



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
AGRONOMIA

THIAGO SARAIVA COUTINHO DE ANDRADE

O USO DA SACAROSE CONTRIBUI PARA O DESENVOLVIMENTO *IN*
***VITRO* DA BATATA-DOCE**

FORTALEZA

2022

THIAGO SARAIVA COUTINHO DE ANDRADE

O USO DA SACAROSE CONTRIBUI PARA O DESENVOLVIMENTO *IN VITRO*
DA BATATA-DOCE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.

Coorientadora: Profa. Dr^a Gabrielen de Maria Gomes Dias.

Fortaleza

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A571u Andrade, Thiago Saraiva Coutinho de.
O uso da sacarose contribui para o desenvolvimento in vitro da batata doce / Thiago Saraiva Coutinho de Andrade. – 2022.
22 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.
Coorientação: Profa. Dra. Gabrielen de Maria Gomes Dias.
1. Ipomoea batatas L.. 2. Cultura de tecidos vegetais. 3. Micropropagação. 4. Carboidrato. I. Título.
CDD 630
-

THIAGO SARAIVA COUTINHO DE ANDRADE

O USO DA SACAROSE CONTRIBUI PARA O DESENVOLVIMENTO *IN VITRO*
DA BATATA-DOCE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia do
Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 08/07/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Gabrielen de Maria Gomes Dias (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Lailla Sabrina Queiroz Nazareno
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Andreza de Melo Mendonça
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

O cultivo *in vitro* é um método de propagação de grande importância. Isso porque, possibilita rápida e elevada capacidade de multiplicação, com alta qualidade genética e livre de patógenos. No entanto, a baixa disponibilidade de CO₂, na qual as plantas ficam submetidas, bem como a baixa intensidade de luz, podem tornar esse ambiente inadequado para a realização da fotossíntese pelas plantas, o que torna necessário o uso de uma fonte externa de carboidratos. Diante disso, este estudo teve por objetivo avaliar a influência de diferentes concentrações de sacarose, como fonte de carboidrato, no desenvolvimento *in vitro* de mudas micropropagadas de batata-doce, em meios de cultura líquido e sólido. O experimento foi instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema fatorial de 2 x 4, sendo duas condições de meio de cultura (líquido e sólido) e quatro concentrações de sacarose (0, 30, 60, 80 g L⁻¹), totalizando oito tratamentos com 12 repetições. Após 40 dias de inoculadas, as plantas foram avaliadas quanto às características fitotécnicas (altura, número de folhas, número de brotos, número de raízes, número de folhas senescentes, massa fresca e massa seca). O tratamento T6 (30 g L⁻¹ de sacarose em meio sólido) foi o que proporcionou a obtenção dos melhores resultados para todas as variáveis analisadas, a exceção do número de raízes. Diante dos resultados foi possível evidenciar que a concentração de 30 g L⁻¹ de sacarose foi a melhor para o desenvolvimento, *in vitro*, de plântulas de batata-doce var. Campina.

Palavras-Chave: *Ipomoea batatas* L., Cultura de tecidos vegetais, Micropropagação, Carboidrato.

ABSTRACT

In vitro cultivation is a propagation method of great importance. Because it enables fast and high multiplication capacity, high quality genetic and to be free of pathogens. However, the low availability of CO₂, in which plants are submitted, as well as low light intensity, can make this environment inadequate for the performance of photosynthesis by plants, which makes it necessary to use an external source of carbohydrates. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of different sucrose concentrations, as a carbohydrate source, on the *in vitro* development of micropropagated sweet potato seedlings in liquid and solid culture media. The experiment was installed in a completely randomized experimental design and factorial scheme of 2 x 4, being two conditions of culture medium (liquid and solid) and four sucrose concentrations (0, 30, 60, 80 g L⁻¹), totaling eight treatments with 12 replicates. After 40 days, the plants were evaluated for phytotechnical characteristics (height, number of leaves, number of shoots, number of roots, number of senescidal leaves, fresh mass, and dry mass). The T6 treatment (30 g L⁻¹ sucrose in solid medium) was the one that provided the best results for all variables analyzed, except for the number of roots. In view of the results, it was possible to show that the concentration of 30 g L⁻¹ sucrose in solid culture medium was the best for the development, *in vitro*, of var Campina sweet potato seedlings.

Keywords: *Ipomoea batatas* L., Plant tissue culture, Micropropagation, Carbohydrate.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	9
2.2 Cultura de Tecidos Vegetais	10
2.3 Micropropagação	10
2.4 Sacarose	11
2.5 Citocinina	11
3 MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1 Tratamentos	13
3.2 Análises	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas no Brasil, sendo a cultura de maior valor econômico da família Convolvulaceae (MARTINS FILHO, 2021). Essa hortaliça é muito utilizada na alimentação humana e animal, devido, principalmente, a seu elevado valor energético e nutricional (ANDRADE *et al.*, 2021).

A principal forma de propagação da batata-doce é pela multiplicação vegetativa de ramos e túberas, entretanto, tal método tem uma alta taxa de transmissão de patógenos, o que pode levar a redução do desenvolvimento e danos à cultura, resultando em uma baixa produtividade e possíveis prejuízos (ANDRADE *et al.*, 2012). Diante dessa dificuldade, a micropropagação por cultura de tecidos de plantas, mostra-se uma excelente alternativa para a cultura, já que permite uma multiplicação rápida, com alta qualidade genética, livre de doenças e vírus (FERNANDES *et al.*, 2021).

No entanto, apesar das vantagens citadas, as condições do cultivo *in vitro*, de forma geral, são menos propícias a realização de fotossíntese (processo fisiológico responsável pela produção de fotoassimilados que são utilizados pelas plantas para a formação de tecidos vegetais). Tal condição, torna importante a utilização de uma fonte externa de carboidratos, que poderá servir como fonte de energia e de biossíntese de moléculas necessárias para o crescimento celular do vegetal (PEREIRA *et al.*, 2021). Dentre as possibilidades de fontes de carboidratos existentes, a sacarose se mostra a de melhor resultado no acúmulo de massa fresca e seca, tendo também maior capacidade de produzir microtubérculos (EWING, 1988; VASCONCELOS, 2014).

Desta forma, o suprimento exógeno de carboidrato pode ampliar, também, as reservas de amido e sacarose nas plantas micropropagadas, favorecendo a aclimatização *ex vitro*, bem como acelerando as adaptações fisiológicas necessárias neste ambiente de cultivo (HAZARIKA, 2003; MAHENDRA, 2020). Este carboidrato, que está prontamente disponível na forma de sacarose nos meios de cultura, tem efeito sobre a multiplicação e o crescimento das plântulas micropropagadas, sendo suas concentrações mais frequentemente utilizadas entre 2 e 3% (p/v). No entanto, ocasionalmente, pode ser utilizada concentrações superiores, de até 6%, como no caso de indução de bulbilhos de alho e microtuberização em raízes de mandioca (CID, 2015).

Com base no exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência de diferentes concentrações de sacarose como fonte de carboidrato no desenvolvimento, *in vitro*, de plântulas de batata-doce var. Campina.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma túbera originária dos Andes, pertencente à ordem Solanaceae, família Convolvulaceae. Seu gênero é o *Ipomoea*, o maior da família com mais de 500 espécies (FERREIRA, 2009). A *Ipomoea batatas* L. possui crescimento prostrado com ramas que se espalham horizontalmente pelo solo, sendo tratada como uma cultura anual, embora seja perene (NUNES, 2016).

Atualmente, é a quinta hortaliça mais cultivada no Brasil, tendo sido registrado um aumento de 13% em seu consumo médio e sua produção chegando a mais de 800 mil toneladas. São Benedito, no estado do Ceará, é onde ocorre a maior produção no país, aproximadamente, 40 mil toneladas ano (POF/IBGE 2018, PAM/IBGE 2020).

A batata-doce é uma rica fonte de carboidratos e nutrientes como carotenos e provitamina A (COELHO, 2018). Suas túberas são comercializadas e consumidas em diversas formas, como farinha, tapioca, raízes fritas em formato de ‘chips’, purês, dentre outros (SILVA *et al.*, 2021).

A grande variabilidade genética desta cultura garante adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e a pragas, além de apresentar boa adaptação a solos com baixa fertilidade (SCHUMACHER *et al.*, 2012). Apesar disso, a batata-doce pode ter baixa produtividade devido a práticas de cultivo inadequadas e uso de material genético degenerado (ANDRADE *et al.*, 2012).

Sua principal forma de propagação é por raízes ou ramas, muitas vezes obtidas sem garantia de sanidade ou pureza genética. Tal condição pode acarretar dois problemas principais, o primeiro é o prejuízo causado com a perda da produção por doenças (FERNANDES *et al.*, 2021), o segundo tem a ver com a degenerescência do material vegetal, o que ocorre a partir das sucessivas multiplicações vegetativas, o que reduz gradativamente seu vigor e, conseqüentemente, sua produtividade (DALLAGNOL, 2018).

Para evitar perdas, a busca por materiais propagativos de batata-doce que sejam de alta qualidade fisiológica e fitossanitária vem aumentando. Sendo assim, embora a propagação *in vitro* dessa hortaliça, a partir de tecidos vegetais, exija uma estrutura refinada e de elevado custo inicial, ela tem garantido sua elevada qualidade fisiológica e fitossanitária, além de homogeneidade das mudas e disponibilidade de material vegetal para rápida multiplicação (FERNANDES *et al.*, 2021).

2.2 Cultura de Tecidos Vegetais

A cultura de tecidos possibilita a obtenção de plantas sadias e produção de mudas em larga escala a partir de uma pequena quantidade de material propagativo (MENEZES *et al.*, 2012). É uma técnica de multiplicação vegetativa que possibilita inúmeras vantagens na produção de mudas de diferentes espécies, sendo em alguns casos, a principal técnica empregada para a multiplicação comercial (PASQUAL; CHAGAS, 2016).

Essa técnica utiliza partes de tecido vegetal, denominados explantes, que são cultivados assepticamente, em um meio de cultura apropriado, visando obter um novo indivíduo com genótipo idêntico ao original. O explante, por sua vez, é um segmento de tecido ou órgão vegetal que preenche condições de indução *in vitro* para se regenerar, isso graças à sua totipotência, ou seja, a capacidade das células em se dividirem e se diferenciarem em qualquer outra célula do organismo, gerando, assim, um novo indivíduo (ANDRADE, 2002).

No entanto, o sucesso na obtenção de explantes assépticos, para o estabelecimento da cultura *in vitro*, depende da eficiência de combinação de agentes químicos (hipoclorito de sódio, álcool 70%, dentre outros) usados na assepsia, bem como de suas concentrações e dos tempos de exposição em relação ao nível de contaminação dos tecidos (RESCAROLLI; ZAFFARI, 2009). Outras interferências na capacidade dos explantes em se regenerar, pode ocorrer devido ao efeito individual, bem como à interação de outros três fatores, a saber: o genótipo, a fonte do explante e as condições de cultivo (meio de cultura, luz e temperatura). Sendo assim, a regeneração depende, por um lado, da resposta da planta que é determinada pelo seu genótipo e pelo estado fisiológico do tecido extraído e, por outro, das condições impostas para seu crescimento, sendo que quanto mais favoráveis e saciáveis forem essas condições, melhor será o seu desenvolvimento (ANDRADE, 2002).

2.3 Micropropagação

A micropropagação é um processo complexo controlado por diversos fatores, como sacarose, reguladores de crescimento, fotoperíodo, temperatura, qualidade da luz e componentes do meio de cultura (RODRIGUES-OTUBO, 1999). Tudo isso junto e em quantidades adequadas, possibilita sua rápida multiplicação, mantendo a identidade genética do material propagado com elevada qualidade fitossanitária e em períodos e espaço reduzidos de tempo (PASQUAL; CHAGAS, 2016).

Essa ferramenta tem se mostrado muito eficiente na multiplicação rápida da mandioca (*Manihot esculenta*) ao gerar até cinco vezes mais o número de mudas que a propagação convencional por estacas (NEVES *et al.*, 2017). O mesmo ocorre para o morango (*Fragaria x ananassa*), sendo capaz de gerar milhares de matrizes a partir de pequenas quantidades de material vegetativo (BRAHM, 2004). Além da eficiência em termos de multiplicação vegetativa de diferentes espécies, a micropropagação também pode ser utilizada em estudos que foquem na avaliação da concentração de substâncias como fitohormônios (FOGAÇA, 2010), bem como em experimentos de estresse salino (AHMED, 2020).

2.4 Sacarose

Para a produção *in vitro* de mudas de espécies que são propagadas vegetativamente, recomenda-se o desenvolvimento de meio de cultura apropriado (SRIDHAR; ASWATH, 2014). Este meio deve conter compostos de forma balanceada para favorecer a morfogênese e a produção de mudas vigorosas (YILDIZ, 2012; AHMADIAN *et al.*, 2013).

As células, tecidos e plântulas cultivadas *in vitro* não encontram condições adequadas para realização da fotossíntese. Dessa forma, os carboidratos são de grande importância como fonte de energia para a biossíntese de moléculas necessárias ao crescimento celular (PEREIRA *et al.*, 2021).

Dentre as possíveis fontes de carboidrato, a glicose e a frutose são as mais efetivas para o crescimento vegetativo *in vitro*, porém, a sacarose se mostra mais eficiente no desenvolvimento do sistema radicular, sendo capaz de gerar mini tubérculos (EWING, 1988). A demanda por carboidratos pode ser satisfeita pela oferta exógena de sacarose, que fornecerá energia e garantirá o melhor crescimento em massa fresca e seca, além de gerar maior quantidade de proteínas (MELLO, 1998). No entanto, deve-se ter cuidado com a quantidade a ser utilizada, já que elevadas concentrações podem prejudicar não apenas a emissão e o crescimento radicular, mas também o crescimento da parte aérea das mudas (GALDIANO JÚNIOR *et al.*, 2013).

Para melhorar a eficiência de utilização da sacarose exógena, a citocinina, um fitoregulador vegetal, tem sido utilizada para estimular sua translocação para o sistema radicular, visando a formação de microtubérculos ou tubérculos, onde a sacarose será utilizada para a síntese de amido, sua principal reserva (TEIXEIRA, 1989).

2.5 Citocinina

As citocininas são fitohormônios reguladores de crescimento vegetal que estimulam a divisão e aumento celular, além disso, também atuam na mobilização de fotoassimilados e nutrientes para o dreno, sendo muito importante na indução e no desenvolvimento das raízes (ARALDI, 2011).

O 6-Benzilaminopurina (BAP), a Cinetina (KIN) e a Zeatina (ZEA) são citocininas sintéticas usadas, principalmente, para acelerar a germinação, reduzir a dominância apical e retardar a senescência, sendo o BAP e KIN os mais utilizados por possuírem maior efeito sob o sistema assimilatório da planta *in vitro* e induzirem maior número de brotações. No entanto, todas as três proporcionam um bom desenvolvimento da raiz (ANDRADE, 2005; OLIVEIRA, 2007)

As citocininas são, particularmente, importantes na micropropagação *in vitro*, onde influenciam no crescimento e na morfogênese servindo, inclusive, para formação de bancos de germoplasma *in vitro*. Além disso, as citocininas também são amplamente utilizadas nos processos de calogênese e indução de microtuberização (AUGUSTO, 2007; ANDRADE, 2005; BEZERRA, 2014; FOGAÇA, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC). As fontes dos explantes utilizados no experimento foram de mudas de batata-doce var. Campina, já estabelecidas *in vitro* em meio MS sólido (MURASHIGE; SKOOG, 1962) acrescido de 30 g L⁻¹ de sacarose e 5,8 g L⁻¹ de ágar.

3.1 Tratamentos

Os explantes, segmentos nodais com duas gemas e uma folha, foram alocados em tubos de ensaio com 15 ml de meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG 1962) e 4,0 mg L⁻¹ de BAP.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois tipos de meio de cultura (líquido e sólido) e quatro concentrações de sacarose (0, 30, 60, 80 g L⁻¹), totalizando oito tratamentos com 12 repetições cada. Os tratamentos de um a quatro foram realizados em meio líquido (sem adição de ágar) e os tratamentos de cinco a oito foram realizados em meio sólido (com adição de ágar), todos acrescidos de diferentes concentrações de sacarose, conforme a tabela abaixo.

Tabela 1: Tratamentos utilizados no experimento *in vitro* com mudas de batata-doce var. Campina em meio de cultura MS e acrescidos de 4,0 mg L⁻¹ de BAP.

Tratamento	Sacarose (g L ⁻¹)	Ágar (g L ⁻¹)	Estado
T1	0	0	Líquido
T2	30	0	Líquido
T3	60	0	Líquido
T4	80	0	Líquido
T5	0	5,8	Sólido
T6	30	5,8	Sólido
T7	60	5,8	Sólido
T8	80	5,8	Sólido

Fonte: Autor, 2022.

O pH do meio de cultura foi ajustado para $5,8 \pm 0,2$, sendo que os tubos de ensaio que continham os tratamentos foram autoclavados a 121°C por 20 min a 1,2 atm. Após a inoculação dos explantes, os tratamentos foram mantidos no escuro por 24 horas para indução inicial do enraizamento e, posteriormente, em sala de crescimento sob temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ em fotoperíodo de 16 horas de luz/8 horas de escuro, com intensidade luminosa de $52,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.2 Análises

Após 40 dias de desenvolvimento *in vitro*, todos os tratamentos foram avaliados visualmente quanto à aparência, se normais ou anormais. Foram consideradas plantas normais aquelas que possuíam estrutura básica completa, ou seja, segmento nodal com duas gemas e ao menos uma folha, todas em perfeitas condições. As anormais foram aquelas que apresentavam a ausência, deformidade ou morte da estrutura básica. Em seguida, foram avaliadas as características fitotécnicas: número de folhas, número de raízes, número de brotações e comprimento de parte aérea (cm), medida com o auxílio de uma régua graduada.

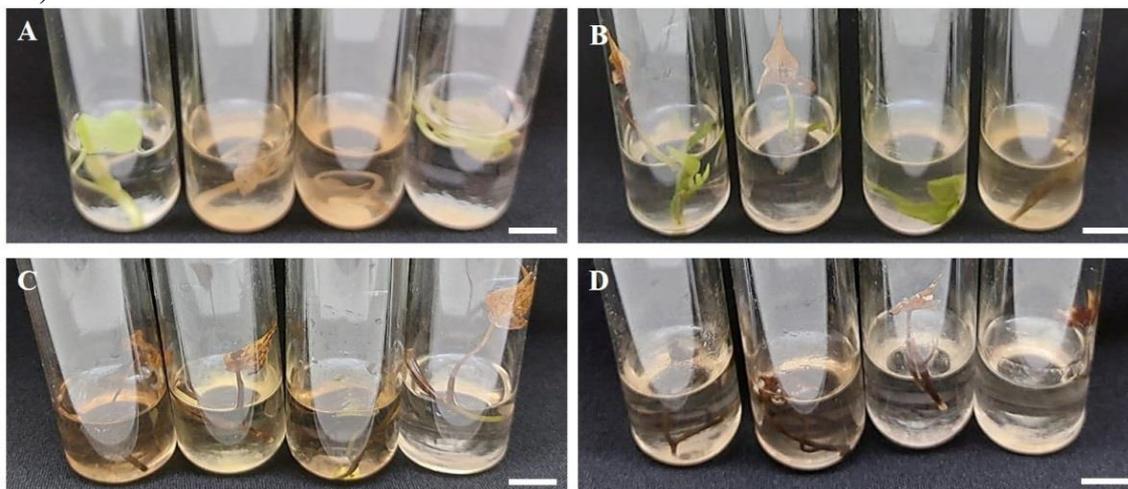
As massas frescas da parte aérea e da raiz (mg) foram quantificadas com o auxílio de uma balança de precisão. Posteriormente, esses materiais foram secos em estufa de circulação de ar forçado, com temperatura do ar constante em 65°C , por 72 horas, para a quantificação da massa seca da parte aérea e da raiz (g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) empregando-se o teste F. Os dados qualitativos foram submetidos à comparação de médias através do teste de Tukey, calculando-se a diferença mínima significativa ao nível de 1% de probabilidade e, quando verificado efeito, realizou-se análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Software ASSISTAT 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2016) e o Microsoft Excel (2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os explantes dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 (Controle, 30, 60 e 80 g L⁻¹ de sacarose respectivamente, em meio de cultura líquido) não apresentaram qualquer tipo de desenvolvimento, sendo que todas as plântulas ficaram submersas no meio de cultura líquido (Figura 1) o que acarretou a oxidação e morte das plântulas *in vitro*.

Figura 1 - Concentrações de sacarose em meio de cultura líquido com explantes de batata-doce var. Campina *in vitro*. A: Tratamento T1 (sem adição de sacarose). B: T2 (30 g L⁻¹ de sacarose) C: T3 (60 g L⁻¹ sacarose) D: T4 (80 g L⁻¹ sacarose). (Barra = 1 cm).



Fonte: Autor, 2022.

Segundo Nascimento *et al.* (2012), trabalhando com carobinha (*Jacaranda decurrens*), observaram que os explantes inoculados em meio líquido, que ficaram permanentemente em contato como o meio de cultura, também foram oxidados, tendo apresentado necrose total após 20 dias de cultivo, o que pode ser explicado pelo estresse hidrodinâmico que tornou os explantes intumescidos e enegrecidos levando-os à morte (PEREIRA; FORTES, 2003). Desta forma, para futuros experimentos, pode-se sugerir o uso de um suporte, como papel filtro, a fim de evitar este problema.

Na avaliação realizada com os dados obtidos para os tratamentos realizados em meio de cultura sólido, aos 40 dias de desenvolvimento das plântulas, a análise de variância mostrou efeito significativo ($p < 0,001$) das concentrações de sacarose para todas as variáveis analisadas (Tabela 2).

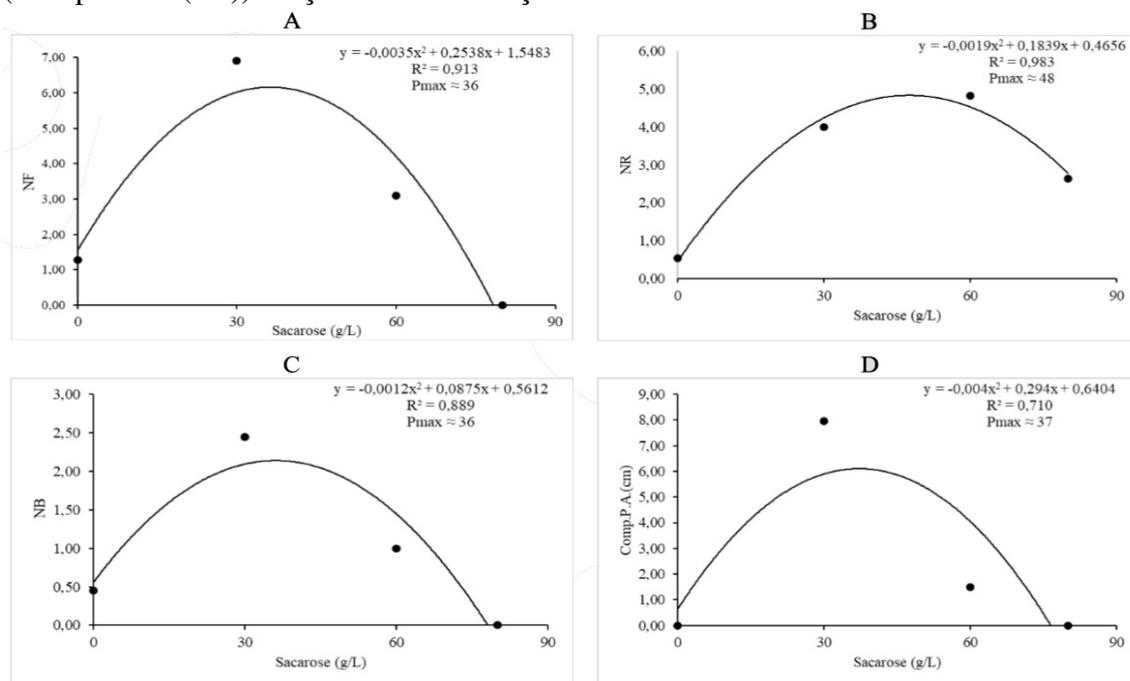
Tabela 2. Resumo da análise de variância de mudas de batata-doce var. Campina, para número folhas (NF), número de brotos (NB), número de raízes (NR), número de folhas senescentes (NFS), comprimento da parte aérea (CPA), Massa Fresca da parte aérea (MFA), massa fresca das raízes (MFR), massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca das raízes (MSR) em função de diferentes concentrações de sacarose.

FV	GL	Quadrado médio								
		NF	NB	NR	NFS	CPA	MFA	MFR	MSA	MSR
Trat.	3	99,52**	12,51**	38,36 **	8,93**	158,43**	1,20**	0,17**	0,020**	0,001**
Resíduo	40	0,700	0,136	0,722	0,186	0,570	0,010	0,0068	0,0001	0,0001
Total	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG		2,82	0,977	3,00	1,25	2,36	0,40	0,13	0,05	0,01
CV (%)		29,69	37,79	28,34	34,54	32,01	23,09	20,72	18,4	31,84

FV: Fonte de variação, GL: Grau de liberdade, CV (%): Coeficiente de variação, MG: média geral, **Significativo pelo teste F a 1%.

Para o número de folhas (NF), número de brotos (NB) e comprimento da parte aérea (CPA) resultados significativamente maiores foram obtidos para a concentração de 30 g L⁻¹ de sacarose (T6), com estimativas de pontos máximos em 36, 36 e 37 g L⁻¹, respectivamente. Para o número de raízes (NR), a concentração de 60 g L⁻¹ de sacarose (T7) foi a que proporcionou o melhor resultado, com uma estimativa de ponto máximo da função polinomial quadrática em 48 g L⁻¹ (Figura 2). Avaliando o cultivo *in vitro* de batata (*Solanum tuberosum*) com 0 g L⁻¹ e 30 g L⁻¹ de sacarose, Badr *et al.* (2011) observaram maior produção de biomassa de raízes, menor número de folhas e comprimento de parte aérea com a adição de 30 g L⁻¹ dessa fonte de carbono.

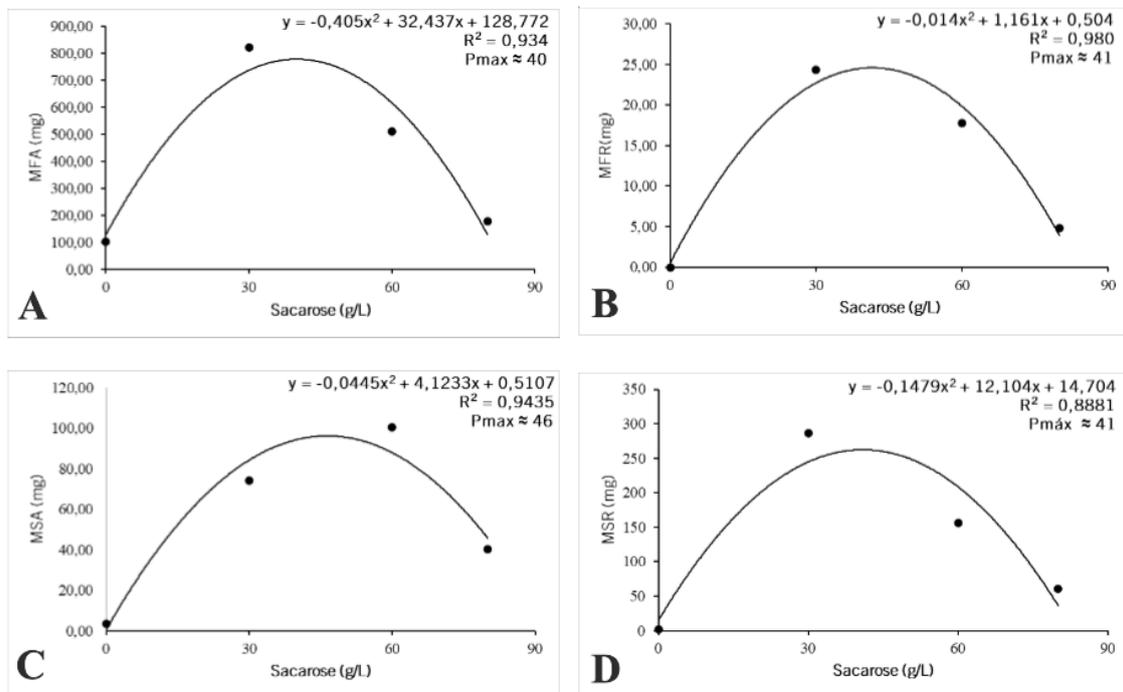
Figura 2 - A: Número de folhas (NF) em função da concentração de sacarose. B: Número de raízes (NR) em função da concentração de sacarose. C: Número de brotações (NB) em função da concentração de sacarose. D: Comprimento da parte aérea (Comp. P. A. (cm)) função da concentração de sacarose.



Fonte: Autor, 2022.

Para a massa fresca e seca das raízes (MFR e MSR) o tratamento T6 (30 g L⁻¹) foi o que proporcionou o melhor resultado quando comparado aos demais, com estimativas de pontos máximos em 41 g L⁻¹, indicando que suas raízes, mesmo não sendo as mais numerosas, foram as que se apresentaram como mais densas e volumosas (Figura 3). Segundo Calvete *et al.* (2002), em morangueiro, maiores quantidades de biomassa foram obtidas em plantas micropropagadas em meio de cultura contendo 45 g L⁻¹ de sacarose, quando comparadas àquelas submetidas a 15 e 30 g L⁻¹ de sacarose

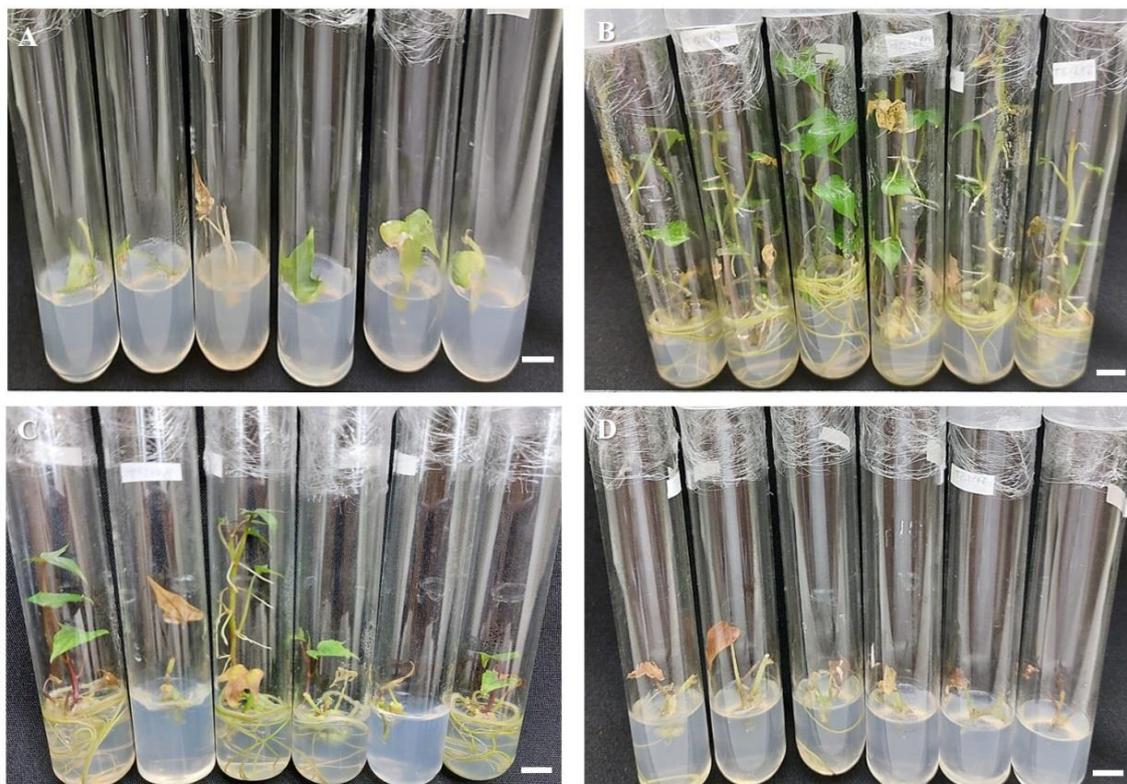
Figura 3 - Massa fresca e seca da parte aérea e das raízes de plântulas de batata-doce var. Campina, aos 40 dias de desenvolvimento *in vitro*. A: Massa fresca da parte aérea (mg) em relação a concentração de sacarose. B: Massa fresca da raiz (mg) em relação a concentração de sacarose. C: Massa seca da parte aérea (mg) em relação a concentração de sacarose. D: Massa seca da raiz (mg) em relação a concentração de sacarose.



Fonte: Autor, 2022.

Em relação à parte aérea o tratamento T7 (60 g L⁻¹), apesar de ter proporcionado a obtenção de uma menor massa fresca (MFA) quando comparado ao tratamento T6 (30 g L⁻¹), para a massa seca (MSA) ele (T7) foi o que possibilitou o maior acúmulo. No comparativo visual (Figura 4) pode-se verificar a diferença do efeito entre os tratamentos, sendo o T6 (30 g L⁻¹) aquele que possibilitou a obtenção dos melhores resultados em comparação aos demais.

Figura 4 - Plântulas de batata-doce var. Campina *in vitro*, aos 40 dias de desenvolvimento. A: Tratamento T5 (Sem adição de sacarose). B: Tratamento T6 (adição de 30 g L⁻¹ de sacarose). C: Tratamento T7 (adição de 60 g L⁻¹ de sacarose). D: Tratamento T8 (adição de 80 g L⁻¹ de sacarose). Barra = 1cm.



Fonte: Autor, 2022.

Esse maior acúmulo se deve, provavelmente, ao maior número de massa de calos presentes neste tratamento (T7) se comparado aos demais. Calvete *et al.* (2002) observaram aumento na massa seca da parte aérea das plantas à medida que a concentração de sacarose foi sendo elevada, o que foi parcialmente semelhante ao observado neste trabalho até a concentração de 60 g L⁻¹ de sacarose. Premkumar *et al.* (2001) afirmam que reservas acumuladas durante o cultivo *in vitro*, com o incremento da biomassa das plantas, podem ser utilizadas durante a fase de aclimatização.

Os resultados encontrados para o tratamento T5 (sem adição de sacarose) estão de acordo com Pereira *et al.* (2021), que enfatiza a importância de uma fonte exógena de carboidrato como fonte de energia para cultivo *in vitro*, já que nesta condição a realização de fotossíntese pode ser prejudicada, seja pela restrição luminosa ou pela redução da concentração de CO₂ dentro do frasco de cultivo. Abbot e Belcher (1986) acreditam que é necessário, ao menos, 30 g L⁻¹ de sacarose para que haja interação com BAP, o que corrobora com a grande diferença de resultado entre os tratamentos T5 e T6

neste experimento. Porém, estes mesmos autores obtiveram ainda melhores resultados utilizando a concentração de 60 g L⁻¹ de sacarose, o que não foi observado neste trabalho, em que os resultados do tratamento T6 (30 g L⁻¹) foram, significativamente, melhores que os resultados do tratamento T7 (60 g L⁻¹).

O tratamento com maior concentração de sacarose (80 g L⁻¹), à exceção do número de folhas e de brotos, proporcionou a obtenção de resultados superiores ao tratamento T5 (controle do meio sólido), demonstrando, mais uma vez, a importância da presença de uma fonte de carboidratos exógena. No entanto, seus resultados foram consideravelmente menos expressivos quando comparados aos tratamentos T6 (30 g L⁻¹) e T7 (60 g L⁻¹).

De acordo com Palmer e Smith (1970), grandes quantidades de sacarose podem causar efeito inibitório, principalmente, no desenvolvimento da parte aérea. Isto ocorre, provavelmente, por conta de uma inibição da síntese de clorofila, causando uma redução da capacidade fotoautotrófica destas plantas que foram cultivadas com altas concentrações de sacarose, causando uma grande redução no desenvolvimento da parte aérea (BANDEIRA, 2007; YAMADA; SATO, 1978). Tal afirmação também é apoiada por Pasqual (2001), que cita a ocorrência do aumento nas taxas de fotossíntese ao se reduzir as concentrações de sacarose de 40 para 10 g L⁻¹.

Apesar das diferenças significativas no desenvolvimento das plântulas e na massa fresca e seca finais, não foi observada a formação de microtúbera em nenhum dos tratamentos. Já a calogênese foi observada dos tratamentos T6 (30 g L⁻¹) a T8 (80 g L⁻¹), indicando a necessidade de uma fonte exógena de carboidratos para formação de calos, que foram induzidos pela alta concentração de BAP (BRASILEIRO, 2015).

5 CONCLUSÃO

Novos estudos devem ser realizados para ajustar a adaptação dos explantes de batata-doce de forma a permitir seu desenvolvimento em meio líquido.

Dentre as concentrações analisadas, a de 30 g L⁻¹ de sacarose foi a que proporcionou o maior desenvolvimento da batata-doce var. Campina *in vitro*.

REFERÊNCIAS

- ABOTT, A. J. & BELCHER M. A. R. Potato tuber formation *in vitro*. In: WITHERS, L. A. & ALDEPSON, P. G. **Plant tissue culture and its agricultural applications**. London, Butterworths, 1986. P.113-22
- AHMED, H.A.A.; ŞAHIN, N.K.; AKDOGAN, G.; YAMAN, C.; KOM, D.; URANBEY, S. Variability in Salinity Stress Tolerance of Potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties using *in vitro* screening. **Cienc. Agrotecnologia** 2020, 44, 1–14
- ANDRADE, E. K. V.; AZEVEDO, J. M. G.; COLA, M. P. A. SILVA, N. C. B. **Efeito de citocininas (BAP e Cinetina) como agentes promotores da calogênese em *A. cochliacarpus***. São José dos Campos - Paraíba, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR V. C.; VIANA D. J. S.; FERNANDES J. S. C.; FIGUEIREDO J. A.; NUNES U. R.; NEIVA I.P. Selection of sweet potato clones for the region Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p.584-589, 2012.
- ANDRADE, Solange Rocha Monteiro de. Princípios da cultura de tecidos vegetais - Planaltina: **Embrapa Cerrados, (Documentos 58)** p. 16. 2002
- ARALDI, R.; TANAKA, A.A.; SILVA, I.P.F.; JÚNIOR, J.F.S.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Controle da tuberação: fatores do meio e os hormônios vegetais. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 20, n. 1, p. 1-9, 2011.
- VIEIRA, R.A.; SILVA, C.M.; ELIEZER, S.R.; MACHADO, M.F.P; HATA, F.T.; MARCRUZ, F.S. Efeito de diferentes concentrações de BAP e Cinetina na micropropagação *in vitro* das variedades RB867515 e RB855156 de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Ornamental Horticulture**, v. 13, p. 1151-1154, 2007.
- BADR A; ANGERS P; DESJARDINS Y. 2011. Metabolic profiling of photoautotrophic and photomixotrophic potato plantlets (*Solanum tuberosum*) provides new insights into acclimatization. **Plant Cell, Tissue, and Organ Culture** 107: 13-24.
- BANDEIRA, J. M.; LIMA, C. S. M.; RUBINI, S. Diferentes tipos de vedações dos frascos e concentrações de sacarose na micropropagação de *Thymus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, suplemento 2, p.472-4, 2007.
- BEZERRA, R. M. F.; ALOUFA, M. A. I.; FREIRE, F. A. M. Efeito de 6 benzilaminopurina sobre a propagação *in vitro* de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (Fabaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 771-778, 2014.
- BRAHM, R.U.; OLIVEIRA, R.P. Potencial de multiplicação *in vitro* de cultivares de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.507-510, 2004
- CALVETE E. O.; KÄMPF A. N.; SUZIN M. 2002. Concentração de sacarose no enraizamento *in vitro* de morangueiro. **Horticultura Brasileira** 20: 186-191.

CHAGAS, E. A.; FLORES, S.P; CHAGAS, P.C; COUCEIRO, M.A; PASQUAL, M. PIO, R.; ARAÚJO, M.C.R; *et al.* Frutíferas nativas da Amazônia. In: PASQUAL, M.; CHAGAS, E. A, **Cultura de Tecidos em Espécies Frutíferas**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2016, p. 89-109

CID, L. P. B. **Cultivo *in vitro* de plantas**. Brasília, DF: Ed. 4. Embrapa, 2015. 321 p.

COELHO, M.S.; GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A.; PACHECO, S.; BORGUINI, R.G.; GODOY, R.L. de O. Teor de carotenoides de três variedades de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) cultivadas sob sistemas de produção orgânico e convencional. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

DALLAGNOL, L. J. **Resistência genética: de plantas a patógenos**. Pelotas: Ed. UFPel, 2018. 437p.

EWING, E. E. The role of hormones in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization. Em: DAVIES, P. J. **Plant hormones and this role in plant growth and development**. Dordrecht, Kluwer, 1998. p. 515-538.

FERNANDES, A. M.; MELLO, A.F.S; MOURA, A.P.; LOPES, C.A.; ECHER, F.R.; SANTOS, F.H.C; AMARO, G.B.; *et al.* Sistema de Produção de Batata Doce. Embrapa, **Sistemas de Produção**, Versão Eletrônica Feb/2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/8971369/Sistema+de+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Batata-Doce.pdf/4632fe60-0c35-71af-79cc-7c15a01680c9>. Acesso em: 13 jun. 2022.

FERREIRA, P. P. A.; MIOTTO, S. T. S. Sinopse das espécies de *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 440-453, 2009

FILHO, J. B. M. **Aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de batata doce**. 2021. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021

FOGAÇA, C. M.; SANT'ANNA-SANTOS, B.F.; CORDEIRO, D.C.; CORREIA, T.D.; FINGER, F.L.; OTONI, W.C.; CARGNIN, A. Microtuberização *in vitro* de cultivares de mandioca: aspectos morfológicos e anatômicos. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo. v. 24, n. 3, Jul/Set 2010.

HAZARIKA, B.N. Acclimatization of tissue-cultured plants. **Curr. Sci.**, Stamford, v. 85, n. 12, p. 1704-1712, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018**: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2020

IBGE. SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acessado em: 13 de junho de 2022.

MAHENDRA, R.; CHAUHAN, N.; SHARMA, J.B.; RANA, K.; BAKSHI, M. *Ex vitro* establishment of tissue cultured plants in fruit crops-A review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, p. 3321-3329, 2020.

MARTINS FILHO, José Bonifácio. **Aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de batata doce**. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MELLO, Marcia Ometto de. **Utilização das fontes de carbono, sacarose, galactose, sorbitol e glicerol por células *in vitro* de plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 94p.

MURASHIGE, T. e SKOOG, F. A revised médium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiology Plantarum**, v. 15, n. 3, p.473-497, 1962

NASCIMENTO, M.M.; FERREIRA, M.A.C.; MALOSSO, M.G. Produção de mudas de carobinha (*Jacaranda decurrens* Cham.) em sistema de imersão temporária com biorreatores do tipo R.I.T.A. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.14, n.2, p.414-417, 2012.

NEVES, R. J.; DINIZ, R. P.; OLIVEIRA, E. J. Productive potencial of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) propagated by leaf buds. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.1733-1747, 2018.

NUNES, HENDRIE FERREIRA. **Batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] nas roças e quintais do litoral paulista: diversidade genética morfoagronômica, com base em morfometria geométrica, descritores e produção de bioetanol**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, L. M.; MAGDI, R. P.; ALOUFA, A. I.; CASTRO, E. M.; SANTANA, J. R. F.; NOGUEIRA, R. C. Efeitos de citocininas sobre a anatomia folhar e o crescimento de *Annona glabra* L. durante o cultivo *in vitro* e *ex vitro*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1447-1451, 2008

PALMER, C. E.; SMITH, O. E. Effect of kinetin on tuber formation on isolated stolons of *Solanum tuberosum* L. cultured *in vitro*. **Plant and Cell Physiology**, Volume 11, Issue 2, March 1970, Pages 303–314.

PASQUAL, M. **Cultura de tecidos vegetais: tecnologia e aplicações**. Meios de cultura. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 74p.

PEREIRA, E.J.; ROQUE, J.L.; SOUSA, B.S.; NEVES, J.S.F.; SOUZA, M.L.; PORTO, J.M.P.; BRAGA, F.T. Reguladores vegetais e sacarose na germinação *In Vitro* de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 18812-18825, 2021.

PEREIRA, J.E.S.; FORTES, G.R.L. Protocolo para a produção de material propagativo de batata em meio líquido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p.1035-43, 2003.

PREMKUMAR A; MERCADO JA; QUESADA MA. 2001. Effects of *in vitro* tissue culture conditions and acclimatization on the contents of Rubisco, leaf soluble proteins, photosynthetic pigments, and C/N ratio. **Journal of Plant Physiology** 158: 835-840.

RESCAROLLI, C. L. S.; ZAFFARI, G. R. Produção de mudas de *Etilingera elatior* (Jack) R. M. Sm. Através da cultura de tecidos vegetais *in vitro*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 2, p. 190-195, 2009.

RODRIGUES-OTUBO, B.M.; FILHO, J.A.U.; SIQUEIRA, W.J.; DOMINGUES, E.T.; GRANJA, N.P.; FILHO, H.S.M. Respostas de diferentes genótipos de batata à tuberização *in vitro*. **Bragantia**, Brasília (DF), v. 58, p. 227-233, 1999.

SCHUMACHER, P.V.; MOTA, J.H.; YURI, J.E.; RESENDE, G.M. Competição de cultivares de batata-doce em Jataí-GO. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S2720-S2726, jul. 2012., 2012.

TEIXEIRA, DJALMA MIRANDA CARVALHO. **Influência do N, sacarose, BAP e idade da plântula sobre a minituberização de batata (*Solanum tuberosum* L. cv Bintje) *in vitro***. 1989. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, MG.

VASCONCELOS, J.M; SALDANHA, C.W; DIAS, L.L.C; MALDANER, J.; RÊGO, L.C.; SILVA, L.C.; OTONI, W.C. *In vitro* propagation of Brazilian ginseng [*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen] as affected by carbon sources. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 50, n. 6, p. 746-751, 2014.

YAMADA, Yasuyuki; SATO, Fumihiko. The photoautotrophic culture of chlorophyllous cells. **Plant and Cell Physiology**, v. 19, n. 4, p. 691-699, 1978.