentam produtividades abaixo da média nacional com 13,8 e 10,7 toneladas por hectare respectivamente (IBGE, 2024).

O desempenho produtivo da mandioca no Brasil é influenciado não apenas pela genética e pelas condições ambientais, mas também pelo tipo de sistema agrícola adotado. Em muitas regiões, predominam sistemas manuais ou de baixa mecanização, caracterizados por mão de obra familiar, longos ciclos agrícolas e baixo uso de insumos externos, o que traduz grande importância socioeconômica para populações rurais (Fialho; Vieira, 2013; Ribeiro *et al.*, 2019).

Além disso, o cenário produtivo da mandioca tem se diversificado devido à expansão da industrialização do amido, farinha e fécula, produtos utilizados nos setores alimentício, têxtil, farmacêutico, cosmético e energético. A crescente busca por amidos naturais e biodegradáveis fortalece o mercado global da mandioca, impulsionando pesquisas relacionadas a produtividade, melhoramento genético e ampliação da qualidade industrial (Tagliapietra *et al.*, 2021; Immanuel *et al.*, 2024).

Ainda assim, desafios persistem no setor produtivo brasileiro, como baixa regularidade de oferta, dependência de chuvas, variabilidade de produtividade e limitações na adoção de tecnologias de manejo, como irrigação e adubação adequada. Essas restrições explicam a necessidade crescente de pesquisas regionais, especialmente em ambientes como o Baixo Amazonas, onde as condições edafoclimáticas influenciam diretamente a produtividade e a adaptação varietal.

2.3 Importância socioeconômica e cultural da mandiocultura

A mandioca possui profundo significado socioeconômico, cultural e alimentar nas regiões tropicais, especialmente no Brasil. Entre agricultores familiares, sua importância está associada à capacidade de garantir produção mesmo em condições adversas de solo e clima, fornecendo uma fonte estável de carboidratos e renda (Fialho; Vieira, 2013; Alves; Modesto Júnior, 2022).

A cultura se destaca pela flexibilidade de plantio, colheita e comercialização, podendo permanecer no campo por longos períodos sem perdas significativas, característica que funciona como uma “poupança agrícola” para muitas famílias rurais (Ribeiro *et al.*, 2019).

Do ponto de vista cultural, a mandioca é elemento estrutural da identidade alimentar

brasileira, com grande diversidade culinária regional. Na Amazônia, seus derivados como farinha seca, farinha d'água, tucupi, beiju, tapioca, carimã e a tradicional maniçoba integram práticas alimentares ancestrais e festividades culturais (Lobo; Santos Júnior; Nunes, 2018; Dias, 2004).

Estudos etnográficos mostram que a mandioca atua como eixo central na organização social de comunidades rurais, especialmente ribeirinhas e indígenas, onde a produção de farinha representa não apenas sustento, mas também vínculos comunitários, trocas e herança sociocultural (Martins, 2005; Neves *et al.*, 2020).

Economicamente, a mandioca é base para cadeias produtivas regionais, como agroindústrias de farinha e fécula. No Pará, por exemplo, sua produção gera emprego e renda para milhares de famílias, fortalecendo economias locais e garantindo segurança alimentar para populações vulneráveis (Paula *et al.*, 2024; Modesto Júnior; Alves, 2016). A cultura também desempenha papel fundamental na diversificação alimentar, especialmente devido ao uso integral da planta, já que raízes, folhas e caules possuem aproveitamentos distintos, ampliando seu valor nutricional e funcional (Lobo; Santos Júnior; Nunes, 2018; Leão *et al.*, 2022).

Por sua importância estratégica, a mandiocultura é reconhecida como cultivo essencial para políticas públicas de desenvolvimento rural, combate à pobreza e promoção da segurança alimentar. Sua resiliência e adaptabilidade fazem da mandioca um componente-chave no enfrentamento das mudanças climáticas e na garantia de soberania alimentar de inúmeras comunidades (Immanuel *et al.*, 2024; FAO, 2013; Scott; Rosegrant; Ringler, 2013).

2.4 Rede BioFort e seu papel na biofortificação agrícola

A Rede BioFort é um conjunto de projetos dedicados ao melhoramento convencional de cultivos, com foco na obtenção de alimentos mais nutritivos e capazes de suprir carências nutricionais que ainda afetam parte da população brasileira (Silva; Mendes, 2015). Em 2010, durante a 1ª Conferência Mundial de Biofortificação, realizada em Washington (EUA), o diretor geral do HarvestPlus, Howdy Bouis, destacou o Brasil como referência global na área, ressaltando que os avanços conduzidos no país serviam como modelo para iniciativas internacionais e apontava caminhos promissores para o futuro da biofortificação (Silva; Mendes, 2015).

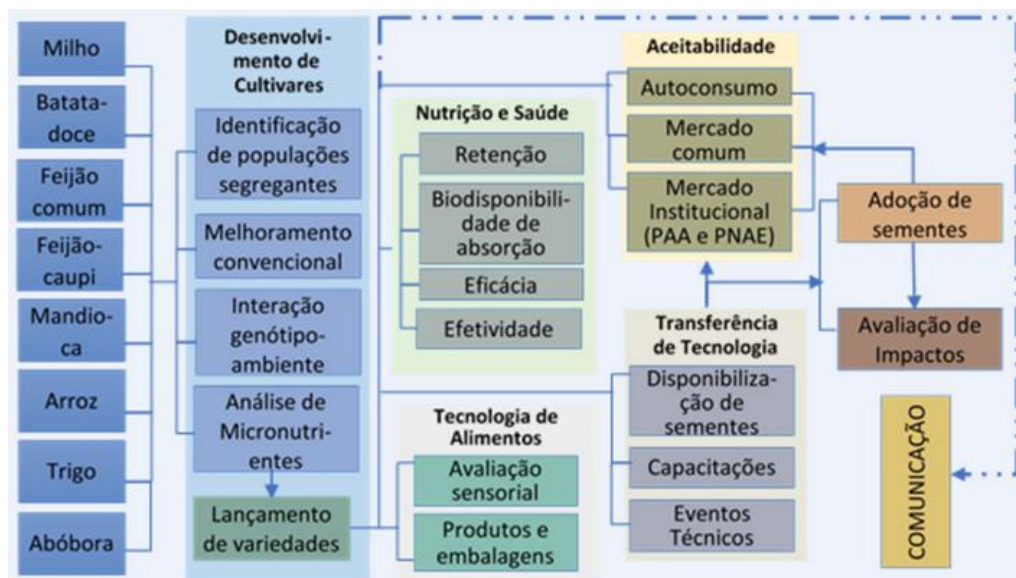
Essas iniciativas da rede atuam na biofortificação de alimentos, visando a redução da desnutrição e garantia de maior segurança alimentar e nutricional para as populações mais vulneráveis, por meio do aumento dos teores de ferro, zinco e vitamina A, três dos principais

déficits nutricionais no mundo (Both; Carvalho; Bomfin, 2023). Dessa forma, a biofortificação se baseia na seleção e no cruzamento de plantas da mesma espécie, resultando em cultivares mais nutritivas, e tem como foco o aprimoramento de alimentos básicos, como o arroz, feijão, feijão-caupi, mandioca, batata-doce, milho, abóbora e trigo (Both; Carvalho; Bomfin, 2023).

A pesquisa em biofortificação realizada pela rede BioFort vai além do melhoramento genético, exigindo um escopo de estudos mais amplo do que o tradicionalmente associado à Embrapa (Manos, 2017). Parcerias com universidades são fundamentais, como os estudos da UFRJ sobre retenção de nutrientes e das universidades Unicamp e Unesp no desenvolvimento de metodologias para análise de carotenoides (Nutti, 2011). Dessa forma, a Rede BioFort se constituiu para integrar as nuances complexas da pesquisa, que envolve o desenvolvimento de cultivares, nutrição e saúde (Manos, 2017).

Atualmente, a rede BioFort é composta por oito áreas de pesquisa e ações integradas, conforme apresentado na figura 1, que ilustra a abrangência dessas iniciativas e sintetiza as principais etapas do melhoramento genético de oito alimentos, núcleo do trabalho desenvolvido pela Rede. A figura também evidencia a diversidade de estudos complementares, incluindo pesquisas em Nutrição e Saúde e em Tecnologia de Alimentos, além das ações de transferência de tecnologia e das estratégias de comunicação (Nutti, 2011; Nutti; Carvalho, 2015). Adicionalmente, o escopo da Rede foi ampliado para incluir três áreas recentes: estudos de adoção das sementes pelos agricultores, pesquisas sobre preferência e aceitabilidade do consumidor e a avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais.

Figura 1: Estrutura atual da Rede Biofort: áreas de pesquisa e de ação.



Fonte: Manos (2017).

A Rede BioFort já disponibiliza cultivares biofortificadas aos agricultores como, por exemplo, o feijão-caupi e a mandioca com maior teor de ferro, o milho com provitamina A e o arroz com mais zinco (Both; Carvalho; Bomfin, 2023). O sucesso e o impacto social dessas cultivares, no entanto, dependem de uma estratégia robusta de transferência de tecnologia que vai desde a produção e distribuição de sementes, por meio de programas institucionais como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), até capacitações sobre o cultivo e o incentivo ao autoconsumo, assegurando que os benefícios nutricionais de fato cheguem às populações que mais carecem de tal tecnologia (Manos, 2017).

2.5 Mandioca biofortificada

Com grande valor nutricional e múltiplas formas de consumo, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é fundamental na alimentação brasileira e mundial. Também conhecida como aipim ou macaxeira, é rica em cálcio, magnésio, fósforo, potássio e vitamina C quando cozida, sendo amplamente utilizado na alimentação humana, animal e na agroindústria (Modesto Junior; Alves, 2016). Com prática milenar, seu cultivo é habitual na agricultura familiar e em grandes propriedades por todo o território nacional (Vieira, 2022).

A biofortificação surge como uma estratégia promissora para melhorar o estado nutricional e a saúde de populações vulneráveis em regiões em desenvolvimento. Dentre as culturas com maior potencial para esta técnica destaca-se a mandioca, especialmente para o enriquecimento com pró-vitamina A, um nutriente essencial no combate à desnutrição (Inmanuel *et al.*, 2022). Por ser uma cultura rústica e adaptada a variados ambientes, graças à sua ampla diversidade genética, o desenvolvimento de variedades de mandioca biofortificadas pode contribuir para mitigar a fome oculta em países em desenvolvimento e melhorar o estado alimentar e nutricional da população beneficiada (Inmanuel *et al.*, 2022).

O Brasil possui uma grande biodiversidade de mandioca, por ser o centro de origem desta cultura (Mezette, 2012). Essa variedade se reflete nos bancos de germoplasma nacionais, que abrigam uma enorme quantidade de acessos (amostra de material genético) com cores que vão do branco ao roxo, indicando a presença de diferentes pigmentos (Berni, 2014). Muitos desses acessos, especialmente os da região amazônica, contêm naturalmente compostos bioativos como os carotenoides, com teores significativos de β -caroteno. Essa característica faz da mandioca um alimento com alto potencial para biofortificação, o foco no β -caroteno é particularmente positivo, pois ele possui a maior atividade de vitamina A, e a menor presença

de outros isômeros, como as xantofilas, pode favorecer sua biodisponibilidade (Berni, 2014).

A mandioca também aborda a questão da pobreza, proporcionando segurança alimentar às pessoas marginalizadas que não dispõem de terras férteis para o cultivo. O custo de produção pode ser reduzido se for utilizada mão de obra familiar e se for dada pouca atenção às fases iniciais do crescimento das culturas (Vieira, 2022).

2.6 Fatores que influenciam o desenvolvimento e produtividade da mandioca

A mandioca é frequentemente cultivada na agricultura de subsistência devido à sua capacidade de se desenvolver em solos pobres, além de apresentar resistência a pragas e doenças e adaptação a diferentes regiões edafoclimáticas (Abreu *et al.*, 2008). Abreu discorre que apesar da reputação de cultura rústica e tolerante às condições adversas, a produtividade final da mandioca é diretamente impactada por fatores complexos, como Interação de Genótipos com Ambientes, Condições Edafoclimáticas, Fatores Climáticos, Umidade relativa do ar, Fotoperíodo, Regime hídrico e Características físico-químicas de solos, entre outros.

A interação entre genótipo e ambiente constitui um dos elementos mais determinantes para o desempenho da mandioca. Estudos apontam que características como arquitetura da planta, padrão de ramificação e velocidade de emissão foliar variam conforme o material genético empregado e respondem diferentemente às condições ambientais de cada local de cultivo (Fagundes, 2009).

Diferentes cultivares apresentam respostas distintas às condições de clima, solo e manejo. Em ambientes subtropicais, por exemplo, o comportamento fisiológico e o ritmo de desenvolvimento da cultivar Fepagro RS-13 variaram significativamente conforme o espaçamento, afetando características como área foliar, filocrono e número de folhas (NFF) (Streck *et al.*, 2014). Nesse sentido, essa variação demonstra como as alterações ambientais e de manejo interagem com a genética da planta, determinando o potencial de acúmulo de biomassa e, consequentemente, a produtividade.

As condições edafoclimáticas também exercem influência direta sobre o crescimento inicial, a emissão foliar e o acúmulo de biomassa. Regiões subtropicais apresentam características que afetam o desenvolvimento radicular, a disponibilidade de água e a resposta da planta ao manejo nutricional (Fagundes, 2009). Nessas mesmas regiões, a cultura enfrenta oscilações de temperatura, radiação solar e umidade que influenciam diretamente a brotação, a expansão foliar e o fechamento do dossel (Streck *et al.*, 2014).

Já em ambientes com solos de textura média, propriedades como capacidade de campo,

ponto de murcha, porosidade total e velocidade de infiltração determinam a disponibilidade hídrica no perfil e impactam o comportamento fisiológico, especialmente a transpiração e a condutância estomática (Silva, 2021). Assim, o desempenho da mandioca é consequência da combinação entre o tipo de solo, suas características físico-hídricas e sua interação com o clima.

Entre os fatores climáticos, a temperatura e a radiação solar exercem papel central na fisiologia da mandioca. Em condições tropicais úmidas, a cultura apresenta melhor desempenho com temperatura média de 25,1 °C e alta umidade relativa, o que favorece o crescimento foliar e fotossintético, refletindo em aumentos expressivos no índice de área foliar (IAF) e no alongamento das raízes comerciais (Silva, 2021). Valores inferiores a 17 °C reduzem a produção de folhas e raízes, enquanto temperaturas superiores a 28 °C aceleram a queda foliar e diminuem a ramificação, reforçando que a temperatura regula o balanço entre a formação de parte aérea e raízes de reserva (Streck *et al.*, 2014).

A umidade relativa do ar atua modulando processos fisiológicos diretamente relacionados às trocas gasosas e à eficiência fisiológica da planta (Silva, 2021). A umidade média de 74,2% durante o cultivo irrigado da mandioca favorece taxas fotossintéticas elevadas, com valores de até 22,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, no entanto, em períodos mais secos, com UR reduzida, ocorre queda significativa da taxa de transpiração, evidenciando a sensibilidade do mecanismo transpiratório ao déficit hídrico atmosférico e ao conteúdo de água no solo (Silva, 2021).

Embora a mandioca seja relativamente indiferente ao fotoperíodo em comparação a outras culturas, mudanças na disponibilidade diária de luz influenciam o acúmulo de área foliar. Plantios realizados sob fotoperíodos mais longos apresentaram maior filocrono, indicando menor velocidade de aparecimento foliar, enquanto fotoperíodos mais curtos favoreceram o desenvolvimento das raízes de reserva, modificando a alocação de assimilados dentro da planta (Fagundes, 2009). Em diferentes densidades populacionais, a maior competição por luz (em espaçamentos reduzidos) resulta em aumento do índice de área foliar e maior velocidade de fechamento do dossel (Streck *et al.*, 2014). Dessa forma, observa-se que a planta ajusta sua arquitetura foliar conforme à radiação disponível.

O regime hídrico é um dos fatores mais determinantes para a produtividade da cultura da mandioca. Sob níveis crescentes de irrigação, a cultura apresenta aumentos de até 194% na produtividade de raízes e 99% na biomassa total, além de maior comprimento radicular e maior eficiência fotossintética (Silva, 2021). Em condições de sequeiro, o déficit hídrico acumulado pode ultrapassar 500 mm, causando estresse fisiológico, redução dos processos fisiológicos

diretamente relacionado às trocas gasosas e queda significativa no acúmulo de matéria seca (Silva, 2021).

Em relação às características físico-químicas do solo, alguns fatores são determinantes para o cultivo da mandioca. De modo geral, solos argilosos e com boa retenção de água beneficiam o desenvolvimento e crescimento inicial, enquanto solos de baixa fertilidade ou com acidez elevada e altos teores de alumínio, prejudicam o desenvolvimento radicular e a produtividade, exigindo correção e adubação adequadas (Albuquerque *et al.*, 2008).

A mandioca é especialmente exigente em Potássio (K), cuja deficiência reduz diretamente o acúmulo de matéria seca nas raízes, já em solos subtropicais, a densidade de plantio também influencia o crescimento, afetando o índice de área foliar e o sistema radicular (Streck *et al.*, 2014). Por outro lado, a associação com fungos micorrízicos em solos ácidos pode melhorar a absorção de fósforo, otimizando o desenvolvimento da planta (Silva, 2021).

2.7 Irrigação na cultura da mandioca

O estudo ecofisiológico é fundamental para entender os fatores que influenciam a produtividade agrícola. A mandioca, apesar de sua tolerância à seca, é cultivada majoritariamente em sequeiro, o que limita seu potencial produtivo (Silva, 2021). A irrigação surge como uma alternativa viável para aumentar a produtividade da cultura que além do ganho de produção, essa prática gera benefícios socioeconômicos.

Os métodos de irrigação mais tradicionais na mandiocultura, como aspersão e o pivô central, possuem baixa eficiência hídrica e geram desperdício, e esse problema se agrava em decorrência às mudanças climáticas, que intensificam a irregularidade das chuvas e os veranicos (Coelho; Silva, 2013). A eficiência do uso da água em irrigação está diretamente relacionada ao manejo aplicado à cultura e que, por sua vez, depende de variáveis do sistema de irrigação e do sistema solo-água-planta (Coelho; Silva; Miranda, 2010).

O período mais crítico para a cultura ocorre do 1º ao 5º mês após o plantio, fase crucial de formação e início da tuberização das raízes. Um déficit hídrico nessa janela é extremamente prejudicial, podendo causar perdas drásticas na produtividade (Pina Filho, 2018). É estimado que a seca nesse estágio causa a redução na produção de raízes tuberosas entre 32% e 60%. Portanto, a adoção de métodos de irrigação mais eficientes torna-se urgente para garantir a estabilidade produtiva da cultura (Pina Filho, 2018).

Estudos indicam que, mesmo sendo tolerante à seca, a mandioca recupera rapidamente sua atividade fisiológica quando a umidade é restabelecida, compensando perdas causadas pelo

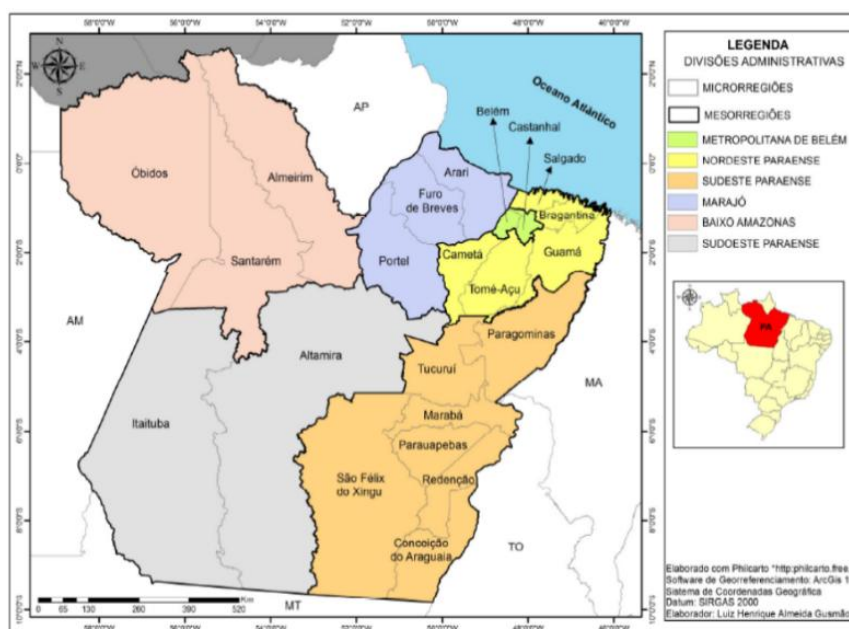
estresse hídrico (El-Sharkawy, 2007; Pino Filho, 2018). Isso reforça a importância do manejo hídrico adequado, uma vez que a irrigação contribui para reduzir oscilações produtivas associadas à irregularidade climática, além disso, a integração de práticas como a cobertura plástica, auxilia na manutenção da umidade do solo e melhora o desempenho agrônomo da cultura (Antonini *et al.*, 2020).

Os estudos mostram que a irrigação promove aumentos substanciais na produção de raízes e biomassa, podendo elevar a produtividade em mais de 60% quando comparada ao sequeiro (Pastrana *et al.*, 2015). Além disso, métodos eficientes, como gotejamento e aspersão manejados via balanço hídrico, aumentam a eficiência no uso da água e reduzem desperdícios associados a sistemas tradicionais (Coelho; Silva, 2013). Quando combinada à cobertura plástica do solo, a irrigação pode gerar incrementos de até 89% na produtividade de raízes, demonstrando sinergia entre tecnologias de manejo que estabilizam o ambiente de cultivo, tornando o sistema mais eficiente (Antonini *et al.*, 2020).

2.8 Características do Baixo Amazonas e sua relação com o cultivo da mandioca

O Baixo Amazonas é uma mesorregião do estado do Pará (figura 2) que apresenta uma forte produção de mandioca, atividade consolidada historicamente e de grande importância socioeconômica. Segundo Gusmão, Homma e Watrin (2016), o Baixo Amazonas concentra alguns dos maiores núcleos produtivos de mandioca no Pará, apresentando áreas contínuas de elevado plantio identificadas por análise cartográfica.

Figura 2: Mesorregiões e Microrregiões do Estado do Pará.



Fonte: Gusmão; Oyama; Watrin (2016)

A mandioca no Baixo Amazonas está intimamente relacionada ao contexto da agricultura familiar, responsável por grande parte da oferta regional. Pereira *et al.* (2023) destacam que o cultivo permanece distribuído majoritariamente entre pequenos produtores com baixa inserção tecnológica, mantendo uma estrutura produtiva alinhada às dinâmicas históricas que sustentam a cultura na Amazônia.

Na região Norte do Brasil, em geral, o cultivo da mandioca é praticado utilizando-se o sistema tradicional de agricultura conhecido como corte e queima que é caracterizado por baixa eficiência, resultando em baixa produtividade (Munoz *et al.*, 2025). Esse conjunto de limitações é reconhecido também pela Embrapa, que aponta que a ausência de práticas adequadas de manejo reduz a produtividade a níveis inferiores ao potencial da cultura (Munoz *et al.*, 2025).

As condições ambientais do Baixo Amazonas favorecem a expansão da mandioca. Gusmão, Homma e Watrin (2016) identificam que o Baixo Amazonas apresenta ampla expansão espacial do cultivo, com elevada participação na produção estadual e concentração significativa em municípios como Santarém, Óbidos e Alenquer. No entanto, segundo a Embrapa, apesar da grande área cultivada, a produtividade média da mandioca permanece abaixo da média nacional, revelando desafios tecnológicos e estruturais que interferem diretamente no rendimento regional (Embrapa, 2018).

Tecnologias já disponíveis, que reúnem práticas de seleção de manivas, arranjo espacial adequado e tratamentos culturais, possuem capacidade comprovada de elevar o rendimento médio em até 50%, indicando caminhos para superar essas limitações (Munoz *et al.*, 2025). Dessa forma, as características naturais favorecem a permanência da mandioca como principal cultura de subsistência e renda.

Outro aspecto relevante do Baixo Amazonas é o dinamismo da produção ao longo dos anos, caracterizado por variações geográficas e estruturais. Conforme Gusmão, Homma e Watrin (2016), as diferenças territoriais na distribuição da mandioca no Pará evidenciam desigualdades estruturais entre as microrregiões, refletindo distintos níveis de acesso a infraestrutura, transporte e mercados.

Segundo Munoz *et al.* (2025), a adoção de tecnologias mais eficientes ainda é limitada justamente por essas condições estruturais, já que o baixo nível tecnológico e a predominância de práticas tradicionais restringem a ampliação de novas estratégias de manejo. Conforme Munoz *et al.* (2025), muitos desses desafios poderiam ser mitigados com adoção de práticas adequadas de manejo, como a seleção correta das manivas, manutenção do mandiocal limpo

nos primeiros meses e plantio em espaçamento adequado, medidas simples, porém pouco difundidas na região.

Apesar das dificuldades, o Baixo Amazonas demonstra expressiva resiliência produtiva devido à forte demanda local e regional. Pereira *et al.* (2023) evidenciam que as microrregiões paraenses mantêm níveis elevados de produção graças ao papel cultural e alimentar da mandioca. O Baixo Amazonas também apresenta relações importantes entre estrutura fundiária e dinâmica econômica. Pereira *et al.* (2023) destacam que propriedades menores apresentam maior densidade de produção e forte dependência do cultivo, essa composição fundiária molda a forma como a mandioca circula e se consolida no território.

As características logísticas da região também influenciam o cultivo de mandioca. Segundo Gusmão, Homma e Watrin (2016), a localização dos principais núcleos produtores no Baixo Amazonas, distante de centros consumidores e das principais vias, evidencia a influência direta da logística na competitividade da cadeia. Segundo Pereira *et al.* (2023), muitos produtores possuem dificuldades no acesso a insumos, assistência técnica e infraestrutura. Dessa forma, esse conjunto de fatores mostra que a geografia amazônica desempenha papel determinante no comportamento da cadeia produtiva.

A relação entre as características ambientais, sociais e econômicas do Baixo Amazonas e o cultivo da mandioca evidencia um sistema agrícola complexo, que combina tradição e desafios estruturais. Gusmão, Homma e Watrin (2016) afirmam que, embora o Baixo Amazonas apresente alta concentração espacial da mandioca e relevância estadual, a região ainda enfrenta limitações estruturais que restringem seu desempenho produtivo. A Embrapa reforça esse ponto ao mostrar que, apesar de o Pará integrar os maiores polos produtores do país, seu rendimento por hectare ainda é limitado, indicando necessidade de investimentos em pesquisa, assistência técnica e tecnologia (Embrapa, 2018). Assim, o Baixo Amazonas mantém uma relação direta e profunda com essa cultura, refletindo tanto seu potencial quanto seus desafios.

2.9 A mandioca biofortificada no cenário Amazônico

Segundo Weffort e Lamounier (2023) a fome oculta é a deficiência de vitaminas e minerais essenciais, mesmo quando há consumo adequado de calorias, continua sendo um desafio significativo de saúde pública, tanto globalmente quanto no Brasil, afetando crianças, mulheres gestantes e populações rurais. Em escala mundial, dados recentes da FAO (2025) reforçam essa realidade: apenas 34% das crianças de 6 a 23 meses alcançam a diversidade alimentar mínima necessária, enquanto 65% das mulheres em idade fértil apresentam dietas

poucos diversificadas, colocando ambos os grupos em risco elevado de deficiências de micronutrientes essenciais para o desenvolvimento e saúde.

No contexto brasileiro, essa realidade não é diferente. Segundo dados do IBGE/PNADc (2024), 24,2% dos domicílios brasileiros enfrentam insegurança alimentar, afetando 6,48 milhões de pessoas que lidam diariamente com a fome, sendo a Região Norte a mais afetada com 37,7% de seus domicílios em situação de insegurança alimentar. Quando se trata de deficiências de micronutrientes em crianças, o cenário é ainda mais preocupante: o estudo ENANI (2019) revelou que 39,4% das crianças da Região Norte apresentam deficiência de vitamina B12, 17,8% sofrem com deficiência de zinco e 17% apresentam anemia, indicadores que evidenciam a urgência de intervenções nutricionais.

A mandioca ocupa posição central na dieta da população amazônica, além de ser largamente produzida e consumida na Região Norte, seus derivados como a farinha, tucupi, tapioca e beiju constituem base alimentar cultural e econômica para milhões de famílias (Pacheco; Souza; Escada, 2024; Teixeira *et al.*, 2025). Dado o consumo expressivo da mandioca na Amazônia, ela se torna um ponto chave para ações voltadas à melhoria da sua qualidade nutricional, gerando impactos positivos na saúde das comunidades onde a raiz é consumida regularmente (Mezette *et al.*, 2009).

Nesse cenário, a biofortificação da mandioca por meio de melhoramento genético, é uma alternativa complementar e autossustentável às ações tradicionais como a suplementação e fortificação industrial (Abincha *et al.*, 2024). Estudos recentes no Brasil mostram que a cultivar biofortificada BRS Dourada se destaca pela polpa amarela rica em betacaroteno, apresentando teores próximos de 3,18 µg/g, o que reforça seu potencial para contribuir com a ingestão de vitamina A. Além disso, a cultivar possui hábito de crescimento ereto, facilitando o plantio, boa qualidade culinária, textura farinácea e sabor bem aceito (Souza; Lima Primo, 2021).

Para a realidade amazônica, a introdução e o manejo adequado de cultivares biofortificados oferecem vantagens práticas, já que a mandioca é uma cultura adaptada e amplamente consumida, além de agregar valor nutricional. Nesse contexto, estudos que avaliam o efeito da irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade da BRS Dourada tornam-se essenciais, pois ajudam a definir práticas de manejo que fortalecem a segurança alimentar e ampliam o potencial de uso dessas cultivares na região.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o crescimento e produtividade da cultivar de mandioca biofortificada BRS Dourada em áreas com e sem irrigação no Baixo Amazonas.

3.2 Objetivos Específicos

Caracterizar o crescimento vegetativo da cultivar biofortificada ao longo do ciclo vegetativo nas áreas com e sem irrigação.

Comparar o crescimento vegetativo da cultivar biofortificada nas áreas com e sem irrigação.

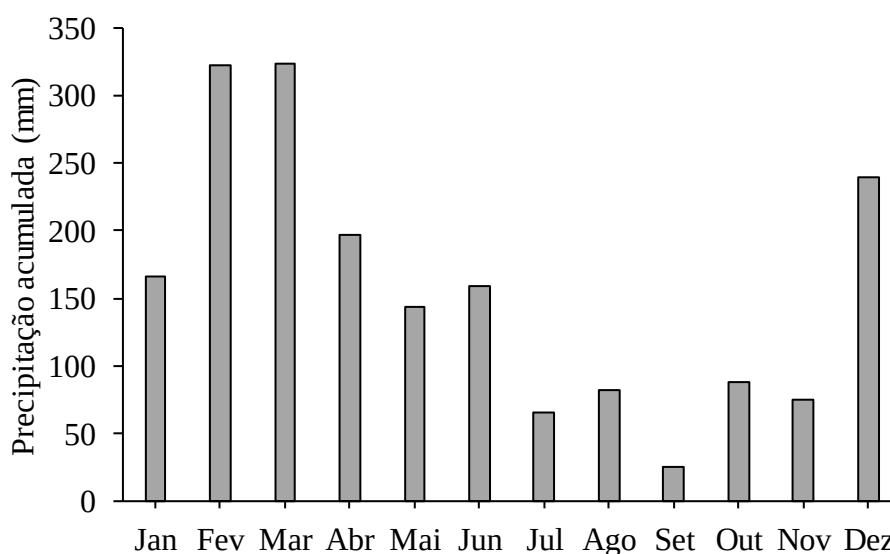
Quantificar a produtividade da cultivar biofortificada em relação ao manejo irrigado e não irrigado ao fim do ciclo da cultura.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Material vegetal e local de realização do experimento

O experimento foi instalado na propriedade da empresa Farinharia Puxirum localizada na rua Bélém, Nº 361, na comunidade Lago Verde, município de Juruti-PA (Latitude 13.75" S e longitude 56° 06' 13.59" W), no período de fevereiro de 2025 a fevereiro de 2026. Na figura 3, são apresentados dados referentes a precipitação acumulada nos meses do ano de 2025, para o município de Juruti de acordo com dados obtidos na base de dados meteorológicos da NASA (2026).

Figura 3: Precipitação acumulada nos meses do ano de 2025.



Fonte: Autores (2026).

A cultivar utilizada é a BRS Dourada, uma mandioca de mesa biofortificada desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), contendo elevado teor de carotenoides pró-vitamina A, especialmente o β -caroteno, composto que pode ser convertido em vitamina A pelo organismo humano (Talsma *et al.*, 2016). Essa cultivar foi adquirida junto ao agrônomo e produtor maniveiro Benedito Dutra, da sua propriedade localizada na Zona Bragantina, a 180 quilômetros de Belém, no estado do Pará.

4.2 Implantação e condução do experimento

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados (DIC), considerando que a área experimental apresentava condições homogêneas de relevo, textura do solo, drenagem e histórico de manejo, reduzindo a influência de fatores externos sobre os

tratamentos avaliados, foram considerados 2 tratamentos com 14 repetições cada, totalizando 28 unidades experimentais (UE), os tratamentos utilizados, são: T1 – Com irrigação; T2 – Sem irrigação. Foi realizada a coleta de solo em uma profundidade de 0-20 cm e encaminhada para o Laboratório Labominas, localizado na cidade de Manhuaçu – MG, para realização da análise do solo. Os resultados estão descritos na tabela 1. Com base nos resultados, foi realizado a correção e adubação de acordo com o Manual de Adubação e Calagem do Estado do Pará (Brasil; Cravo; Viégas, 2020).

Tabela 1 - Resultado da análise da fertilidade do solo utilizado no experimento.

Profundidade (cm)	M.O	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	pH	Na	K	P
cm	dag/dm ³	-----Cmolc/kg-----					(mg/dm ³)		
0-20	1,1	0,3	0,2	0,8	3,4	5,0	0,0	16	5,7

Fonte: Autores (2025).

MO: Matéria orgânica.

A correção do solo foi realizada antes do plantio com Óxido de Cálcio e Magnésio (CaO e MgO) da Fertimacro fertilizantes. No plantio da mandioca, foram utilizadas manivas com 20 cm de comprimento, sendo cortadas em corte reto com serras manuais, para evitar danos ao material vegetal. As covas foram feitas com 10 cm de profundidade o espaçamento de 1x1, ou seja, um metro entre filas e um metro entre plantas, e as manivas sementes foram posicionadas horizontalmente.

Com quatro dias após o plantio (DAP) foi realizado a aplicação do herbicida Pré-emergente (Sencor 480) para controle de plantas daninhas, a fim de reduzir a competição por nutrientes e espaço, além de capinas regulares.

A adubação foi realizada em três parcelas, a primeira com 30 dias após plantio (DAP) com a formulação de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), NPK (10-28-20), sendo essa 4 g de FTE + 13 g de NPK, total de 17 g de adubação por planta, a segunda com 60 DAP com 18 g de NPK por planta e a terceira após 90 DAP com 8,4 g de cloreto de potássio (KCL) por planta.

Relativo à irrigação realizada na área, o projeto foi delineado pela empresa parceira do experimento, a Farinharia Puxirum, sendo considerada as seguintes características físico-hídricas do solo: texto arenosa com alta densidade aparente (1,65g/cm³) e baixa retenção de água. Para dimensionamento da irrigação foi considerado a profundidade efetiva do sistema radicular (Z) de 50 cm e um fator de disponibilidade hídrica (f) de 0,5. O coeficiente da cultura (Kc) máximo foi de 1,05 (fase de maior demanda vegetativa), e o sistema adotado foi de

microaspersão, utilizando aspersores com vazão nominal de 50L/h., e turno de rega (TR) de 2 dias. É válido ressaltar que a irrigação foi realizada aos 120 DAP, apenas no período do verão amazônico, onde as chuvas são espaçadas, compreendendo o período de junho a dezembro de 2025.

4.3 Avaliação

As avaliações durante o período de condução do experimento, inicialmente foi avaliada a contagem de emergência aos 15, 30 e 45 DAP e a cada 3 meses, ao longo de 12 meses, nos 90, 180, 270 e 360 dias após o plantio (DAP), foram avaliadas as seguintes variáveis: Número de hastes (NH); número total de folhas (NTF) com contagem manual; diâmetro do caule (DC) com auxílio de paquímetro digital (mm), modelo Caliper; e altura da planta (AP) com auxílio de uma trena métrica a partir da parte basal próxima do solo até a folha apical.

Relativo à produtividade, aos dozes meses após o plantio, foram realizadas às seguintes mensurações: número de raízes totais (NRT); diâmetro de raízes (DR, mm), considerando valores mínimo, máximo e médio; comprimento de raízes (CR, cm), avaliando valores mínimo, máximo e médio; massa da parte aérea (MPA), representando a produtividade da parte aérea; massa das raízes; estimativa de produtividade (EP); e índice de colheita (IC), representado pela relação em porcentagem do peso das raízes tuberosas e o peso total da planta, conforme Tironi *et al.* (2015).

4.4 Análises dos dados

As coletas de dados foram por meio de anotações no caderno de campo e tabuladas em software de planilha eletrônica Excel. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste t de Student ao nível de 5% de significância, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011). Foram utilizadas médias e desvio padrão da média para elaboração de gráficos e tabelas. Para todas as variáveis foram utilizadas 14 repetições por tratamento (n = 14).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos ao longo do experimento, é possível inferir que a cultivar BRS Dourada apresentou bom desempenho agrônômico nas condições edafoclimáticas do Baixo Amazonas, especialmente com base na produtividade indicada em comunicado técnico de Souza e Lima Primo (2021). Na tabela 2 são apresentados dados referentes a emergência de plântulas e na Figura 2 são apresentados os dados relacionados ao número de hastes, altura (cm), diâmetro (mm) e número de folhas nas quatro mensurações realizadas ao longo do experimento, nas áreas com e sem irrigação.

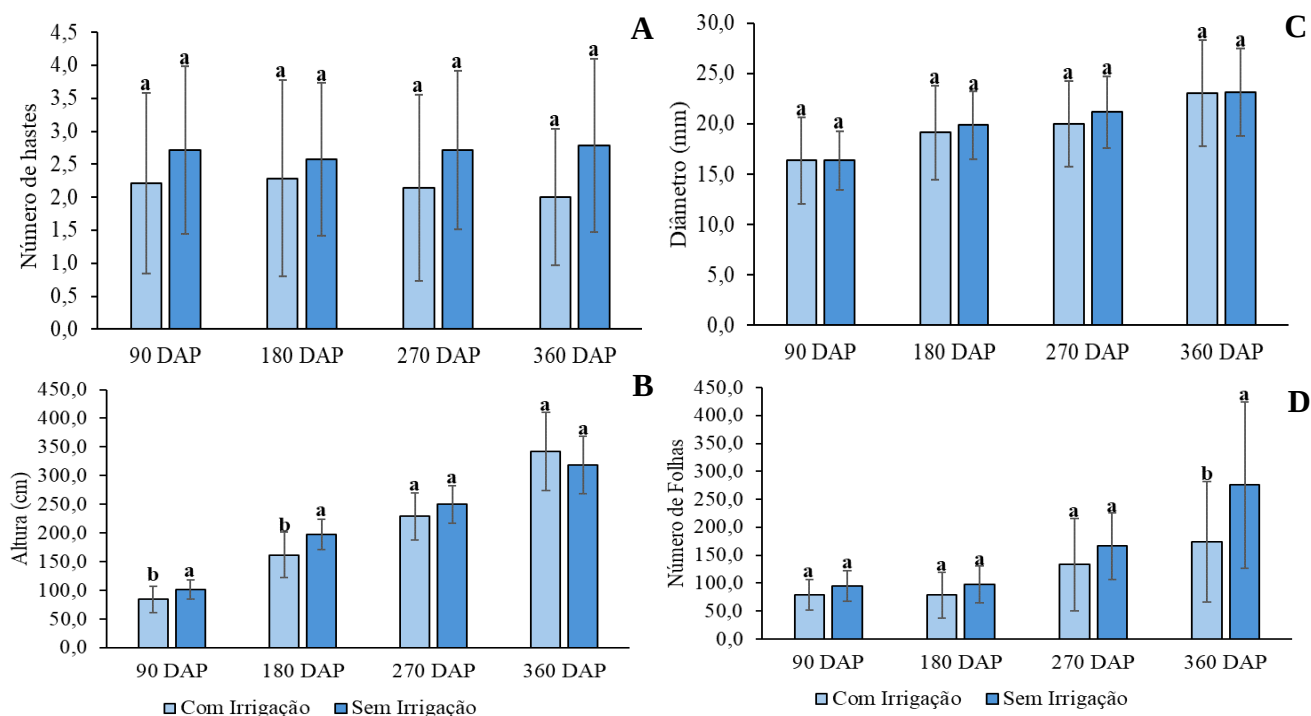
Tabela 2: contagem de brotação/emergência.

Contagens	Emergência (%)
15 DAP	84,92
30 DAP	82,54
45 DAP	83,33

Fonte: Autores (2026)

Os dados de emergência da mandioca BRS Dourada demonstram comportamento estável ao longo das avaliações realizadas aos 15, 30 e 45 dias após o plantio (DAP), apresentando percentuais sempre superiores a 80%. A maior emergência foi observada aos 15 DAP (84,92%), seguida de leve redução aos 30 DAP (82,54%) e posterior estabilização aos 45 DAP (83,33%). Esses resultados evidenciam boa capacidade de estabelecimento inicial da cultivar, indicando elevado vigor e uniformidade na emergência das plantas, características importantes para o desempenho agrônômico e para a consolidação do estande no campo.

Segundo Barrios Ramos (1975), Câmara (1984) e Cardoso *et al.* (2004), elevados percentuais de emergência e brotação estão diretamente relacionados à qualidade e ao vigor das manivas, contribuindo para melhor estabelecimento inicial da mandioca e maior uniformidade no desenvolvimento das plantas. Dessa forma, os resultados obtidos evidenciam o bom desempenho inicial da cultivar BRS Dourada nas condições de cultivo avaliadas.

Figura 4: Número de hastes (A), Altura (B), Diâmetro das hastes (C) e Número de folhas (D).**Fonte:** Autores (2026)**Nota:** Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de t de Student ($\alpha = 5\%$).

Relativo ao número de hastes (Figura 4A), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Esse resultado indica que a disponibilidade adicional de água não foi suficiente para alterar de forma consistente essa variável de crescimento, sugerindo estabilidade morfológica para esse caráter. Em mandioca, a emissão de hastes está relacionada ao padrão de desenvolvimento vegetativo e ao vigor inicial da planta, mas nem sempre essa variável responde de forma linear ao incremento hídrico (Duque; Setter 2013). Além disso, características vegetativas podem apresentar respostas distintas em função da interação entre genótipo, ambiente e condição de estresse hídrico (Vieira *et al.*, 2024).

Para a altura de plantas (Figura 4B), observou-se diferença estatística aos 90 e 180 DAP, considerando que o sistema de irrigação foi implantado aos 120 DAP em função do período chuvoso, podendo ter influenciado no desenvolvimento inicial, para os demais não houve diferença significativa entre os tratamentos, com médias próximas entre a área irrigada e a área sem irrigação. Esse resultado é importante porque revela que a irrigação não promoveu incremento estrutural expressivo no porte da cultivar nas condições avaliadas. Silva *et al.* (2022), com seu trabalho realizado em região com déficit hídrico, diz que a irrigação favoreceu o crescimento da mandioca, aumentando o desenvolvimento vegetativo e a biomassa total. No entanto, a realidade observada no ambiente de estudo torna-se distinta, o que sugere que o

ambiente local pode ter reduzido a diferença funcional entre os tratamentos. Tal interpretação encontra respaldo em El-Sharkawy (2004), ao destacar que a mandioca possui mecanismos fisiológicos que lhe conferem capacidade de adaptação a diferentes ambientes, e em El-Sharkawy (2007), ao afirmar que a cultura apresenta tolerância natural ao déficit hídrico prolongado, podendo manter desempenho satisfatório mesmo em condições de menor disponibilidade de água.

Seguindo o mesmo padrão observado nas demais características de crescimento, o diâmetro do caule (Figura 4C), não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Em termos agrônômicos, isso reforça que a BRS Dourada manteve crescimento vegetativo equilibrado nas duas áreas avaliadas. Esse comportamento é coerente com os achados de Vieira *et al.* (2024), que verificaram que variáveis morfológicas da parte aérea nem sempre acompanham, de maneira proporcional, a disponibilidade hídrica. Além disso, Costa *et al.* (2024) ressaltam que a tolerância à seca em mandioca possui base genética importante, o que ajuda a explicar por que determinados materiais mantêm desenvolvimento satisfatório mesmo em cenários de menor aporte hídrico.

Já relacionado ao número de folhas (Figura 4D), dentre às variáveis analisadas, essa foi a única que apresentou diferença significativa entre os tratamentos durante o período analisado, sendo a diferença observada apenas aos 360 dias após o plantio (DAP), indicando maior sensibilidade ao manejo hídrico. Mesmo com essa resposta pontual, o conjunto dos dados vegetativos continua apontando para um padrão geral de equivalência entre os tratamentos, o que sugere que não ocorreu uma superioridade ampla da cultivar quando submetida à irrigação.

O comportamento vegetativo da mandioca varia amplamente entre cultivares, indicando que a ausência de respostas significativas da BRS Dourada para às variáveis de crescimento analisadas não representa uma limitação, mas sim um indicativo de comportamento estável sob diferentes condições hídricas (Carvalho *et al.*, 2016). Nesse sentido, o comportamento final observado reforça a interpretação de que a cultivar pode desenvolver uma plasticidade fenotípica, apresentando uma capacidade adaptativa e respondendo ao ambiente sem comprometer seu desempenho global.

Na Tabela 3 são apresentados os dados da avaliação das características das raízes da cultivar BRS Dourada aos 360 DAP. A análise descritiva das características mostrou que a área sem irrigação apresentou maior número total de raízes. Por outro lado, as médias de comprimento das raízes (CR) e diâmetro das raízes (DR) foram muito próximas entre os tratamentos. Esses dados são relevantes pois mostram que, mesmo sem irrigação, a formação e

o padrão dimensional de raízes mantiveram-se semelhante ao da área irrigada. Em vez de indicar limitação, esse comportamento sugere que a cultivar encontrou no ambiente condições suficientes para expressar crescimento radicular satisfatório sem necessidade obrigatória de suplementação hídrica.

Tabela 3: Características das raízes da cultivar BRS Dourada avaliadas aos 360 dias após o plantio nas condições edafoclimáticas do Baixo Amazonas.

Tratamentos	Nº total de raízes	Comprimento das raízes (cm)				Diâmetro das raízes (mm)			
		Mín.	Máx.	Média	DP	Mín.	Máx.	Média	DP
Com Irrigação	9,57	8,57	36,4	19,14	±4,31	19,05	57,14	35,65	±4,38
Sem Irrigação	11,21	7,84	35,51	19,23	±2,75	18,06	55,16	35,64	±3,04

Fonte: Autores (2026).

É importante ressaltar, que os dados encontrados no presente estudo, contrasta com o trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2022), onde foi relatado que ocorreu aumento do comprimento radicular e da produtividade em áreas irrigadas na Zona da Mata de Alagoas. Além disso, no estudo de El-Sharkawy (2007), ele destaca que embora a mandioca possua tolerância à seca, a maior disponibilidade de água tende a favorecer o acúmulo de assimilados no sistema radicular. Fatos estes não observados no comportamento da BRS Dourada nas condições edafoclimáticas do baixo amazonas.

No entanto, a semelhança observada entre às áreas irrigadas e não irrigadas no presente sugere que essa tendência geral não deve ser aplicada automaticamente a todos os cenários. Nesse sentido, considerando que o ambiente amazônico, devido a sua distribuição pluviométrica, bem como a sua dinâmica hídrica particular, pode ter suavizado os efeitos esperados. Além disso, o desempenho produtivo e a tolerância ao déficit hídrico dependem fortemente da cultivar (Carvalho *et al.*, 2016), o que reforça a hipótese de que a BRS Dourada possua adaptação específica às condições regionais.

Na Tabela 4 são apresentados os dados relativos à massa da parte aérea, massa da raiz, índice de colheita e produtividade estimada para 1 hectare. Nesses dados também é observado a mesma tendência das demais variáveis avaliadas, visto que a área sem irrigação apresentou maiores médias em comparação à área irrigada. Diferindo desse padrão apenas o índice de colheita demonstra superioridade através da irrigação, esse dado está diretamente ligado a eficiência na produção de raízes, servindo de indicativo na seleção de cultivares com maiores rendimentos, especialmente em mandiocas de mesa como a BRS Dourada (Alves, 2006).

Esses resultados mostram que, nas condições do experimento, a irrigação não promoveu superioridade produtiva global, o que torna o comportamento da cultivar ainda mais interessante do ponto de vista agrônomo, visto a sua adaptação às condições locais. A BRS Dourada mostrou capacidade de manter acúmulo de biomassa e produtividade equivalentes nas duas áreas em vez de depender da irrigação para alcançar melhor desempenho, ressaltando que em ambos a cultivar superou a produtividade esperada no comunicado técnico de Souza; Lima Primo, 2021.

Tabela 4: Média e desvio padrão das variáveis massa da parte aérea, massa das raízes, índice de colheita e estimativa da produtividade / hectares da cultivar BRS Dourada aos 360 DAS.

Tratamentos	Massa da Parte Aérea MAP (Kg)	Massa das Raízes - MR (Kg)	Índice de Colheita	Estimativa da Produtividade / ha*(t)
Com Irrigação	2,61 ± 1,32	1,90 ± 0,42	0,42	19,00
Sem Irrigação	3,51 ± 1,14	2,17 ± 0,74	0,38	21,70

Fonte: Autores (2026)

Nota: *Valor estimado considerando espaçamento 1x1, tendo 10.000 plantas/ha.

É importante destacar que normalmente, em experimentos com mandioca, o esperado é que o manejo irrigado proporcione maior crescimento vegetativo, maior acúmulo de biomassa e maior rendimento de raízes, como relatado por Silva *et al.* (2022). Entretanto, quando esse padrão não se confirma, isso não significa necessariamente que a irrigação foi ineficiente ou que o experimento apresentou inconsistências, visto que também é necessário avaliar às condições edafoclimáticas do local onde o experimento foi realizado.

Nesse sentido, no estudo realizado por Vieira *et al.* (2024), os autores mostraram que a resposta de caracteres vegetativos e produtivos pode variar de acordo com a interação genética, ambiental e severidade do estresse hídrico. E corroborando com isso, no estudo de Carvalho *et al.* (2016), foi destacado que algumas cultivares mantêm desempenho satisfatório mesmo em condições de menor disponibilidade de água.

Diante desse contexto, a ausência de interação significativa entre a cultivar BRS Dourada com a área irrigada pode ser justificada visto uma adaptação favorável do material às condições ambientais da região do Baixo Amazonas, promovendo a manutenção do seu desenvolvimento mesmo sem suplementação hídrica. Esse raciocínio é compatível com El-Sharkawy (2004), ao discutir a alta adaptabilidade ecológica da mandioca, e com Costa *et al.* (2024), que destacam a relevância da base genética da cultura para a manutenção do desempenho sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

Além disso, deve-se considerar que o período experimental coincidiu com um cenário de maior disponibilidade hídrica no estado do Pará, o que pode ter contribuído para a redução da resposta à irrigação, diferindo de anos anteriores, como 2023 e parte de 2024, que foram marcados por irregularidade na distribuição das chuvas e ocorrência de períodos de déficit hídrico associados à atuação do fenômeno El Niño na região amazônica (INMET, 2023; INMET, 2024). Nesse sentido, sugere-se a repetição do experimento em anos com menor disponibilidade hídrica, a fim de submeter a cultivar a condições mais restritivas e melhor avaliar sua resposta à irrigação.

6 CONCLUSÃO

A cultivar de mandioca biofortificada BRS Dourada demonstrou elevada estabilidade agrônômica nas condições edafoclimáticas do Baixo Amazonas, não apresentando respostas significativas à irrigação para a maioria das variáveis vegetativas analisadas. A ausência de diferença estatística consistente entre os tratamentos (irrigado e não irrigado) indica que o incremento hídrico não foi determinante para o desenvolvimento da cultura no ambiente estudado, evidenciando forte adaptação da cultivar às condições locais.

Dessa forma, conclui-se que a adoção da irrigação, nas condições deste estudo, não se justifica como estratégia prioritária para incremento de produtividade, devendo sua recomendação ser condicionada a análises locais mais específicas. Os achados reforçam o potencial da BRS Dourada para sistemas de produção de base familiar no Baixo Amazonas, contribuindo para estratégias sustentáveis para diversificação genética dos plantios, além de ser uma alternativa viável para aumento de produtividade, garantindo maior segurança alimentar no campo e na cidade. Contudo, são necessários novos estudos, a fim de avaliar diferentes condições ambientais, como por exemplo um período seco mais intenso, bem como diferentes períodos de colheita do material, a fim de fomentar o cultivo na região.

REFERÊNCIAS

- ABINCHA, W. *et al.* Enhancing Nutrition: A Review of Provitamin A Carotenoid Cassava Breeding Initiatives in East Africa. [S. l.]: **Advances in Agriculture**, v. 2024, 9937876 n. 1, 12 p. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1155/aia/9937876>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/aia/9937876>. Acesso em 01 nov. 2025.
- ABREU, M. L. *et al.* Interação genótipo ambiente na cultura da mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu-SP, v. 4, p. 43-53, 2008. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1152/1154>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- ALBUQUERQUE, J. A. A. *et al.* Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008, Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/8rtYtG43tmP9jWmynQzMtMK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2025.
- ALLEM, A. C. The origin and taxonomy of cassava. [S. l.]: **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 49, p. 1-16, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1014848421574>. Acesso em: 25 nov. 2025.
- ALVES, A. A. C. **Fisiologia da mandioca**. In: SOUZA, L. da S.; *et al.* (ed.). Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 139-162. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1152564>. Acesso em: 28 abr. 2026.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S. **Potencialidades da cultura da mandioca no estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1143134/potencialidades-da-cultura-da-mandioca-no-estado-do-para>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- ANTONINI, J. C. A. *et al.* Desempenho agronômico de mandioca de mesa manejada sob irrigação e cobertura plástica do solo. [S. l.]: **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 6, p. 47-55, 2020. DOI: 10.5747/ca.2020 v16.n6.a406. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3819/3154>. Acesso em: 22 nov. 2025.
- BARRIOS RAMOS, J. R. **Contribuição ao estudo do vigor e do desenvolvimento inicial em estacas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.)**. 1975. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20240301-150937/en.php>. Acesso em: 09 mai. 2026.
- BERNI, P. R. A. **Biodisponibilidade de β -caroteno em mandiocas e batatas-doces biofortificadas: estudos dos efeitos de genótipos e processamentos**. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.64.2014.tde-15122014-091601>. Acesso em: 08 nov. 2025.

BHARDWAJ, A. K. *et al.* Biofortificação agrônômica de culturas alimentares: uma oportunidade emergente para a segurança alimentar e nutricional global. [S. l.]: **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1055278>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.1055278/full>. Acesso em 08 nov. 2025.

BOTH, J. P.; CARVALHO, J.; BOMFIM, V. **Rede Biofort: construção de conhecimento e formação de professores da rede pública de Belém, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2023. 4 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1163220/1/RedeBiofort.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2. ed. revista e atualizada**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1125022>. Acesso em: 25 nov. 2025.

CÂMARA, G. M. S. **Influência do diâmetro da maniva e da sua posição na planta sobre a emergência, o desenvolvimento e a produção de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1984. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20220207-163112/>. Acesso em: 09 maio 2026.

CARDOSO, E. T. *et al.* Brotação e produção de raízes de mandioca em função do comprimento da maniva, em dois ambientes. **Revista de ciências agroveterinárias**. Lages. Vol. 3, n. 1 (jan./jun. 2004), p. 20-24, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/282385>. Acesso em: 09 maio 2026.

CARVALHO, J. S. *et al.* **Práticas de cultivo da macaxeira biofortificada**. Brasília, DF: Embrapa Amazônia Oriental, 2025. 22 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1175932/praticas-de-cultivo-da-macaxeira-biofortificada>. Acesso em: 18 out. 2025.

CARVALHO, L. M. *et al.* Productivity and drought tolerance of cassava cultivars in the Coastal Tablelands of Northeastern Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151035>.

CARVALHO, P. C. L. Classificação Botânica. In: MATTOS, Pedro Luiz Pires de; FARIAS, Alba Rejane Nunes; FERREIRA FILHO, José Raimundo (Ed. Tec.). **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 15-24. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/120506/mandioca-o-produtor-pergunta-a-embrapa-responde>. Acesso em: 28 set. 2025.

CLEMENT, C. R. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. [S. l.]: **Economic Botany**, v. 53, p. 188–202, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02866498>. Acesso em: 25 nov. 2025.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P. da. **Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 26 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 206). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/967585/1/Doc206DrEugenio.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2025.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P. da; MIRANDA, J. H. de. Definição do posicionamento de sensores para monitoramento da água no solo em bananeira irrigada por diferentes sistemas de irrigação localizada. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.608-618, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/TBrn4xzYCkcMQyqt7YYCWxr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 nov. 2025.

COSTA, W. G. *et al.* Optimizing drought tolerance in cassava through genomic selection. [S. l.]: **Frontiers in Plant Science**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1483340>.

COSTA, Z. L. C. M.; SANTOS, S. C. L. Biofortificação de alimentos e sua relação com a segurança alimentar e nutricional: prós e contras. [S. l.]: **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 8, p. e59811831320, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31320>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/31320>. Acesso em: 8 nov. 2025. Acesso em: 28 set. 2025.

CUNHA, E. F. M.; FARIAS NETO, J. T. de. **Melhoramento genético da mandioca para o Estado do Pará**. In: MODESTO JÚNIOR, Moisés de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo (Org.). *Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria*. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 68-78. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1056630>. Acesso em: 28 set. 2025.

DIAS, M.C. A contribuição da pesquisa-experimentação e o conhecimento tradicional para o cultivo da mandioca no Amazonas. [S. l.]: **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 1, n. 5, p. 145–152, 2004. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1036055/1/602181PB.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2025.

DUQUE, L. O.; SETTER, T. L. Cassava response to water deficit in deep pots: root and shoot growth, ABA, and carbohydrate reserves in stems, leaves and storage roots. [S. l.]: **Tropical Plant Biology**, v. 6, p. 162-176, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12042-013-9131-3>.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. [S. l.]: **Plant Molecular Biology**, v. 56, p. 481–501, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11103-005-2270-7>. Acesso em: 25 nov. 2025.

EL-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. [S. l.]: **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 257-286, 2007. DOI: 10.1590/S1677-04202007000400001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400001>. Acesso em: 15 nov. 2025.

EMBRAPA. Mandioca em números. **Congresso de Mandioca**, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros>. Acesso

em: 15 nov. 2025.

FAGUNDES, L. K. Desenvolvimento, crescimento e produtividade da mandioca em função de datas de plantio. **AGPTEA**, Santa Maria, RS. 2009. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/DESENVOLVIMENTO%20CRESCIMENTO%20E%20PRODUTIVIDADE%20DA%20MANDIOCA%20EM%20FUNCAO%20DE%20DATAS%20DE%20PLANTIO.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United National. **Save and grow - Cassava: A guide to sustainable production intensification**. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3278e/i3278e.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2023. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum**, 316 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc3017en>. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc3017en>. Acesso em: 22 out. 2025.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2025. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2025 – Addressing high food price inflation for food security and nutrition**, 234 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/cd6008en>. Disponível: <https://www.wfp.org/publications/state-food-security-and-nutrition-world-sofi-report>. Acesso em: 01 nov. 2025.

FAOSTAT. (2023). **Dados de produção e comércio agrícola**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 28 set. 2025.

FAOSTAT. Statistical Database. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 18 nov. 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. [S. l.]: **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Acesso em 25 nov. 2025.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no cerrado: orientações técnicas**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/981357/mandioca-no-cerrado-orientacoes-tecnicas>. Acesso em: 05 out. 2025.

GUSMÃO, L. H. A.; OYAMA, A. K.; WATRIN, O. S. Análise cartográfica da concentração do cultivo de mandioca no estado do Pará, Amazônia brasileira. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 43-56. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/20962/pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: insegurança alimentar 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/724f23c52823528787ba0ef28b7940e3.pdf. Acesso em: 01 nov. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – Mandioca**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em: 18 nov. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: mandioca**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mandioca/br>. Acesso em: 28 set. 2025.

INMET– INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Boletim climático e monitoramento de secas no Brasil 2024**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-2024-boletim-de-junho>. Acesso em: 28 abr. 2026.

INMET– INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **El Niño 2023 e impactos na precipitação na região amazônica**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/noticias?noticias=El+Ni%C3%B1o+2023>. Acesso em: 28 abr. 2026.

IMMANUEL, S. *et al.* Cassava for food security, poverty reduction and climate resilience: A review. [S. l.]: **Indian Journal of Ecology**, v. 51, n. 1, p. 21-31, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55362/IJE/2024/4191>. Disponível em: https://indianecologicalsociety.com/wp-content/themes/ecology/volume_pdfs/1707051241.pdf. Acesso em: 09 nov. 2025.

LEÃO, V. M. *et al.* Farinha de mandioca na feira do Ver-o-Peso: socioeconomia e saberes tradicionais. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v. 14, n. 2, p. 1-21, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/11588>. Acesso em: 20 nov. 2025.

LOBO, I. D.; SANTOS JÚNIOR, C. F. dos; NUNES, A. Importância socioeconômica da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para a comunidade de Jaçapetuba, município de Cametá/PA. [S. l.]: **Multitemas**, v. 23, n. 55, p. 195–211, 2018. DOI: 10.20435/multi.v23i55.1913. Disponível em: <https://www.multitemas.ucdb.br/multitemas/article/view/1913>. Acesso em: 29 set. 2025.

LOUREIRO, M. P. *et al.* Biofortificação de alimentos: problema ou solução? **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 25, n. 2, p. 66–84, 2018. DOI: 10.20396/san.v25i2.8652300. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8652300>. Acesso em: 8 nov. 2025.

MANOS, M. G. L. L. **Controvérsias sociotécnicas sobre biofortificação de alimentos no Brasil: a pesquisa e suas (des)conexões com a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional**. 2017. 262 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/bitstream/20.500.14407/22178/1/2017%20-%20Maria%20Geovania%20LM.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

MARTINS, P. S. Dinâmica evolutiva em roças de caboclos amazônicos. [S. l.]: **Estudos avançados**, v. 19, p. 209-220, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100013>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/CnkVgd9DgY3BxFfrQdGNjqN/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 28 set. 2025.

MEZETTE, T. F. **Diversidade agronômica, bioquímica e molecular de acessos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) coletados em diferentes regiões do Brasil**. 2012. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-18022013-170645/publico/Thiago_Fonseca_Mezette-versao_revisada.pdf. Acesso em: 08 nov. 2025.

MEZETTE, T. F. *et al.* Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. [S. l.]: **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 601–609, set. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000300006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/RJKdMGyY44XyzdZQgcYXpXg/?lang=pt>. Acesso em 01 nov. 2025.

MODESTO JUNIOR, M. de S.; ALVES, R. N. B. **Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 257 p. disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1056630> Acesso em: 9 nov. 2025.

MUNOZ, A. E. P. *et al.* Trio da produtividade na cultura da mandioca: uma avaliação socioambiental da região Norte brasileira. **RBTS – Revista Brasileira de Tecnologia e Sociedade**, Itajaí, v. 12, n. 1, p. 14-24, jan./dez. 2025.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)**. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Acesso em: 17 jun. 2026.

NASSAR, N.; ORTIZ, R. Melhorar a mandioca e alimentar os pobres. [S. l.]: **Scientific American Brasil**, 2010. Disponível em: http://www.geneconserve.pro.br/site/pdf/melhorar_a_mandioca_alimentar_pobres.pdf. Acesso em: 18 out. 2025.

NEVES, E. C. A. *et al.* Classificações e características nutricionais e tecnológicas de farinhas de mandioca comercializadas em Belém, Pará, Brasil. [S. l.]: **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.14319>. Acesso: 25 nov. 2025.

NUTTI, M. R. A história dos projetos HarvestPlus, AgroSalud e BioFORT no Brasil. In: IV Reunião de Biofortificação no Brasil, Teresina (PI), 2011. **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte; Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. Disponível em: <http://biofort.com.br/downloads/reunioes-de-biofortificacao-no-brasil/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. de. **O progresso das ações de biofortificação no Brasil**. In: V Reunião de Biofortificação no Brasil, Brasília, 2015. p. 242–245. Disponível em: <https://biofort.com.br/download/anais-annals-v-reuniao-de-biofortificacao-no-brasil/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

OLSEN, K. M.; SCHAAL, B. A. Evidence on the origin of cassava: phylogeography of *Manihot esculenta*. [S. l.]: **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 10, p. 5586-5591, 1999. DOI: 10.1073/pnas.96.10.5586. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/12979586_Olsen_K_M_and_Shaal_B_A_Evidence_on_the_origin_of_cassava_Phylogeography_of_Manihot_esculenta_Proc_Natl_Acad_Sci_USA_96_5586-5591. Acesso em: 27 set. 2025

PACHECO, F. D.; ESCADA, M. I. S.; SOUZA, A. R. de. Padrão Espacial de Ocorrência de Plantação de Mandioca na Amazônia Brasileira: a Região Oeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 76, n. 0a, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv76n0a-67820>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/67820>. Acesso em: 01 nov. 2025.

PASTRANA, F. E.; ALVIZ, H. S.; SALCEDO, J. G. Respuesta de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. [S. l.]: **Acta Agronômica**, v. 64, n. 1, p. 48-53, 2015. DOI: 10.15446/acag.v64n1.41518. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.41518>. Acesso em: 15 nov. 2025.

PAULA, M. T. *et al.* Aspectos socioeconômicos e agronômicos da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz): uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. e73257, 2024. DOI: 10.34188/bjaerv7n3-119. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/73257>. Acesso em: 2 out. 2025.

PEDRI, E. C. M. *et al.* Características morfológicas e culinárias de etnovariedades de mandioca de mesa em diferentes épocas de colheita. [S. l.]: **Brazilian Journal of Food Technology**, v.21, e2018073, 2018. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07318>. Disponível em: <https://www.scielo.br/bjft/a/Jt4DzyQbmL3F8YkM5RLHFcR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 3 out. 2025.

PEREIRA, A. G. C. *et al.* Dinâmica de produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) nas microrregiões paraenses no período de 2009 a 2019. **Editora Científica Digital**, Itajaí, 2023. 14 p. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230814198.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

PERONI, N.; MARTINS, P. S. Influência da dinâmica agrícola itinerante na geração de diversidade de etnovariedades cultivadas vegetativamente. [S. l.]: **Interciencia**, v. 25, n. 1, p. 22-29, 2000. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33904304.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2025.

PINO FILHO, O. C. **Desenvolvimento e produtividade de mandioca submetida a diferentes frequências de irrigação e espaçamentos de plantio em um latossolo vermelho do Cerrado**. 2018. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2018. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2019-07-31-11-21-1913-Tese-%20Orlando.pdf. Acesso em: 14 nov. 2025.

RADCLIFFE-SMITH, A. Genera Euphorbiacearum. Kew. [S. l.]: **Royal Botanic Gardens**, 2001. Disponível em: <https://www.kew.org/science>. Acesso em: 18 nov. 2025.

RIBEIRO, F.W. *et al.* Custos de produção e rentabilidade econômica do cultivo da mandioca em Goiás. [S. l.]: **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 104-110, 2019. DOI: 10.18378/rvads.v14i1.5961. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332630375_Custos_de_producao_e_rentabilidade_economica_do_cultivo_da_mandioca_em_Goias. Acesso em: 28 set. 2025.

RIVAL, L.; McKEY, D. Domestication and Diversity in Manioc (*Manihot esculenta* Crantz ssp. *esculenta*). **Current Anthropology**, Oxford, v. 49, n. 6, p. 119-130, dez. 2008. DOI:10.1086/593119. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240568372_Domestication_and_Diversity_in_Manioc_Manihot_esculenta_Crantz_ssp_esculenta_Euphorbiaceae. Acesso em: 28 set. 2025.

SALTZMAN, A. *et al.* Biofortificação: Progresso rumo a um futuro mais nutritivo. [S. l.]: **Segurança Alimentar Global**. Volume 2, Issue 1, Pages 9-17, ISSN 2211-9124, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2012.12.003>. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/items/4cd333b6-04e0-4b22-a3ae-a9319ca1c874>. Acesso em: 8 nov. 2025.

SCOTT, G. J.; ROSEGRANT, M. W.; RINGLER, C. **Roots and tubers for the 21st century: trends, projections, and policy options**. 2020 Brief 66. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2000. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/92840a28-f46e-4f3d-ad0f-3b5cb1e23d63/content>. Acesso em: 13 nov. 2025.

SILVA, R. B. **Crescimento e produtividade da mandioca sob níveis de irrigação**. 2021. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharia e Ciências Agrárias, Rio Largo, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/8043/1/Crescimento%20e%20produtividade%20da%20mandioca%20sob%20n%C3%ADveis%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2025.

SILVA, R. S.; MENDES, L. L. **Rede BioFORT: construindo um perfil de comunicação/ BioFORT Network: building a communication profile**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1027863/1/t514.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SILVA, R. B. *et al.* Physiological and growth analysis and productivity of cassava under irrigation levels. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 21, n. 1, p. 16-26, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712112022016>.

SOUZA, E. D.; LIMA PRIMO, H. E. de. BRS Dourada e BRS Gema de Ovo: Cultivares de Mandioca de Mesa Biofortificadas para Roraima. **Comunicado Técnico**, n. 91. Boa Vista, RR: Embrapa, 2021. 8 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132708/1/COT-BRS-Dourada-BRS-Gema-de-Ovo-B1.pdf>. Acesso em 01 nov. 2025.

STRECK, N. A. *et al.* Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 336-343, 2014. DOI: 10.1590/1678-4499.0159. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/pWZzcnCNP3wSMwktz6STMQL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2025.

TAGLIAPIETRA, B. L. *et al.* Nutritional quality and sensory acceptance of biofortified cassava. [S. l.]: **Brazilian Journal of Food Technology**, 24, e2020247, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24720>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356400710_Nutritional_quality_and_sensory_acceptance_of_biofortified_cassava. Acesso em: 09 nov. 2025.

TALSMA, E. F. *et al.* Mandioca amarela biofortificada e estado de vitamina A em crianças quenianas: um ensaio clínico randomizado controlado. [S. l.]: **Revista Americana de Nutrição Clínica**, V. 103, Edição 1, p. 258-267, 2016. Disponível em: [https://ajcn.nutrition.org/article/S0002-9165\(23\)12122-8/fulltext](https://ajcn.nutrition.org/article/S0002-9165(23)12122-8/fulltext). Acesso em: 07 jun. 2026.

TBCA - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Universidade de São Paulo (USP). **Centro de Pesquisa em Alimentos** (FoRC). Versão 7.3. São Paulo, 2025. Disponível em: https://www.tbca.net.br/base-dados/int_composicao_alimentos.php?n0REd3kv7e86D%2BViXWYUnQ%3D%3D=tf7Yrvb%2BorH%2FS5XxTsj3cA%3D%3D. Acesso em: 28 set. 2025.

TEIXEIRA, A. Z. A. *et al.* A mandioca como substrato para fermentação: potencial nutricional e características sensoriais. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 5, n. 8, p. e8956, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56083/RCV5N8-117>. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/8956>. Acesso em 01 nov. 2025.

TIRONI, L. F. *et al.* Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. [S. l.]: **Bragantia**, v.74, p.58-66, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0352>. Acesso em 25 nov. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Alimentação Infantil I: **Prevalência de indicadores de alimentação de crianças menores de 5 anos: ENANI 2019**. - Documento eletrônico. - Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 2021. (135 p.). Coordenador geral, Gilberto Kac. Disponível em: <<https://enani.nutricao.ufrj.br/relatorios/>>. Acesso em: 28 out. 2025.

VALLE, T. L.; LORENZI, J. O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 15-34, jan./abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2014.v31.19441>. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/cct/article/view/19441>. Acesso em: 27 set. 2025.

VIEIRA, D. P. **Desenvolvimento e produtividade de cultivares de mandioca biofortificadas em diferentes níveis de fertilização**. 2022. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto Federal Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Araquari, 2022. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=13070693. Acesso em: 09 nov. 2025.

VIEIRA, S. L. *et al.* Early evaluation of genotype x harvest interactions in cassava crops under water stress. [S. l.]: **Revista Caatinga**, v. 37, e11458, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3711458rc>.

WEBSTER, G. L. Classification of the Euphorbiaceae. [S. l.]: **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 81, p. 3–32, 1994. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2399908>. Acesso em: 18 nov. 2025.

WEFFORT, V. R. S.; LAMOUNIER, J. A. Hidden hunger – a narrative review. [S. l.]: **Jornal de Pediatria**, Volume 100, Supplement 1, Pages S10-S17, ISSN 0021-7557, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jped.2023.08.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021755723001286?via%3Dihub>. Acesso em: 01 nov. 2025.