



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

DAVI RODRIGUES OLIVEIRA

MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Anacardium othonianum*
UTILIZANDO SOLUÇÃO ANTIOXIDANTE E CÂMARA ÚMIDA

FORTALEZA

2019

DAVI RODRIGUES OLIVEIRA

MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Anacardium othonianum* UTILIZANDO
SOLUÇÃO ANTIOXIDANTE E CÂMARA ÚMIDA

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

Coorientadora: Dra. Ana Cecília Ribeiro de Castro.

FORTALEZA

2019

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

O46m Oliveira, Davi Rodrigues.
Métodos de propagação vegetativa de *Anacardium othonianum* utilizando solução antioxidante e câmara úmida / Davi Rodrigues Oliveira. – 2019.
59 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.
Coorientação: Profa. Dra. Ana Cecília Ribeiro de Castro.

1. Caju. 2. Estaquia. 3. Enxertia. 4. Fenólicos. I. Título.

CDD 630

DAVI RODRIGUES OLIVEIRA

MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Anacardium othonianum* UTILIZANDO
SOLUÇÃO ANTIOXIDANTE E CÂMARA ÚMIDA

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Aprovada em: 27/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Cleber Medeiros de Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Ana Cecília Ribeiro de Castro (Coorientadora)
Embrapa Agroindústria Tropical (EMBRAPA -CNPAT)

Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi
Embrapa Agroindústria Tropical (EMBRAPA -CNPAT)

Ma. Gislane Mendes de Moraes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Ao meu avô, Joaquim Teixeira Matos de
Oliveira, *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sua graça e soberana vontade que me faz trilhar um caminho de propósito, muito mais excelente do que minha mente poderia conceber, em que sou desafiado e moldado a cada passo. Sem Ele nada poderia fazer, por isso o dedico toda a honra.

À minha família, que como costume dizer são meus “bastidores” em todo tempo, pelo amor incondicional que resulta no apoio e suporte necessários para que eu seja bem sucedido em tudo que me proponho a fazer. Mais especificamente ao meu pai, José Nildo, meus irmãos, Daniel e Debora, minhas tias/mães, Arlene, Tereza e Osana e em especial minha tia/mãe Ivanilda, que tira forças até de onde não tem para me fazer forte.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade e por todos os recursos disponibilizados à minha formação.

À Embrapa Agroindústria Tropical, pela oportunidade de estágio concedida e por todos os recursos necessários para a realização do trabalho.

À minha coorientadora Dra. Ana Cecília, a quem admiro. Obrigado pela ótima orientação. Por me dar a oportunidade de crescer como profissional e como pessoa, sendo dura, paciente, compreensiva e me motivando no momento e na medida certa. E por me mostrar que o meu limite vai mais além do que eu acreditava ser.

Ao meu orientador Prof. Dr. Márcio Cléber, pela ótima orientação, pela disponibilidade, atenção, compreensão e por todo o conhecimento repassado durante a minha graduação.

Ao Dr. Carlos Taniguchi, pela atenção, paciência e prestatividade. Sua contribuição foi de fundamental importância para concretização desse trabalho.

À Gislane Mendes (Gigi), pela receptividade e amizade, por toda a ajuda e contribuição para esse trabalho.

À Dra. Celli Rodrigues Muniz, pela disponibilidade e ajuda fundamental nas análises de Microscopia e ao Dr. Guilherme e Dr. Johny pela colaboração nas análises quimiométricas.

Aos técnicos Dão, Justino e Erivaldo pela atenção, cuidado e experiência na coleta de garfos e nas enxertias realizadas no Campo Experimental de Pacajus.

À “família caju”, Júnior, Pedro, Alana, Helísia, Luciana, Caetano, Stefanni, Iago, “Bibels”, Paulo e “Família melão” e Dayana por toda a ajuda, apoio e momentos valiosos durante esse período, na realização desse trabalho, em especial ao Ravelly pela indicação e

pela contribuição nas fotos.

À minha cunhada Luana e ao Régis por todo o apoio e ajuda na elaboração desse trabalho.

Ao Honório Neto, vulgo “Chris”, meu parceiro de todas as horas, que foi meu braço direito durante toda a graduação. Obrigado por todo o apoio, sua amizade foi muito importante durante toda essa jornada. Saio da graduação com um irmão.

À Cru Campus, que me fez enxergar a universidade muito além de um diploma. Em especial, agradeço ao Renato, Erick, Pedro, Bispo e Val que me apoiaram mais de perto durante esse período.

Aos meus amigos de graduação, em especial ao Reuel e a Adriana por todos os momentos que desfrutamos durante esse período.

A todos que, porventura, eu tenha esquecido de colocar nessa lista, obrigado.

“O caminho para o sucesso não é uma linha
reta.”

Danny Meyer

RESUMO

A cultura do cajueiro possui expressiva relevância socioeconômica para o Nordeste brasileiro. Diante dessa importância, foi estabelecido o Banco Ativo de Germoplasma do Cajueiro, sendo a maioria dos acessos da espécie *Anacardium occidentale* L., mas também há outras espécies, importantes para expansão da base genética dessa cultura, como a *Anacardium othonianum* Rizz. Atualmente os acessos estão sendo replantados em área contígua, visando o seu resgate e rejuvenescimento. A clonagem é feita por enxertia para os acessos de *A. occidentale*, contudo, não há metodologia viável para os acessos da espécie *A. othonianum*. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a viabilidade das técnicas de enxertia, observando-se a compatibilidade entre genótipo-copa x genótipo porta-enxerto, e estaquia, buscando-se identificar e correlacionar diferenças entre perfis anatômicos e metabólicos, na propagação da espécie *A. othonianum*. Para o experimento de estaquia utilizou-se estacas de dois acessos de *A. othonianum* (B 144 e B 626) e de uma cultivar *A. occidentale* (CCP 76), submetidas a tratamentos com e sem solução antioxidante, incubadas com e sem câmara úmida. As estacas foram avaliadas quanto aos aspectos anatômicos (microscopia óptica e eletrônica de varredura); e seus extratos foram submetidos à análise quimiométrica. No experimento de enxertia, utilizou-se como enxertos os mesmos acessos supracitados, tratados com solução antioxidante e como porta-enxertos os acessos B 194 e B 626 (*A. othonianum*) e a cultivar CCP 06 (*A. occidentale*). Também foram avaliadas a taxa de sobrevivência e índices de crescimento, tanto das estacas quanto de mudas enxertadas. De modo geral, as estacas tratadas com solução antioxidante apresentaram tecidos mais íntegros, menos oxidados, mas sem sucesso no enraizamento. As estacas escureceram e secaram gradativamente até a mortalidade, impossibilitando a análise estatística dos dados. A partir de imagens de microscopia foi evidenciada a oxidação e desintegração de tecidos meristemáticos, mesmo em áreas de multiplicação mitótica visível, e a partir da análise quimiométrica, observou-se diferenças na composição metabólica entre as estacas tratadas e não tratadas com solução antioxidante. Para enxertia, independentemente do porta-enxerto utilizado, as mudas do acesso B 144 não sobreviveram e a taxa de sobrevivência do B 626 foi baixa em relação ao CCP 76. Dentro das condições experimentais, conclui-se que a estaquia não foi viável para resgate de acessos da espécie *A. othonianum*. O uso de solução antioxidante reduz a degradação das estacas, mas não o suficiente para promover o enraizamento. Torna-se possível a obtenção de clones de alguns acessos de *A. othonianum* por meio da enxertia por

garfagem lateral, quando a planta fornecedora de enxertos possui características de caule e ramos menos lignificados.

Palavras-chave: Caju. Estaquia. Enxertia. Fenólicos.

ABSTRACT

The cashew tree culture has significant socioeconomic relevance for the Brazilian Northeast. Given this importance, the Active Bank of Cajueiro Germplasm was established, being most of the accesses of the species *Anacardium occidentale* L., but also other species, important for expansion of the genetic base of this culture, like the *Anacardium othonianum* Rizz. Currently the accesses are being replanted in a contiguous area, aiming at their rescue and rejuvenation. Cloning is done by grafting for the accessions of *A. occidentale*, however, there is no viable methodology for the accesses of the species *A. othonianum*. In this context, the objective was to evaluate the viability of grafting techniques, observing the compatibility between genotype-crown and root-graft genotype and cutting, aiming to identify and correlate differences between anatomical and metabolic profiles in the propagation of species *A. othonianum*. For the cutting experiment, cuttings of two accessions of *A. othonianum* (B 144 and B 626) and one cultivar *A. occidentale* (CCP 76) were submitted to treatments with and without antioxidant solution incubated with and without a humid chamber. Stakes were evaluated for anatomical aspects (optical microscopy and scanning electron microscopy); and its extracts were submitted to the chemometric analysis. In the grafting experiment, the aforementioned accessions, treated with antioxidant solution and B 194 and B 626 (*A. othonianum*) and cultivar CCP 06 (*A. occidentale*) were used as grafts as grafts. The survival rate and growth rates of both cuttings and grafted seedlings were also evaluated. In general, the stakes treated with antioxidant solution showed more intact tissues, less oxidized, but without success in rooting. The cuttings darkened and dried gradually until mortality, making impossible the statistical analysis of the data. From microscopy images, the oxidation and disintegration of meristematic tissues were evidenced, even in areas of visible mitotic multiplication, and from the chemometric analysis, differences were observed in the metabolic composition between the treated and untreated stakes with antioxidant solution. For grafting, regardless of the rootstock used, the B 144 access seedlings did not survive and the B 626 survival rate was low in relation to the CCP 76. Within the experimental conditions, it was concluded that the cutting was not viable for ransom of accesses of the species *A. othonianum*. The use of antioxidant solution reduces the degradation of cuttings, but not enough to promote rooting. It is possible to obtain clones from some accessions of *A. othonianum* by lateral grafting, when the graft-supplying plant has stem characteristics and less lignified branches.

Keywords: Cashew. Cutting. Grafting. Phenolics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Importância econômica do cajueiro	13
2.2	Conservação da diversidade genética	14
2.3	Cajuzinho do Cerrado (<i>Anacardium othonianum</i> Rizz.)	15
2.4	Propagação vegetativa nas atividades de rotina do Banco	16
2.5	Metabólitos secundários: Compostos fenólicos	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Localização do experimento	20
3.2	Primeiro experimento: Estaquia	20
3.2.1	<i>Delimitação experimental e tratamentos</i>	20
3.2.2	<i>Coleta e preparo das estacas</i>	21
3.2.3	<i>Condução do experimento</i>	21
3.2.3.1	<i>Caracterização da epiderme por microscopia</i>	22
3.2.3.2	<i>Análise de compostos fenólicos</i>	23
3.3	Segundo experimento: Enxertia	23
3.3.1	<i>Delimitação experimental e tratamentos</i>	23
3.3.2	<i>Preparo dos porta-enxertos e garfos</i>	24
3.3.3	<i>Realização da enxertia</i>	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Estaquia	26
4.1.1	<i>Microscopia</i>	27
4.1.2	<i>Análise de compostos fenólicos</i>	38
4.2	Enxertia	49
5	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional aumenta a demanda por alimentos, matérias-primas e energia, fazendo com que haja expansão das fronteiras agrícolas. Isso tem gerado uma pressão sobre o Cerrado brasileiro, onde sua vegetação nativa vem sendo suprimida e substituída por áreas destinadas à agropecuária, provocando significativa redução dessa vegetação, além da rápida degradação dos recursos naturais desse bioma, comprometendo assim a conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável do País.

O Cerrado brasileiro é caracterizado pela presença de vegetação rasteira, como gramíneas, mas também possui alguns arbustos e árvores de casca grossa e galhos retorcidos, com folhas largas e sistema radicular profundo, além de apresentar estratégias de adaptação à seca. Dentre as espécies da flora deste bioma, encontram-se algumas frutíferas, como cajueiros típicos da região, *Anacardium othonianum*, *Anacardium humile*, *Anacardium nanum* e *Anacardium corymbosum*.

O cajueiro do Cerrado (*A. othonianum* Rizz.) se destaca pela importância para a região, tanto para a alimentação quanto pelas propriedades medicinais de seus frutos, pseudofrutos, casca, folhas e flores. Em média, as árvores de *A. othonianum* têm 3 a 4 m de altura e folhas elípticas, coriáceas e glabras. As brácteas são frondosas e peludas, com pétalas estreitas, alongadas e avermelhadas. As flores masculinas florescem no início da fase de floração, enquanto as hermafroditas emergem perto dos estágios finais de floração e são polinizados por abelhas e vespas.

O caju do Cerrado é uma espécie bastante produtiva e sua propagação é predominantemente feita por meio de sementes, as quais possuem fácil germinação, no entanto, de forma lenta e irregular. Atualmente, a espécie *A. othonianum* está inclusa no acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Caju (BAG-Caju), criado pela Embrapa, na década de 80, o qual tem como função principal conservar genótipos da espécie *A. occidentale* (espécie cultivada comercialmente) e seus parentais, além de coletar, multiplicar, caracterizar morfo-agronomicamente e documentar os acessos.

No BAG-Caju o principal meio de propagação vegetativa dos acessos *A. occidentale* nas atividades de introdução de germoplasma, multiplicação e conservação ocorre por meio da enxertia por garfagem lateral. No entanto, essa metodologia é ineficiente para os acessos de *A. othonianum*, devido a diversos fatores, dentre eles a oxidação de tecidos, diretamente ligada a presença e quantidade de compostos fenólicos. Fato este observado por Silva Junior (2017), que sugere o uso de soluções antioxidantes na propagação dessa espécie.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade das técnicas de enxertia por garfagem lateral, observando a compatibilidade entre genótipo copa e genótipo porta-enxerto; e estaquia caulinar, buscando identificar e correlacionar diferenças entre perfis anatômicos e metabólicos de estacas de cajueiro, na propagação vegetativa da espécie *Anacardium othonianum* com o uso de solução antioxidante e câmara úmida, tendo em vista a obtenção de clones de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Caju (BAG-Caju).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica do cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta pertencente à família Anacardiaceae, xerófila, rústica e típica de clima tropical. Trata-se de uma frutífera nativa do Nordeste brasileiro, adaptada às condições de temperaturas elevadas, solos pouco férteis e ocorrência de estresse hídrico (ARAÚJO, 2015). A cultura do cajueiro possui uma relevância socioeconômica em nível mundial e o principal produto é a amêndoa da castanha do caju (ACC).

Em 2017, a produção de ACC foi superior a 3,97 milhões de toneladas, em mais de 5,98 milhões de hectares colhidos ao redor do mundo. Destacando-se a produção do Vietnã; Índia; Costa do Marfim e Filipinas que, juntos, contribuíram com 64% do valor total. O Brasil ocupou a 9ª posição, contribuindo com aproximadamente 3,36% da produção mundial, isto é, o equivalente a mais de 133 mil toneladas, em uma área de 488,491 mil ha colhidos (FAO, 2019).

A importância econômica e social do cajueiro no Brasil acontece majoritariamente na Região Nordeste, que é responsável por mais de 98% da produção nacional de castanha de caju (CC). Desse percentual regional, 89% provém dos estados do Ceará (60,76%), Rio Grande do Norte (15,39%) e Piauí (15,21%), considerados como principais produtores (IBGE, 2019). Ressalta-se ainda, a contribuição da cultura na geração de emprego e renda para estes estados, que em período seco, na entressafra das culturas anuais, de acordo com Pessoa e Leite (2019), confere papel estratégico na redução da sazonalidade na renda e na ocupação da mão de obra.

Uma característica importante do agronegócio do caju é a diversidade de derivados oriundos da castanha e do pedúnculo. Da castanha (o fruto verdadeiro), obtêm-se a amêndoa e o líquido da casca da castanha de caju (LCC). Ambos são, em grande parte, exportados na forma de amêndoa semiprocessada e óleo bruto, respectivamente. O pseudofruto (ou pedúnculo), por sua vez, proporciona a obtenção de inúmeros produtos como a cajuína, o suco integral, néctares, licores, refrigerantes, aguardente e doces de diferentes modalidades: em massa, em calda, seco e tipo ameixa (PESSOA; LEITE, 2019).

A exploração econômica do cajueiro é de grande importância para a Região Nordeste, mas a atividade vêm apresentando sinais de declínio, com baixa produtividade e lucratividade, situação que foi agravada pelo período de seca nos últimos anos, em que a

menor perda de área cultivada foi observada no estado do Ceará, onde pomares de cajueiro comum antigos já vêm sendo substituídos por cultivares mais produtivas e adaptadas. Para que os programas de melhoramento de caju tenham subsídios para produzirem clones adaptados à diferentes ambientes e condições de cultivo, há necessidade de diversidade genética, quantificada e disponível aos melhoristas.

2.2 Conservação da diversidade genética

Muitas espécies vegetais de ocorrência natural, mesmo consideradas socialmente relevantes e de potencial econômico, tendem a uma redução populacional em decorrência da exploração irracional de seus habitats. Com a supressão desses recursos genéticos, muitos genes favoráveis e características de interesse agrônômico, tais como alta produtividade e resistência à pragas e doenças, podem vir à extinção (CASTRO *et al.*, 2010).

Nesse contexto, a criação de bancos de germoplasma surge como uma importante alternativa na preservação dos recursos genéticos da biodiversidade. Em síntese, os bancos de germoplasma detêm um acervo para conservação do máximo de diversidade genética, que deve ser caracterizado e documentado para uso imediato ou futuro (SILVA *et al.*, 2012).

Diante da importância econômica do cajueiro, a Embrapa Agroindústria Tropical mantém o Banco de Germoplasma do Cajueiro, sendo a maioria do acervo constituída por acessos da espécie *Anacardium occidentale* L., mas também conserva acessos das espécies: *A. microcarpum* Duck, *A. othonianum* Rizz, *A. humile* St. Hil (CASTRO *et al.*, 2010), espécies essas, importantes na expansão da base genética para a obtenção de materiais adequados para promover a evolução de produtos comerciais (PAIVA *et al.*, 2003).

O uso da variabilidade contida no Banco de Germoplasma do Cajueiro tem sido muito importante para a cajucultura. Vários foram os caracteres já melhorados: produtividade, qualidade do pedúnculo, peso da amêndoa; resistência à doenças; redução do porte da planta; maior precocidade e alongamento do período de frutificação. Entre os diversos clones comerciais, destacam-se o CCP 06, CCP 09, CCP 76, CCP 1001, Embrapa 51, BRS 226 (PAIVA *et al.*, 2003).

Devido às características da planta, a coleção é mantida exclusivamente em campo, no Campo Experimental de Pacajus-CE, e as principais atividades no Banco consistem na conservação, coleta, caracterização e documentação dos acessos de cajueiro, que começaram a ser introduzidos na década de 1950 (CASTRO *et al.*, 2010), atualmente o Banco conserva 714 acessos.

2.3 Cajuzinho do Cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.)

A espécie *Anacardium othonianum* Rizz., pertence à família Anacardiaceae, é uma frutífera nativa do Cerrado brasileiro, conhecida comumente como cajuzinho do Cerrado, caju-de-árvore-do-cerrado ou cajuí. É uma árvore que, embora não seja cultivada comercialmente como a espécie *A. occidentale*, possui maior importância econômica entre as demais espécies de caju típicas do Cerrado brasileiro (VIEIRA *et al.*, 2010).

A coloração da fruta madura varia de amarelo para vermelho e a polpa branco-amarelada é consumida fresca ou transformada em subprodutos como sucos, licores, doces e infusões de álcool. A castanha (fruto verdadeiro) também é bastante apreciada depois de torrada e costuma ser consumida com sal (CORREA *et al.*, 2008). Apesar do pedúnculo e a castanha não serem considerados de alto valor nutricional, são importantes fontes de nutrientes para o homem do Cerrado (SILVA *et al.*, 2008). O grande potencial desta espécie de caju está associado, dentre outros fatores, a considerável apreciação de seus frutos e pseudofrutos pela população local, assim como, ao seu uso medicinal (VIEIRA *et al.*, 2006).

O cajueiro do Cerrado é uma planta andromonóica, ou seja, presença de flores masculinas e hermafroditas, com flores masculinas produzidas em maior número e cuja antese aparece associada ao seu agente polinizador, as abelhas (SANTOS *et al.*, 2007). Caracterizado com porte arbóreo, com altura entre 3 e 6 m e tronco com 20 a 40 cm de diâmetro. As folhas são elípticas, com base subcordata, glabras, coriáceas, apresentando pecíolos com 4-8 mm de diâmetro e limbo com dimensões entre 12-17 cm x 8-11 cm. As panículas são amplas e medem entre 15-25 cm x 15-20 cm e os pedicelos são curtos, variando entre 2 a 3 mm (RIZZINI, 1969).

Esta espécie é bastante produtiva, floresce de setembro a outubro e frutifica em novembro (FERREIRA, 1973). O fruto é um aquênio, cujo pedúnculo se desenvolve em pseudofruto, com variações em forma e cor (FERREIRA, 1973; DE PAULA; HERINGER, 1978; BRANDÃO *et al.*, 1992). O fruto tem 1,5 cm a 2,5 cm de comprimento por 1,2 cm a 1,5 cm de largura, profundamente escavado na parte central. O pedúnculo (pseudofruto) é suculento e ácido, possuindo de 3 a 4 cm de comprimento (RIZZINI, 1969).

O cajueiro do Cerrado é uma espécie bastante produtiva e suas sementes germinam com facilidade. No entanto, têm ocorrido grandes perdas da variabilidade genética desta espécie decorrentes das ações antrópicas, principalmente devido a destruição do habitat natural de populações destas plantas (VIEIRA *et al.*, 2006). Neste contexto, destaca-se a importância da pesquisa voltada para busca de métodos de conservação desta espécie, como a

propagação assexuada, a fim de assegurar que o cajueiro do Cerrado mantenha sua população e, conseqüentemente, sua variabilidade.

2.4 Propagação vegetativa nas atividades de rotina do Banco

A produção de mudas pode ser obtida sexuadamente, mediante a utilização de sementes, ou assexuadamente que, também denominada propagação vegetativa, é utilizada para obtenção de indivíduos geneticamente idênticos à planta-mãe. A propagação vegetativa se baseia na capacidade regenerativa de partes vegetativas das plantas, tais como: folhas, ramos, caule, brotações e raízes (FERRARI *et al.*, 2004).

Para as atividades de coleta ou mesmo na multiplicação de acessos, seja para intercâmbio de germoplasma, para duplicação ou rejuvenescimento do acervo, a recomendação é que a amostra seja oriunda de propagação vegetativa prioritariamente, pois garante uma amostragem do sítio de coleta sem necessitar um grande número de sementes para representar a variabilidade, uma vez que o cajueiro é uma árvore predominantemente alógama (PAIVA *et al.*, 2003).

Existem várias técnicas de propagação assexuada utilizadas em diversas culturas como enxertia, estaquia, alporquia, mergulhia e micropropagação. Contudo, a viabilidade do método utilizado depende da estação do ano, das condições fisiológicas da planta-mãe; do tamanho e tipo de propágulo; de substâncias de crescimento e também da espécie alvo (WENDLING, 2003).

Para a produção de mudas de cajueiro, o método de propagação vegetativa de maior viabilidade e o mais empregado é a enxertia por garfagem lateral ou em fenda cheia (CAVALCANTI JÚNIOR; CHAVES, 2001). A enxertia é feita basicamente a partir da junção de duas partes de diferentes plantas, ou seja, um porta-enxerto ou “cavalo” (planta que contribui com o sistema radicular) unido a um enxerto ou “cavaleiro” (planta que contém características nobres de interesse). Ao final desse processo, por meio da capacidade regenerativa de tecidos, continuam seu crescimento como um único ser (RIBEIRO *et al.*, 2005).

Em cajueiros (*A. occidentale*) já foram testados vários porta-enxertos para propagação de cultivares, constatando-se que a cultivar CCP 06 é a mais viável a um maior número de enxertos (SERRANO *et al.*, 2017). Para clonagem de acessos de *A. othonianum* entretanto, a enxertia usando o CCP 06 como porta-enxerto, da mesma forma utilizada em *A. occidentale*, não obteve resultados satisfatórios (SILVA JUNIOR, 2017).

A estaquia é um método rápido, mais simples e econômico que outras formas de propagação, na qual um ramo contendo gemas é retirado da planta alvo e plantado diretamente no substrato. É recomendado para muitas espécies de árvores frutíferas, mas pouco viável para o cajueiro. Poucos avanços foram obtidos com tentativas de enraizamento de estacas de cajueiro e ainda são insuficientes as informações quanto à aplicação de hormônios, tipos e manejo de estacas, uso de nebulização e formulação de substratos (CAVALCANTI JÚNIOR, 2013). De modo geral, sabe-se que as espécies *A. othonianum* e *A. occidentale* são de difícil enraizamento e apresentam alto grau de oxidação e presença de compostos fenólicos nas regiões meristemáticas (SILVA JUNIOR, 2017).

2.5 Metabólitos secundários: Compostos fenólicos

O metabolismo vegetal é determinado pelo conjunto de reações, na presença de enzimas específicas, que ocorrem continuamente nas células vegetais. Desse processo, uma grande quantidade de compostos químicos são produzidos, degradados ou simplesmente transformados. Estes compostos são classificados como metabólitos primários, macromoléculas essenciais aos seres vivos (lipídeos; protídeos e glicídios) ou metabólitos secundários, micromoléculas geradas a partir do metabolismo primário, que em geral apresentam estrutura complexa e baixa massa molecular (POSER, 2017).

Segundo Poser (2017), os metabólitos secundários, diferentes daqueles do metabolismo primário, podem ser encontrados em determinados grupos de plantas em concentrações relativamente baixas. De modo geral, esses compostos não aparentam ter importância direta em funções fundamentais e podem ser compreendidos apenas como subprodutos do metabolismo primário. No entanto, muitos estudos apontam que tais produtos secundários são necessários à sobrevivência e preservação das plantas, uma vez que estão diretamente envolvidos na defesa química do organismo vegetal em resposta às condições adversas inerentes ao ambiente.

De uma maneira geral, com base nas rotas biossintéticas, os metabólitos secundários podem ser divididos em três grandes grupos quimicamente distintos: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (FERRO *et al.*, 2014; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os compostos fenólicos consistem em substâncias constituídas por anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (LEE *et al.*, 2005). Trata-se de um grupo quimicamente heterogêneo, com cerca de 10.000 compostos, abrangendo desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização (FERRO

et al., 2014; TAIZ; ZEIGER, 2013). Levando em consideração o tipo da estrutura carbônica principal, podem ser classificados de acordo com a Tabela 1 (SIMÕES *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Classificação dos compostos fenólicos de acordo com a estrutura básica, em que C6 corresponde ao anel benzênico e CX à cadeia substituinte com X átomos de carbono.

Estrutura	Classes de composto fenólicos
C ₆	Fenóis simples, benzoquinonas
C ₆ -C ₁	Ácidos fenólicos
C ₆ -C ₂	Acetofenonas e ácidos fenilacéticos
C ₆ -C ₃	Fenilpropanoides: ácidos cinâmicos e compostos análogos, Fenilpropenos, cumarinas, isocumarinas e cromonas
C ₆ -C ₄	Naftoquinonas
C ₆ -C ₁ -C ₆	Xantonas
C ₆ -C ₂ -C ₆	Estilbenos e antraquinonas
C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoides e isoflavonoides
(C ₆ -C ₃) ₂	Lignanas
(C ₆ -C ₃ -C ₆) ₂	Biflavonoides
(C ₆ -C ₃) _n	Ligninas
(C ₆ -C ₁) _n	Taninos hidrolisáveis
(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	Taninos condensados

Fonte: Adaptado de Simões *et al.*, 2017.

Esses compostos são considerados multifuncionais. Dentre as funções mais importantes que desempenham nas plantas, destacam-se: a atuação na defesa contra herbívoros e patógenos; proteção contra a radiação ultravioleta; sinalizadores e ação alelopática; participação em mecanismos de atração de polinizadores ou dispersores de sementes; fornecimento de pigmentação; quelação de metais pesados tóxicos e propriedades antioxidantes contra radicais livres gerados durante a fotossíntese (FUMAGALI *et al.*, 2008; NUNES *et al.*, 2014).

A atividade antioxidante de compostos fenólicos se baseia em seu potencial redutor na captura e neutralização de radicais livres como hidroxila e peróxido, atuando conjuntamente com outros antioxidantes, vitaminas E e C, por exemplo. Além disso, também participam do processo de quelação de metais de transição, impedindo-os de atuarem como catalisadores na produção de radicais livres. E podem agir tanto inicialmente, quanto na etapa de propagação do processo oxidativo (SOUSA *et al.*, 2007; SOETHE *et al.*, 2016; ZUANAZZI, 2017).

Essa capacidade antioxidante, assim como outras funções dos compostos fenólicos, pode contribuir beneficemente para o desenvolvimento das plantas. Todavia, quando em interação com outros compostos endógenos, desbalanços podem ocorrer, prejudicando o crescimento de regiões meristemáticas e inibindo a formação de raízes, por exemplo (TROBEC *et al.*, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O trabalho foi dividido em dois experimentos, o primeiro foi conduzido no 2º semestre de 2018, na Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza – CE, coordenadas: 3° 44' S e 38° 33' W e 19,5 m acima do nível do mar; e o segundo foi conduzido no 1º semestre de 2019, no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus – CE, coordenadas: 4° 10'21'' S e 38° 27'38'' W. De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região dos dois experimentos é do tipo Aw.

3.2 Primeiro experimento: Estaquia

3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com tratamentos distribuídos em parcelas subdivididas: condição de cultivo (com e sem câmara úmida) nas parcelas; uso de antioxidante (com e sem solução antioxidante) nas subparcelas e três genótipos (acesso B 144, acesso B 626 e a cultivar CCP 76) nas subsubparcelas totalizando 9 tratamentos e 3 grupos controle (Tabela 2). Foram utilizadas 14 repetições, cada uma consistindo em um tubete contendo uma estaca.

Tabela 2 – Descrição de todos os tratamentos e grupos controle utilizados na montagem do primeiro experimento.

Tratamentos	Descrição
1	Com câmara úmida; Com solução; Acesso B 144
2	Com câmara úmida; Com solução; Acesso B 626
3	Com câmara úmida; Com solução; Acesso CCP 76
4	Com câmara úmida; Sem solução; Acesso B 144
5	Com câmara úmida; Sem solução; Acesso B 626
6	Com câmara úmida; Sem solução; Acesso CCP 76
7	Sem câmara úmida; Com solução; Acesso B 144
8	Sem câmara úmida; Com solução; Acesso B 626
9	Sem câmara úmida; Com solução; Acesso CCP 76
Controle 1 (C1)	Sem câmara úmida; Sem solução; Acesso B 144
Controle 2 (C2)	Sem câmara úmida; Sem solução; Acesso B 626
Controle 3 (C3)	Sem câmara úmida; Sem solução; Acesso CCP 76

Fonte: elaborada pelo autor.

3.2.2 Coleta e preparo das estacas

As estacas foram coletadas em plantas matrizes pertencentes ao Banco de Germoplasma do Cajueiro e ao jardim clonal do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical. As matrizes foram dois acessos da espécie *A. othonianum* (B 144 e B 626) e uma cultivar de *A. occidentale* (CCP 76). Foram coletadas, de cada matriz, 72 estacas de ponteiro, buscando manter o padrão de 10 a 15 cm de comprimento e 0,6 cm de diâmetro médio, contendo gemas apicais. No entanto, a escassez do material era um fator limitante na padronização das estacas que variavam consideravelmente quanto ao diâmetro e grau de lignificação.

Durante a coleta, as estacas foram padronizadas com duas a três folhas apicais cortadas transversalmente (para reduzir a transpiração), visando manter a atividade fotossintética até que houvesse o enraizamento. Além disso, parte das estacas foram imersas em solução antioxidante (1500 mg/l de ácido ascórbico), por 2 minutos (SILVA, 2011). Em seguida as estacas foram plantadas em tubetes com capacidade de 288 ml preenchidos com substrato comercial, comumente utilizado para a produção de mudas enxertadas no viveiro de mudas de cajueiro do Campo Experimental da Embrapa (Pacajus - CE).

3.2.3 Condução do experimento

Após o plantio, as estacas foram transportadas para a sede da Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza - CE). Onde permaneceram sob telado com 50% de sombreamento, sendo irrigadas manualmente duas vezes ao dia. De acordo com os tratamentos, parte das mudas eram mantidas sob câmara úmida durante o dia, por 8 horas.

A câmara úmida (Figura 1) era composta por uma estrutura elaborada a partir de canos de PVC, com dimensões de 70 cm x 120 cm x 120 cm, coberta por uma lona plástica transparente, umidificada por um umidificador de ar ultrassônico. Foram realizadas avaliações semanais quanto a aparência geral e pegamento, até 40 dias após o plantio (DAP).

Figura 1 – Câmara úmida utilizada no experimento.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

3.2.3.1 Caracterização da epiderme por microscopia

Para a caracterização das estacas quanto a resposta da epiderme ao longo do tempo, repetições das estacas igualmente submetidas a todos os tratamentos, foram utilizadas em análises destrutivas de microscopia óptica (MO) e eletrônica de varredura (MEV). Ao todo, foram realizadas três análises (Tempo 1 - T1; Tempo 2 – T2 e Tempo 3 – T3), com o intervalo de 2 a 3 dias entre cada tempo.

Visando à caracterização das estacas no momento de coleta em campo (Tempo 0 – T0), uma amostra de cada planta matriz utilizada foi fixada em solução Karnovsky, diluída em solução tampão cacodilato 0,2 M (pH 7,2), por 48 h, acondicionada em geladeira. Para manutenção de suas características até o momento da análise.

Para a realização dessas análises, seções transversais da base da estaca, de cada tratamento, foram obtidas por cortes finos a mão livre. O material destinado à MO foi preparado ainda fresco em lâminas com glicerina e sequencialmente observado em microscópio óptico Axioplan Zeiss, do qual, obtiveram-se imagens a partir do software ZEN. O material destinado à MEV passou por um processo de secagem em estufa à 48 °C, por 18 horas em média, e em seguida foi montado em suportes de alumínio e recoberto com platina em metalizadora. Por fim, foram levados ao microscópio eletrônico de varredura Tescan Vega 3 sob uma voltagem de aceleração de 15 KV.

As imagens obtidas, tanto por MO quanto por MEV, foram submetidas à análise descritiva comparativa em função dos diferentes acessos e dos diferentes tempos.

3.2.3.2 *Análise de compostos fenólicos*

Após a obtenção das amostras utilizadas para análise de microscopia, imediatamente o material, que sobrou da estaca de cada tratamento, foi embalado em papel alumínio e imerso em nitrogênio líquido, para em seguida ser armazenado em freezer à -80 °C.

O material, então, foi triturado utilizando nitrogênio líquido com auxílio de gral e pistilo. E em seguida foi submetido a um processo de secagem em estufa de circulação forçada de ar durante três dias a 40 °C, até peso constante. Uma vez secas, 50 mg de cada amostra foi pesada e transferida para tubos de ensaio, onde foram adicionados 4 ml de hexano em cada tubo, sendo em seguida agitado em vortex durante 1 minuto. A extração de compostos n polares foi realizada por meio de banho em ultrassons durante 20 min, a uma potência fixa de 135 W. Posteriormente o mesmo procedimento foi realizado utilizando solução etanol: água (7:3), em vez de hexano P.A. Os tubos de ensaio foram centrifugados a 3000 rpm durante 10 min, com a finalidade de decantar a parte não dissolvida. Da fração polar (metanólica), retirou-se 900 µl, filtrado em filtro de PTFE (politetrafluoretileno) de 0,22 µm e recolhido em um vial, completando o volume para 1 ml com uma solução padrão genisteína, para posterior injeção em um sistema de cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas UPLC-QToF-MS (Xevo, Waters) (LUZ *et al.*, 2018).

Os dados cromatográficos foram submetidos a uma avaliação quimiométrica por OPLS-DA e a identificação dos compostos foi realizada por meio de comparações com outros trabalhos da literatura.

3.3 Segundo experimento: Enxertia

3.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos distribuídos em esquema fatorial 3x3: nove combinações de porta-enxertos (B 144, B 626, CCP 06) e enxertos (B 144, B 626, B 634). Conjuntamente, foram utilizadas 4 repetições de 5 mudas, ou seja, 180 unidades experimentais, em que cada uma destas consistiu em um tubete contendo uma muda enxertada.

3.3.2 Preparo dos porta-enxertos e garfos

Como porta-enxertos, foram utilizados dois acessos de *A. othonianum* e uma cultivar de *A. occidentale*, regularmente usado como porta-enxerto em função de suas características favoráveis para devido fim (Tabela 3).

Foram coletados garfos de dois acessos de *A. othonianum* do BAG-Caju, escolhidos de acordo com a produtividade, e uma cultivar de *A. occidentale* (Tabela 3) com diâmetro semelhante ao caule dos porta-enxertos com três meses pós-germinação (6 mm).

Tabela 3 – Espécie, código de identificação e características gerais das plantas utilizados como porta-enxertos e enxertos no experimento. Pacajus, 2019.

Uso no experimento	Código de identificação	Espécie	Características
Porta-enxerto	B 194	<i>A. othonianum</i>	Caule tortuoso com grande quantidade de súber, com 2 m de altura, pedúnculos pequenos, de coloração alaranjada.
Porta-enxerto	CCP 06	<i>A. occidentale</i>	O pedúnculo é amarelo e a altura média é de 2,1 m. Cultivar usada tradicionalmente como porta-enxerto no viveiro.
Porta-enxerto e enxerto	B 626	<i>A. othonianum</i>	Caule aspecto rústico da espécie, porte alto típico de <i>A. occidentale</i> , frutos pequenos de coloração muito avermelhada/alaranjados. Muito produtiva.
Enxerto	B 144	<i>A. othonianum</i>	Caule tortuoso, com 2 a 3 m de altura. Pseudofrutos são pequenos, apresentam cor bem avermelhada e formato cônico. Folhas grandes de cor verde oliva.
Enxerto	CCP 76	<i>A. occidentale</i>	Porte baixo, altura média de 2,68 m e diâmetro médio da copa de 4,98 m. Pseudofrutos de coloração laranja-escuro, recomendado para o mercado de amêndoa.

Fonte: Silva Júnior (2017, com adaptações).

As sementes para produção dos porta-enxertos foram coletadas de frutos maduros, no BAG-Caju, no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, na safra de 2016. Logo em seguida, passaram por um processo de secagem ao ar, sendo sequencialmente semeadas em tubetes com capacidade de 288 ml, preenchidos com substrato comercial e uma semente por recipiente.

Todos os garfos coletados foram imersos em solução antioxidante (1500 mg/l de ácido ascórbico), onde permaneceram por 2 minutos, conforme metodologia estabelecida por Silva (2011).

3.3.3 Realização da enxertia

Três meses após a semeadura foi feita a enxertia. Selecionaram-se para porta-enxertos, as mudas que apresentavam boas características para a finalidade: com 0,6 cm de diâmetro, mais de 8 folhas verdes maduras, livres de patógenos e doenças e apresentando haste única e ereta entre 16 e 25 cm de altura.

Com a utilização de um canivete, realizou-se a abertura de uma fenda lateral no porta-enxerto cerca de 7 cm acima do colo do mesmo. Os garfos, coletados com cerca de 20 cm, foram reduzidos a 10 cm e unidos aos porta-enxertos, com o uso de fita plástica transparente, tanto para proteção quanto para manter enxerto e porta-enxertos em contato firme. Cobriram-se os enxertos com sacos plásticos para aumentar a umidade relativa nesta região, deixando um espaço na parte superior para o desenvolvimento das folhas. Após 15 dias, iniciou-se a retirada da câmara úmida (sacos plásticos). Ao final do experimento, com 45 dias, avaliou-se o percentual de sobrevivência das mudas. Por não apresentarem uma distribuição normal devido à elevada mortalidade, os dados foram transformados por meio da equação: $\sqrt{x+1}$. Sendo posteriormente submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo programa AgroEstat.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estaquia

Não houve enraizamento das estacas de nenhum genótipo submetido a qualquer tratamento avaliado, e conseqüentemente o percentual de sobrevivência das estacas foi nulo, o que impossibilitou a análise estatística dos dados. Apesar de ser a técnica mais viável para diversas frutíferas lenhosas, as estacas do cajueiro são difíceis de enraizar, até mesmo quando submetidas a hormônios enraizadores e ambiente com elevada umidade (JARA; COSTA, 2009).

Após o plantio, todas as estacas escureceram e secaram gradativamente até a total mortalidade (Figura 2). Campos *et al.* (2005) afirmam que essa mudança de coloração está, dentre outros fatores, relacionada à auto-oxidação de compostos fenólicos. Quando esse processo ocorre, são produzidas novas substâncias que, por sua vez, podem inibir a ação das auxinas e conseqüentemente dificultar o processo de enraizamento.

Figura 2 – Alteração na coloração da estaca do acesso B 144 em função da degradação de tecidos ao longo do tempo.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

O enraizamento de estacas está relacionado ao nível endógeno de auxinas, que são extremamente importantes para promover a formação de raízes, principalmente em espécies de difícil enraizamento. Sua aplicação na base das estacas pode aumentar a porcentagem de enraizamento e acelerar seu início, com maior quantidade e qualidade das raízes formadas. No entanto, dependendo da concentração, variável em cada espécie, pode ocorrer um efeito oposto, inibitório ou fitotóxico (VALMORBIDA *et al.*, 2008).

A oxidação de tecidos vegetais é comumente observada no cultivo *in vitro* de espécies lenhosas. Os tecidos lesados liberam os compostos fenólicos, que são oxidados pelas enzimas polifenoloxidasas, produzindo as substâncias que inibem o crescimento dos explantes ou os levam a morte.

Sousa *et al.* (2017) observaram oxidação de tecidos de microestacas obtidas de plântulas jovens de *A. othonianum*, propagado por meio de cultivo *in vitro*, mas ainda assim observaram o enraizamento. Foram testadas diferentes concentrações de carvão ativado, atuando como antioxidante no meio de cultivo, que até certa concentração diminuiu a porcentagem de oxidação, mas em concentrações mais altas, reduziu a taxa de crescimento da parte aérea e aumentou a oxidação dos explantes.

Além dos fatores mencionados, a morte das estacas neste experimento pode ter relação com diversas outras causas. A juvenildade dos tecidos vegetais (SASSO *et al.*, 2010), estágio ontogenético e idade cronológica (BACCARIN *et al.*, 2015) também podem ser fatores limitantes para a propagação de espécies de difícil enraizamento de estacas, como é o caso do cajueiro.

Segundo Martins *et al.* (2015), o potencial de enraizamento pode ser influenciado pelo tipo de estaca (herbácea ou lenhosa) e o clima (principalmente pela temperatura e umidade). Assim como pela época de obtenção das estacas, que varia de acordo com a espécie, podendo apresentar períodos de menor concentração de reservas na planta matriz. Gerando também variações no conteúdo dos co-fatores na formação e na acumulação de inibidores do enraizamento.

Silva (2011) constatou que o uso de ácido ascórbico como solução antioxidante pode ser efetivo na conservação de garfos de *A. occidentale* visando seu armazenamento para transporte e posterior estabelecimento por enxertia. No entanto, a mesma solução não foi eficiente para promover o estabelecimento das estacas. Segundo Hoffman *et al.* (1995) a forma de aplicação do antioxidante pode influenciar sua eficiência, de tal maneira que o efeito pode ocorrer apenas durante o período de imersão das estacas, mas após a colocação no substrato, a oxidação pode ocorrer novamente.

4.1.1 Microscopia

Nas fotografias de microscopia óptica estão evidenciadas as partes da anatomia da seção transversal dos ramos dos acessos estudados. São identificados: a casca, a periderme, o córtex, o floema primário, o câmbio vascular, o xilema e a medula.

Para o tratamento “Sem câmara, sem solução”, já a partir do T2, são observadas algumas zonas de desintegração de tecido (setas amarelas) e forte presença de materiais oxidados (Figura 3). De maneira geral, a oxidação tecidual já é observada a partir de T1. As imagens de MEV (Figura 4) também denotam áreas de desintegração (setas amarelas), principalmente, nos tecidos mais externos do cilindro, indicando que o felogênio é um dos primeiros tecidos a degradar-se em uma condição de sobrevivência descendente. Em T3, na Figura 3l, áreas da medula do cilindro também mostram-se comprometidas (seta amarela).

Para o tratamento “Com câmara, sem solução”, uma forte oxidação dos tecidos é observada a partir de T1, prolongando-se ao longo de T2 e T3, para os 3 acessos (Figura 5, setas brancas). Novamente, áreas de desintegração são nitidamente observadas (Figura 5h, seta amarela). Em T3, destacam-se a pungente oxidação das seções dos acessos e denotação de área necrosada no acesso B 626 (Figura 5l, seta amarela). A oxidação tecidual é observada mesmo sob MEV (Figuras 6e e 6i, setas brancas).

Nas imagens de MO obtidas das seções do tratamento “Sem câmara, com solução” (Figura 7), em comparação com as imagens dos acessos em T3 com T3 dos tratamentos anteriores, observou-se um menor grau de oxidação das seções, com tecidos um pouco mais claros e mais conservados. A qualidade da seção transversal do acesso B 626 se mostra bastante comprometida em T2 e para a cultivar CCP 76, em T1. O acesso B 144, de modo geral, apresenta menos áreas desintegradas, tanto quando comparado aos outros acessos, como quando comparado a si mesmo nos tratamentos anteriores. Essa maior integridade é corroborada sob MEV, principalmente em T3 (Figura 8k).

Para o tratamento “Com câmara, com solução”, em T3, áreas desintegradas são visualizadas no acesso B 626 (Figura 9l, seta amarela), mas, no geral, os tecidos mostraram-se mais conservados e menos danificados, fato observado também nas imagens de MEV (Figura 10).

A partir das imagens dos acessos tratados com solução antioxidante, de forma geral, observou-se tecidos mais íntegros, menos degradados ou oxidados. Sabe-se que a família Anacardiaceae apresenta ductos secretores de terpenos e de gomorresina (ductos resiníferos), tanto na região cortical quanto no floema (NAIR *et al.*, 1983; MACHADO; CARMELLO-GUERREIRO, 2001), que podem levar a um processo oxidativo, em tecidos injuriados ou submetidos a danos mecânicos. Esses ductos secretores foram também observados em raízes de cajueiro por Reis *et al.* (2014). Neste trabalho, as imagens de microscopia óptica (Figuras 3f, 3h, 3j, 3k, 3l) também mostram com nitidez, canais secretores, presentes na medula e no córtex dos ramos avaliados, corroborando as observações

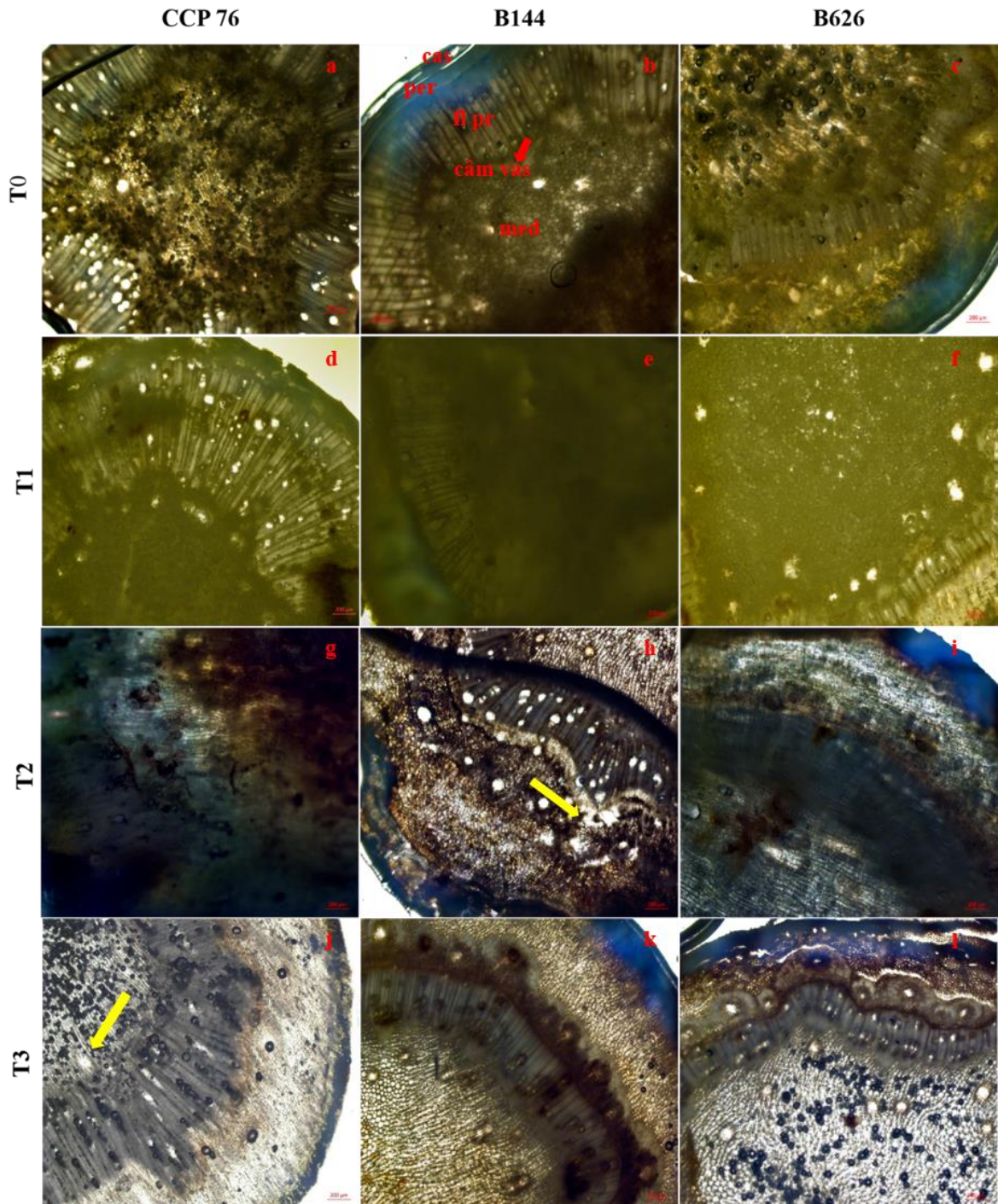
mencionadas. Porém, seriam necessários estudos específicos para identificar se a presença desses compostos poderia ou não estar influenciando a baixa taxa de instalação das estacas. Pimenta, Amano e Zuffellato-Riba (2017) sugerem que a oxidação de compostos fenólicos pode prejudicar a rizogênese e atrapalhar a estaquia.

Uma outra observação importante, é que o felogênio mostra-se bastante espesso e lignificado, e a periderme suberizada, o que pode dificultar a entrada de quaisquer substâncias externas à medula ou ainda, um possível processo de enraizamento, fato observado em videiras por Mayer *et al.* (2006).

A medula, talvez pudesse ser uma boa rota para a entrada de materiais adicionados ao substrato de cultivo em um possível processo de estaquia caulinar. Para a obtenção de futuras seções transversais para microscopia, a fratura criogênica em nitrogênio líquido poderia ser tentada.

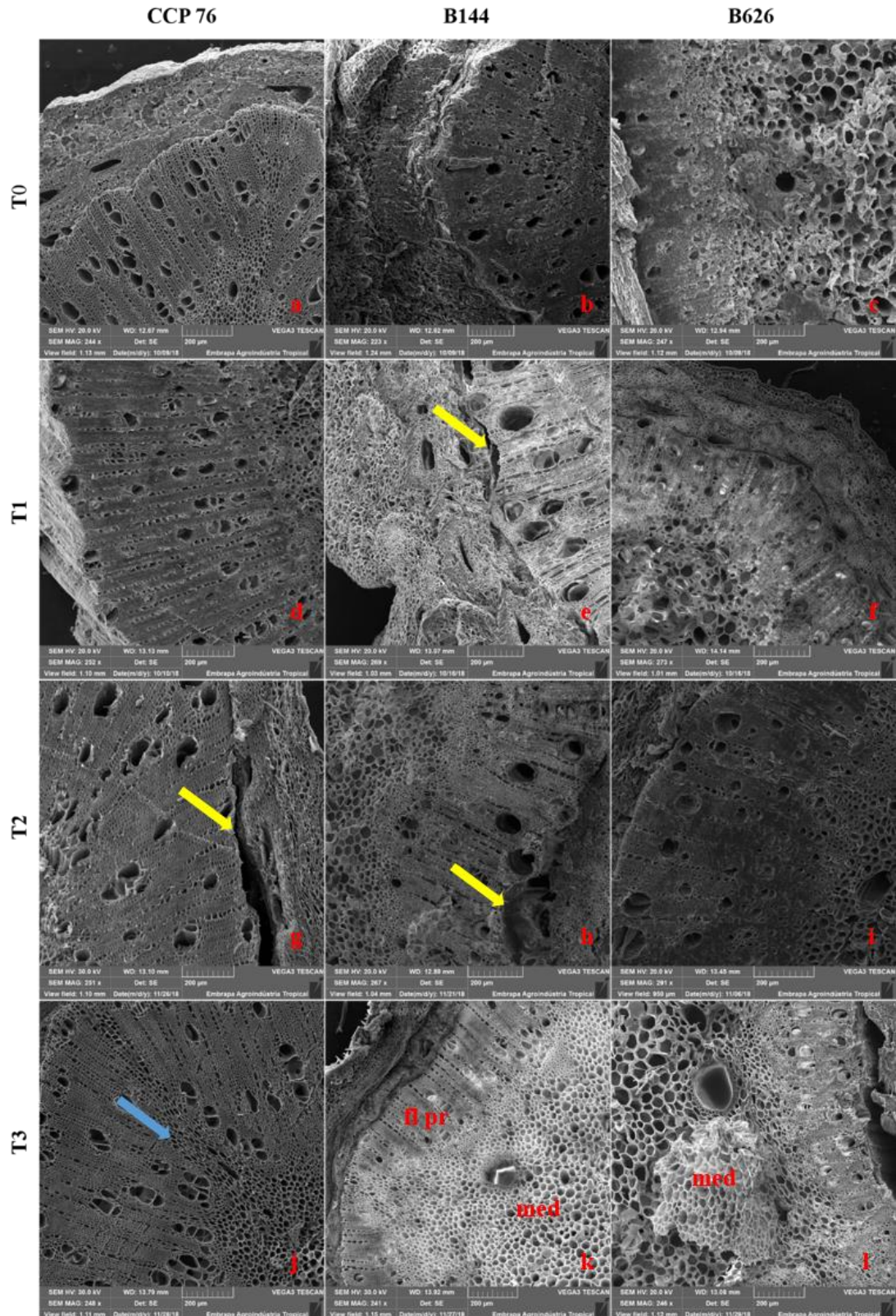
Sob microscopia, a cultivar CCP 76 apresentou áreas indicativas de multiplicação mitótica (setas azuis, Figuras 4 e 8). Algo similar foi observado em imagens de seções transversais caulinares de *Turnera subulata*, durante processo de estaquia, ficando comprovado nesse caso a observação de áreas de emissões de raízes (SILVA *et al.*, 2019).

Figura 3 – Imagens de MO das seções caulinares basais das estacas, tratadas sem câmara úmida e sem solução antioxidante, do cultivar CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3), evidenciando desintegração de tecidos (setas amarelas).



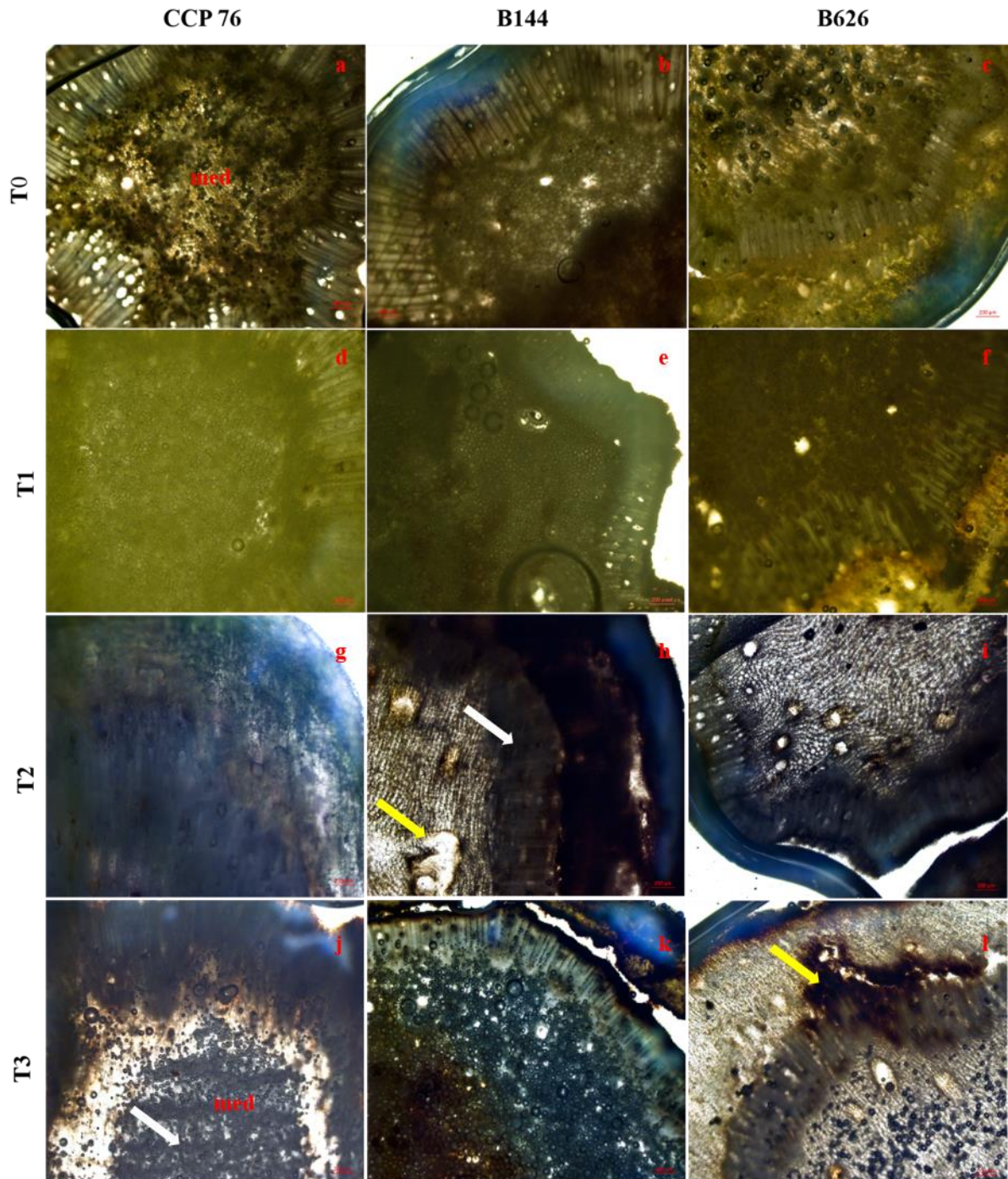
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 4 – Imagens de MEV das seções caulinares basais das estacas, tratadas sem câmara úmida e sem solução antioxidante, da cultivar CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3), evidenciando desintegração de tecidos (setas amarelas) e multiplicação mitótica (seta azul)



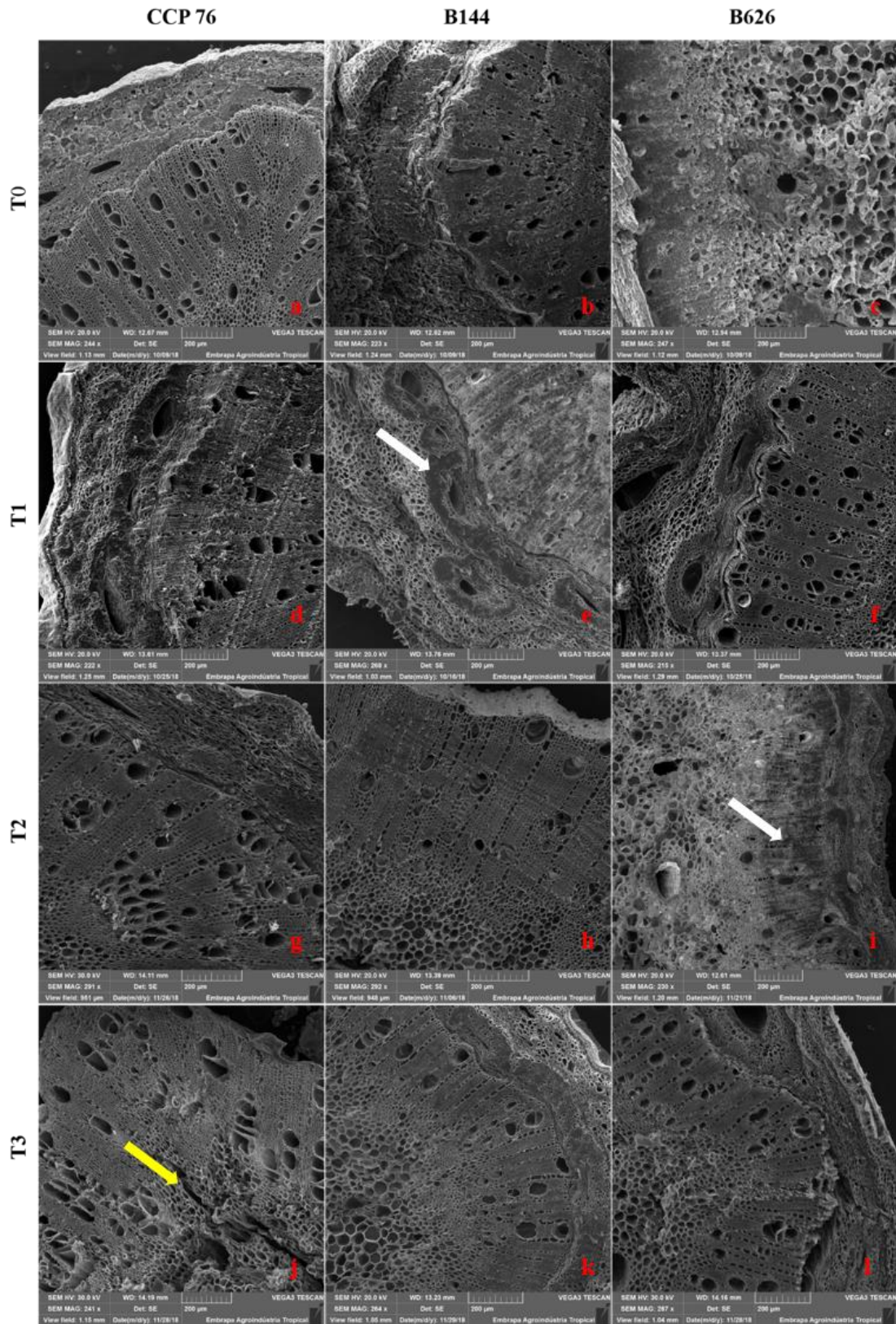
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 5 – Imagens de MO das seções caulinares basais das estacas, tratadas com câmara úmida e sem solução antioxidante, do clone CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3), evidenciando desintegração e necrose (setas amarelas) e oxidação tecidual (seta brancas).



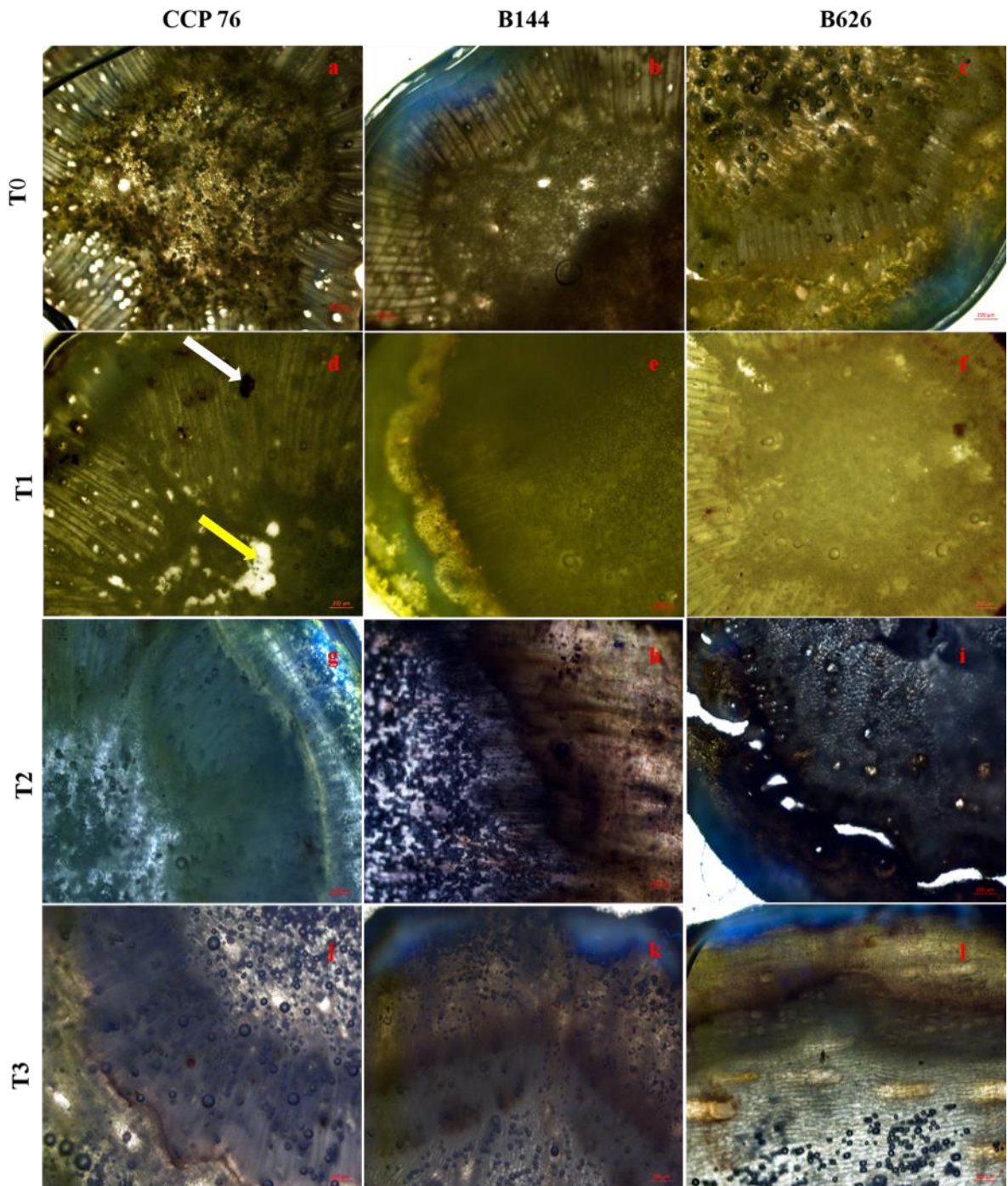
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 6 – Imagens de MEV das seções caulinares basais das estacas, tratadas com câmara úmida e sem solução antioxidante, do clone CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3), evidenciando desintegração (setas amarelas) e oxidação tecidual (seta brancas).



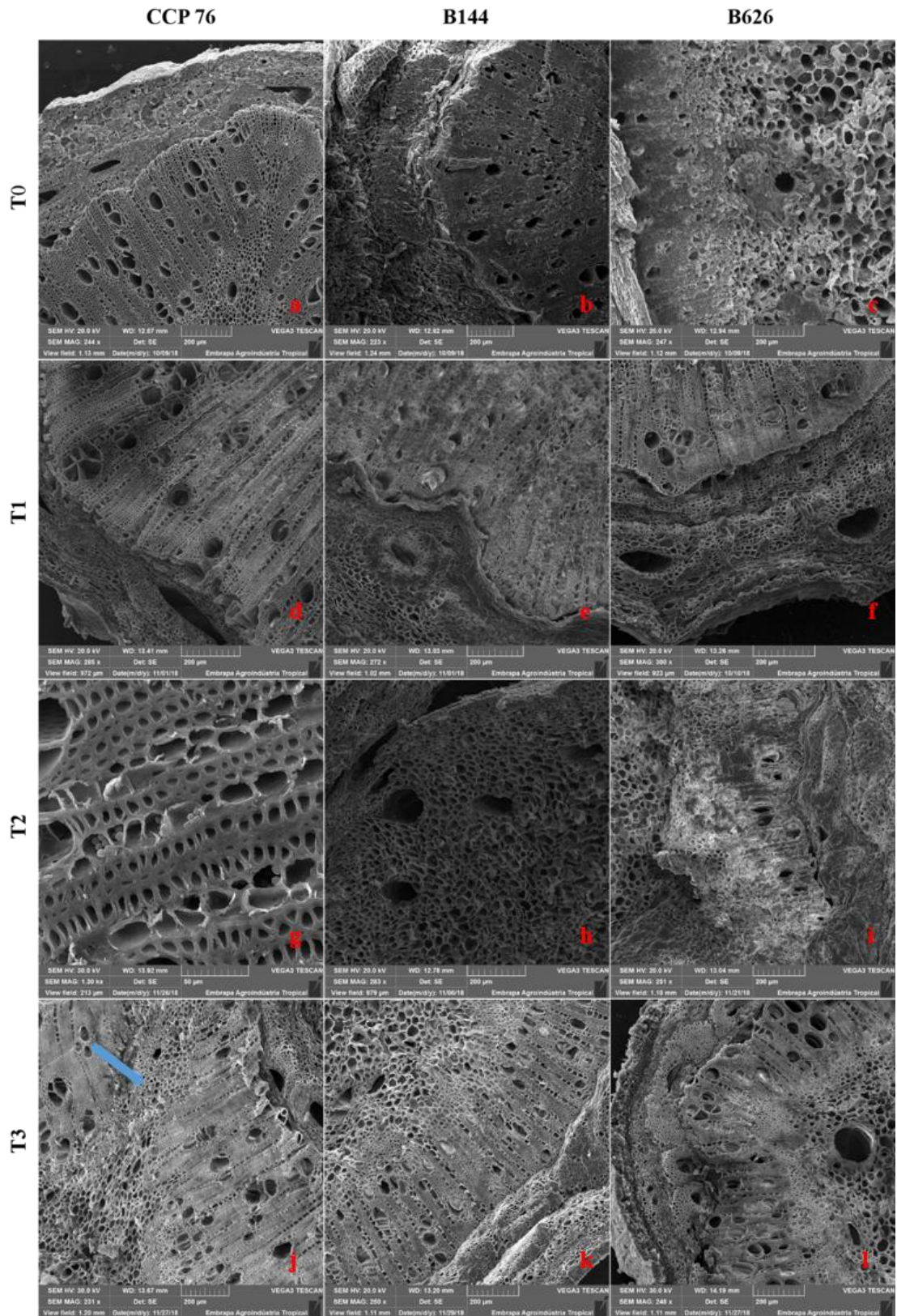
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 7 – Imagens de MO das seções caulinares basais das estacas, tratadas sem câmara úmida e com solução antioxidante, do clone CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3), evidenciando desintegração (seta amarela) e oxidação tecidual (seta brancas).



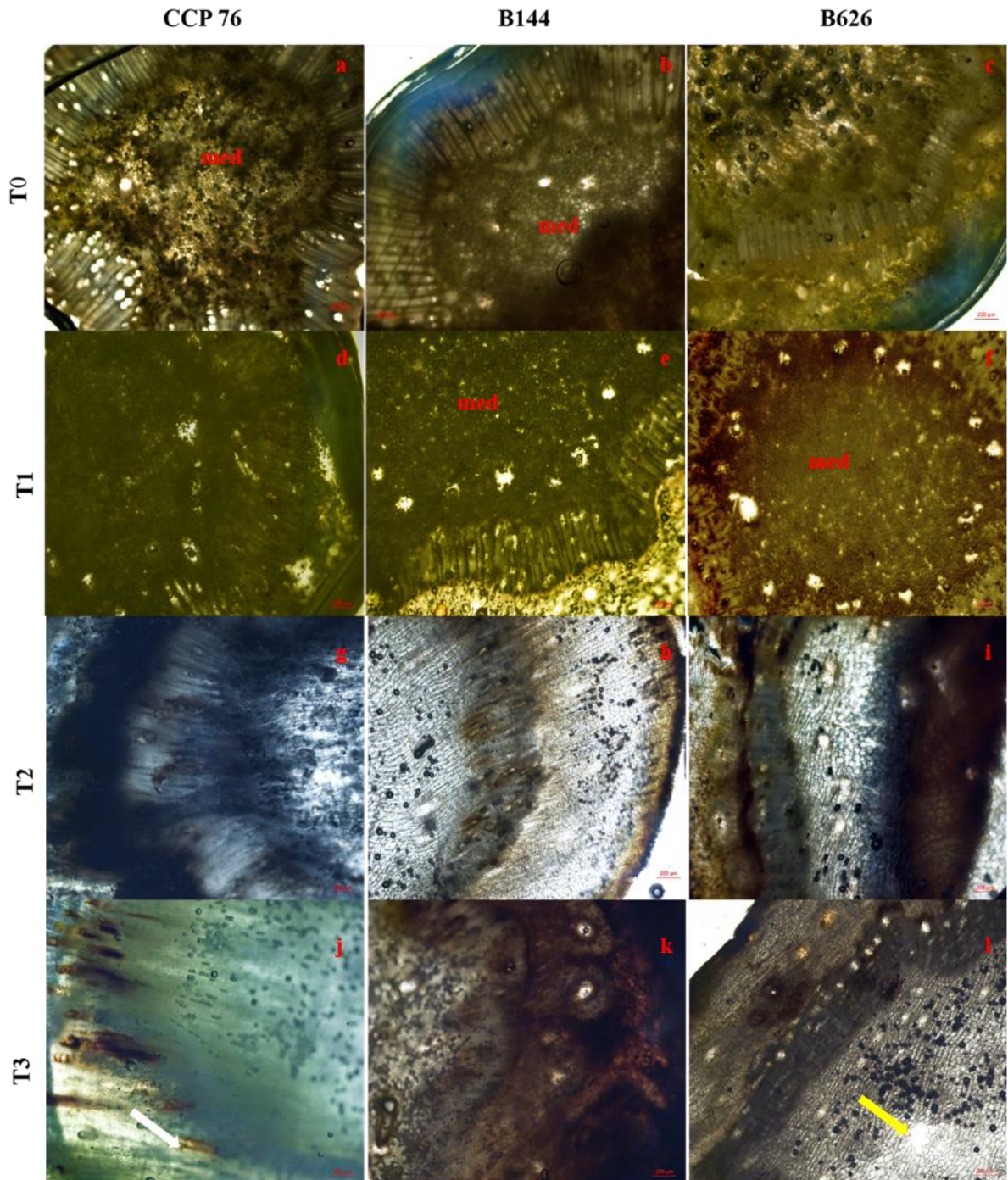
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 8 – Imagens de MEV das seções caulinares basais das estacas, tratadas sem câmara úmida e com solução antioxidante, do clone CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3), evidenciando multiplicação mitótica (seta azul).



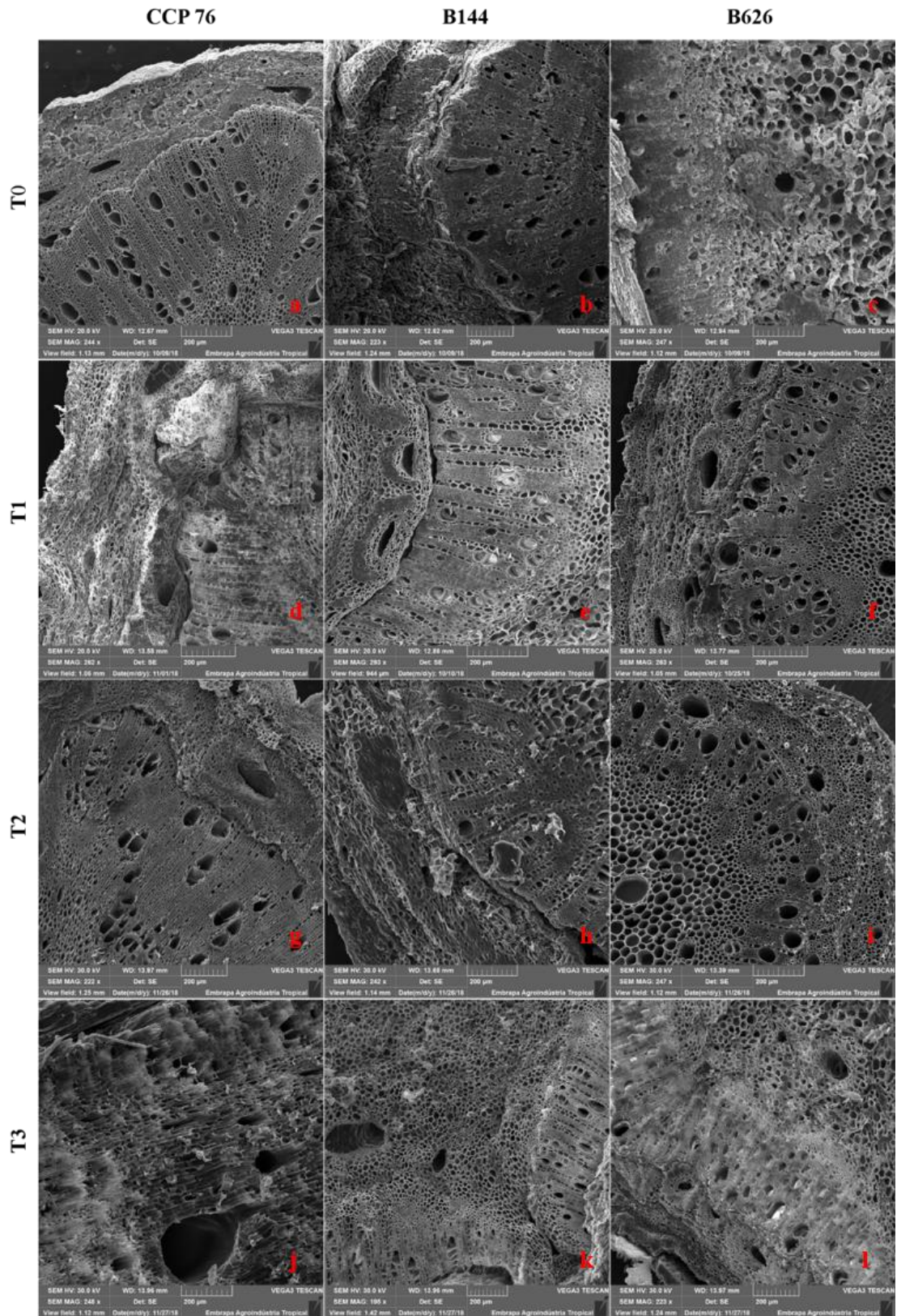
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 9 – Imagens de MO das seções caulinares basais das estacas, tratadas com câmara úmida e com solução antioxidante, do clone CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3), evidenciando desintegração de tecidos (seta amarela).



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 10 – Imagens de MEV das seções caulinares basais das estacas, tratadas com câmara úmida e com solução antioxidante, do clone CCP 76 e acessos B 144 e B 626, no momento de coleta em campo (T0) e em tempos de coleta diferentes ao longo do experimento (T1, T2 e T3).



Fonte: elaborada pelo autor.

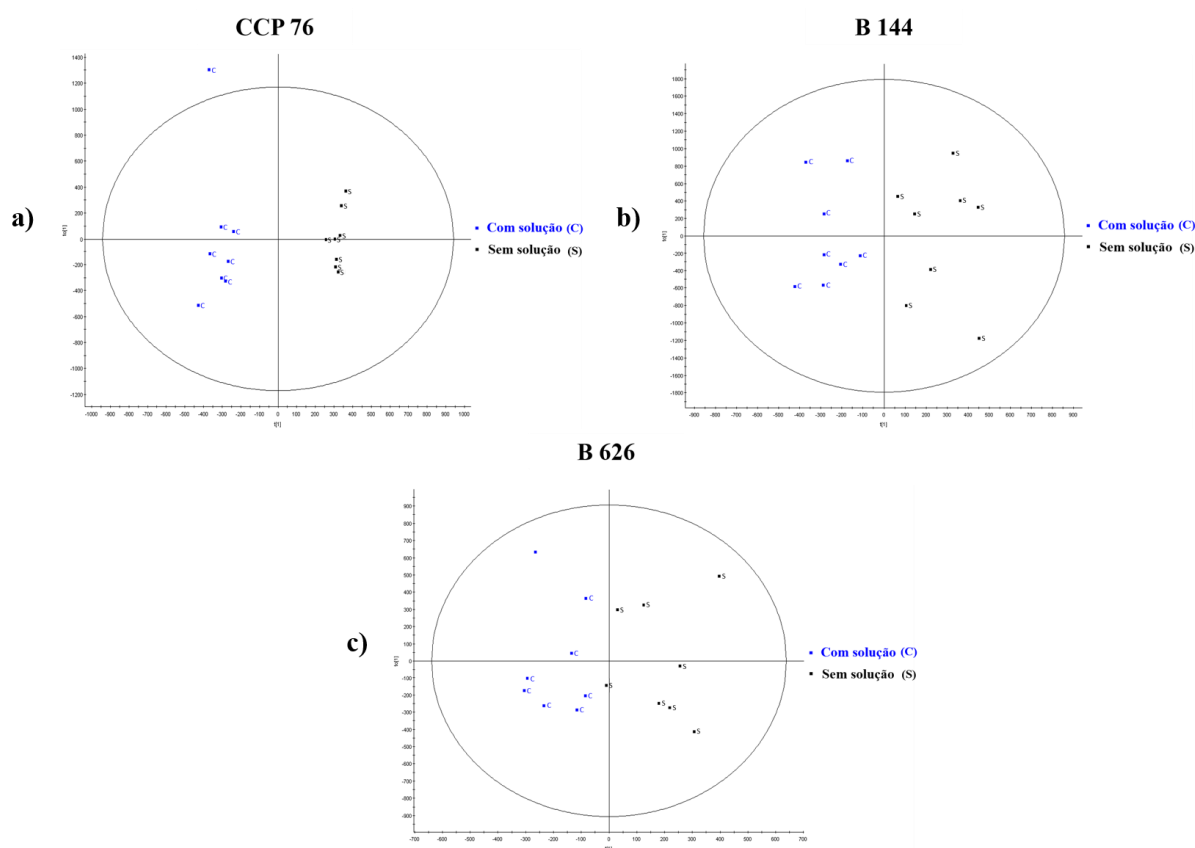
4.1.2 Análise de compostos fenólicos

Visando verificar a distinção metabólica entre as estacas de caju tratadas com e sem solução antioxidante em cada genótipo avaliado, foram realizadas análises multivariadas OPLS-DA (do inglês, orthogonal partial least squares discriminant analysis) e S-Plot. O modelo OPLS-DA foi aplicado aos dados oriundos do UPLC-QTOF-MS^E, com o objetivo de comparar os grupos de amostras. De tal forma que, juntamente aos gráficos de dispersão S-Plot, tornou-se possível determinar os metabólitos responsáveis pela distinção dos grupos de amostras (com e sem solução oxidante), marcadores químicos, separação e a consequente diferenciação dos grupos mencionados. Os valores dos pares $tr-m/z$ serviram de base para identificar ou tentar identificar os potenciais marcadores químicos responsáveis pela classificação e separação das amostras.

Em função da heterogeneidade das amostras e da quantidade de variáveis envolvidas, o fator câmara úmida foi desconsiderado, simplificando os grupos de amostras por genótipo em estacas tratadas com solução e sem solução, tornando possível a análise dos dados.

Analisando o gráfico OPLS-DA (Gráfico 1 (a; b e c)) referente as amostras das estacas com e sem solução antioxidante, foi possível identificar a clara separação dos dois grupos de amostras, para cada genótipo avaliado.

Gráfico 1 - OPLS-DA dos extratos das estacas com e sem solução antioxidante para cada genótipo, CCP 76 (a); B 144 (b) e B 626 (c).



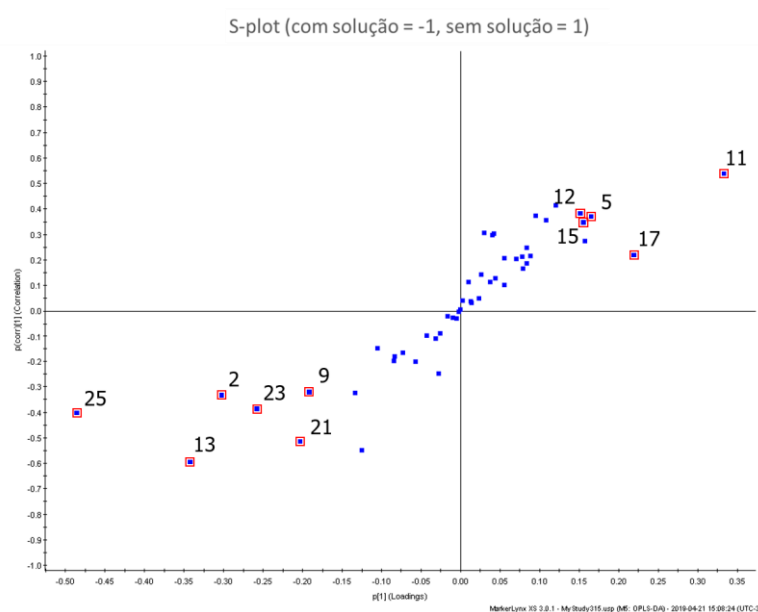
Fonte: elaborada pelo autor.

As análises multivariadas OPLS-DA indicaram a separação dos grupos com valores de $R^2Y = 0,99$ e $Q^2 = 0,99$. Este resultado sugere que o modelo explica 99% das variações de Y, com uma capacidade preditiva de 99%, indicando que o modelo está bem estabelecido e tem uma excelente previsão. Visando identificar os possíveis marcadores químicos, utilizou-se a variável de importância da projeção (VIP) em conjuntos com os gráficos de S-Plot, que foram obtidos a partir das análises do OPLS-DA para todas as amostras. O VIP é uma forma de classificar e indicar a faixa na qual os metabólitos discriminatórios são inseridos e é considerado estatisticamente significativo quando o valor é maior que 1,0 (NI *et al.*, 2008). Neste trabalho, usou-se um $VIP > 1$ e $p < 0,05$.

Nos gráficos S-plot (Gráfico 2, 4 e 6), cada ponto representa um íon (par tr-m/z). O eixo X representa a contribuição da variável, e quanto mais o ponto do par tr-m/z se distancia de zero, mais contribui para a diferença entre os dois grupos. O eixo Y representa a variável confiança, e o par tr-m/z se distancia de zero, o nível de confiança para a diferença entre os dois grupos (SOUSA *et al.*, 2017).

Com base no gráfico do S-Plot (Gráfico 2), os íons no canto inferior esquerdo, representados por 2, 9, 13, 21, 23 e 25 foram os íons que mais contribuíram para caracterizar as amostras de estacas de caju tratadas com solução antioxidante. Por outro lado, no canto superior direito do Gráfico 2, íons mais característicos de estacas sem solução foram identificados como 5, 11, 12, 15 e 17. Portanto, o conjunto de íons representado por 2, 5, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 21, 23 e 25 são os potenciais marcadores químicos responsáveis por caracterizar e discriminar os dois grupos de amostras e consequentemente distinguir as amostras de estacas com solução e sem solução na cultivar CCP 76.

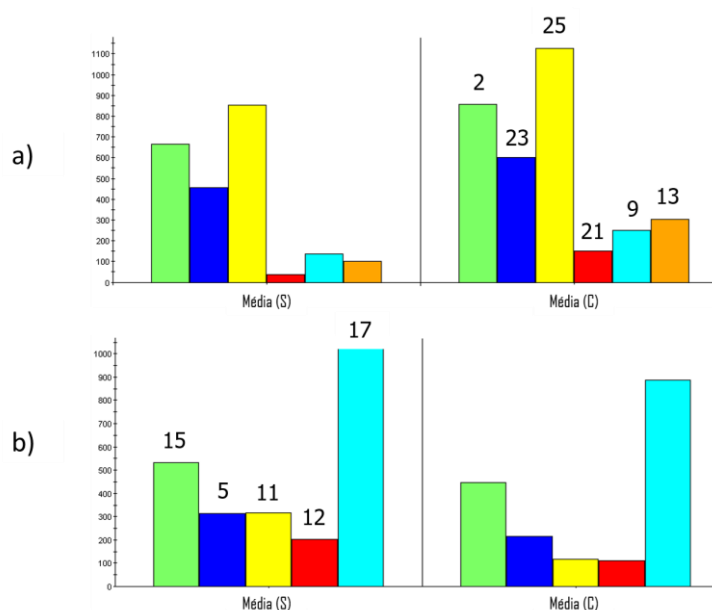
Gráfico 2 - S-Plot dos extratos das estacas com e sem solução antioxidante da cultivar CCP 76.



Fonte: elaborada pelo autor.

Corroborando com os dados do Gráfico 2, no Gráfico 3 (a e b), observa-se a variação média dos marcadores químicos distribuídos nas estacas com solução em relação às estacas sem solução e vice-versa da cultivar CCP 76. Com isso, evidencia-se o que foi previsto pelos gráficos S-Plot, o qual torna possível determinar os marcadores químicos associados às amostras antioxidante desse genótipo.

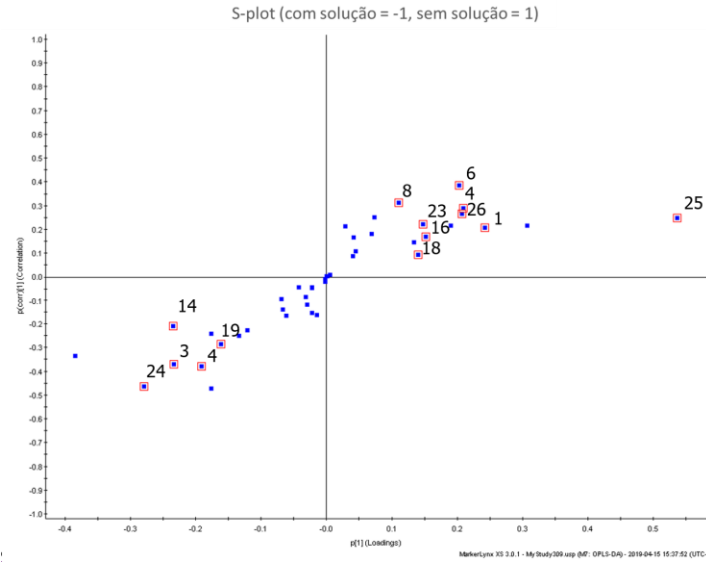
Gráfico 3 - Distribuição de marcadores químicos nas estacas com solução em relação às estacas sem solução (a) e nas estacas com solução em relação às estacas sem solução (b) da cultivar CCP 76.



Fonte: elaborada pelo autor.

Para o genótipo B 144, de acordo com o gráfico do S-Plot (Gráfico 4), os íons no canto inferior esquerdo, representados por 3, 4, 14, 19 e 24 foram os íons que mais contribuíram para caracterizar as amostras de estacas de caju tratadas com solução antioxidante. Por outro lado, no canto superior direito do Gráfico 4, íons mais característicos de estacas sem solução foram identificados como 1, 4, 6, 8, 16, 18, 23, 25 e 26. Portanto, o conjunto de íons representado por 1, 3, 4, 6, 8, 14, 16, 18, 19, 23, 24, 25 e 26 são os potenciais marcadores químicos responsáveis por caracterizar e discriminar os dois grupos de amostras e consequentemente distinguir as amostras de estacas com solução e sem solução no acesso B 144.

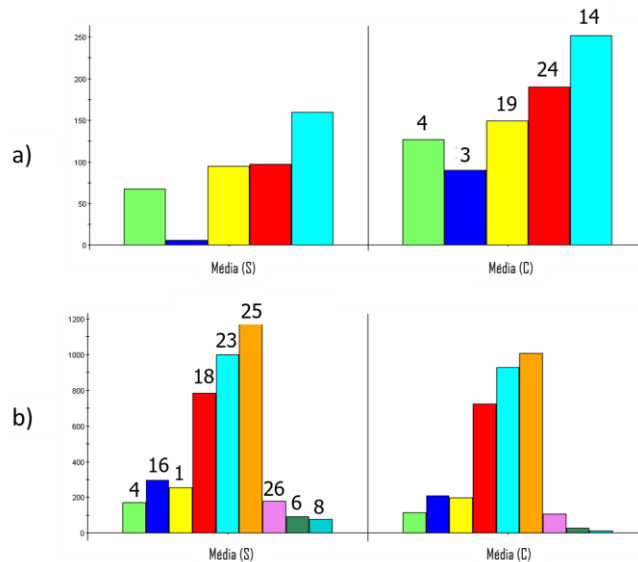
Gráfico 4 - S-Plot dos extratos das estacas com e sem solução antioxidante para o acesso B 144.



Fonte: elaborada pelo autor.

Corroborando com os dados da Gráfico 4, no Gráfico 5 (a e b), observa-se a variação média dos marcadores químicos distribuídos nas estacas com solução em relação às estacas sem solução e vice-versa do acesso B 144. Com isso, evidencia-se o que foi previsto pelos gráficos S-Plot, o qual torna possível determinar os marcadores químicos associados às amostras antioxidante desse genótipo.

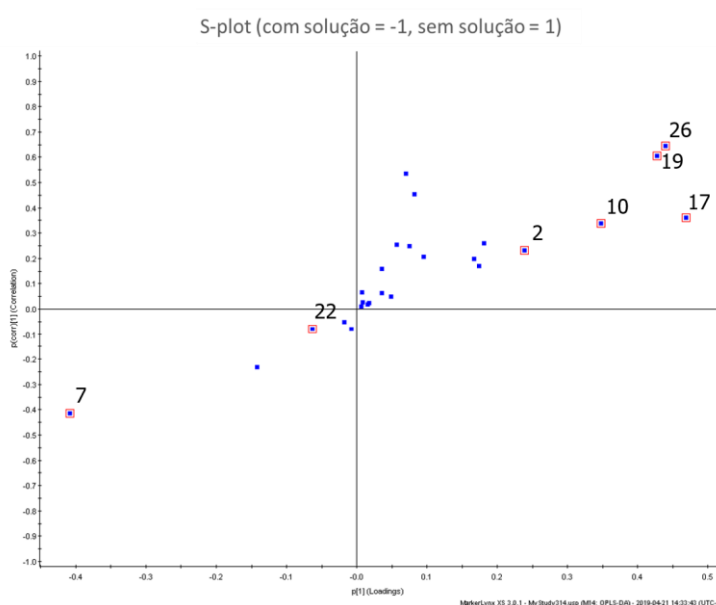
Gráfico 5 - Distribuição de marcadores químicos nas estacas com solução em relação às estacas sem solução (a) e nas estacas com solução em relação às estacas sem solução (b) da cultivar B 144.



Fonte: elaborada pelo autor.

Para o genótipo B 626, com base no gráfico do S-Plot (Gráfico 6), os íons no canto inferior esquerdo, representados pelos números 7 e 22 foram os íons que mais contribuíram para caracterizar as amostras de estacas de caju tratadas com solução antioxidante. Por outro lado, no canto superior direito do Gráfico 6, íons mais característicos de estacas sem solução foram identificados como 2, 10, 17, 19 e 26. Portanto, o conjunto de íons representado por 2, 7, 10, 17, 19, 22 e 26 são os potenciais marcadores químicos responsáveis por caracterizar e discriminar os dois grupos de amostras e consequentemente distinguir as amostras de estacas com solução e sem solução no acesso B 626.

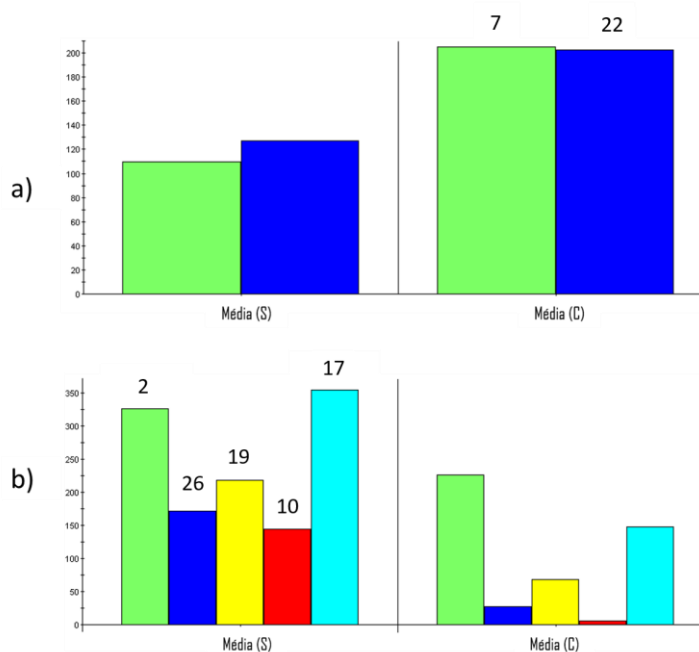
Gráfico 6 - S-Plot dos extratos das estacas com e sem solução antioxidante para o acesso B 626.



Fonte: elaborada pelo autor.

Corroborando com os dados do Gráfico 6, no Gráfico 7 (a e b), observa-se a variação média dos marcadores químicos distribuídos nas estacas com solução em relação às estacas sem solução e vice-versa do acesso B 626. Com isso, da mesma forma, evidencia-se o que foi previsto pelos gráficos S-Plot, o qual torna possível determinar os marcadores químicos associados às amostras antioxidante desse genótipo.

Gráfico 7 - Distribuição de marcadores químicos nas estacas com solução em relação às estacas sem solução (a) e nas estacas com solução em relação às estacas sem solução (b) do acesso B 626.

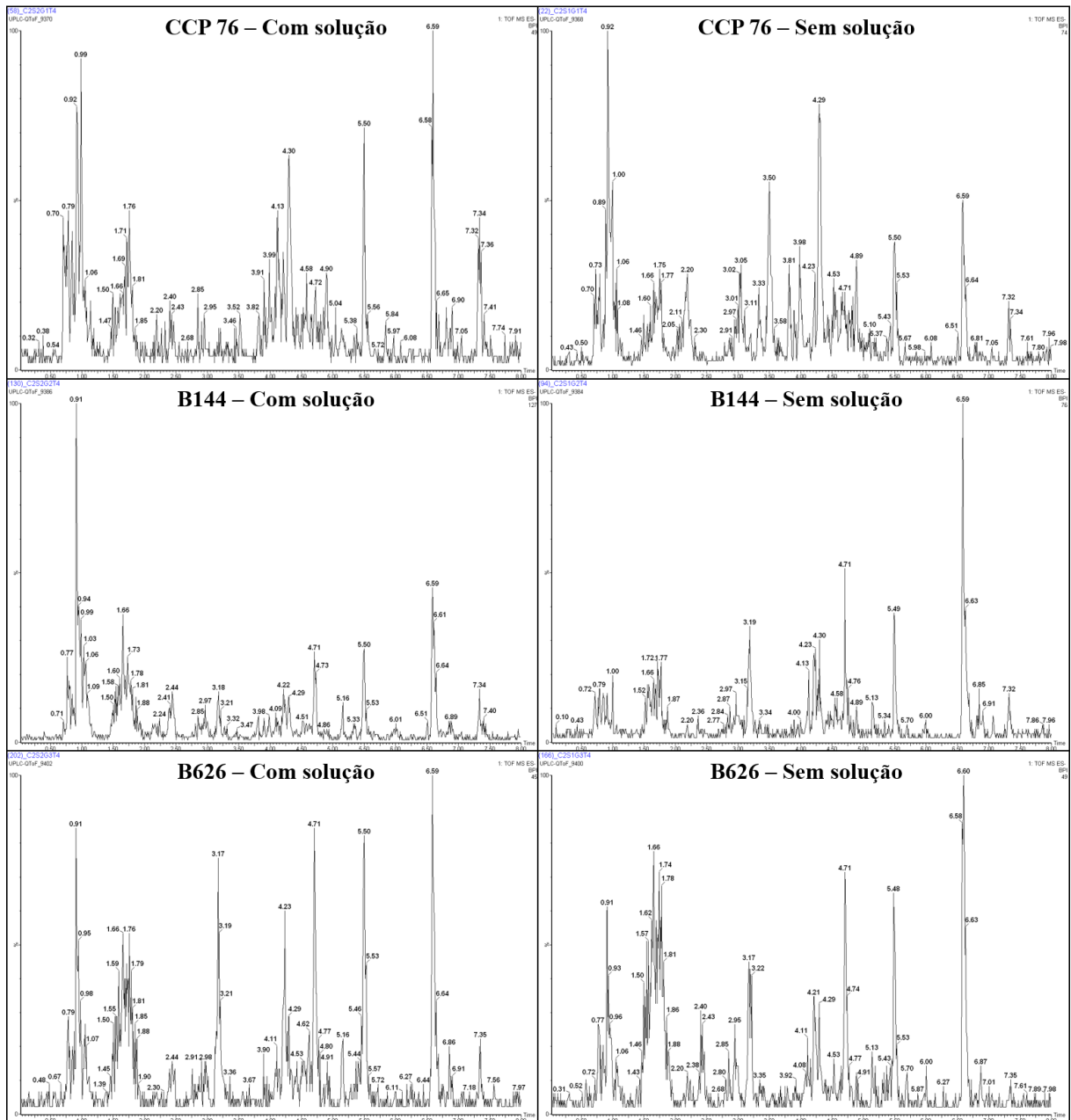


Fonte: elaborada pelo autor.

As análises cromatográficas por UPLC-ESI-QTOF-MS(MS) foram feitas no modo de ionização negativa (ESI-) e um conjunto de cromatogramas e espectros de massas foi gerado para cada grupo de amostra (Figura 11). Na Tabela 4, é possível observar os 26 compostos determinados em OPLS-DA. De forma preliminar, apenas quatro metabólitos foram tentativamente identificados nas amostras. Também associados aos metabólitos estão os seus íons desprotonados $[M-H]^-$ e seus fragmentos de íons, bem como o erro em partes de milhão (ppm) e sua possível fórmula molecular. O erro em ppm (parte por milhão) apresenta a precisão da massa do composto observada no espectro em MS, quanto menor o erro mais precisa foi a análise realizada.

Como mencionado anteriormente, cada ponto corresponde a um par m/z e o transporte é atribuído aos compostos identificados. Assim, os compostos foram tentativamente identificados como: Ácido cítrico (2), Ácido gálico (7), Epigallocatequina galato (9) e Tetra-O-galoil-glucosídeo (13). Os demais compostos não foram identificados, porque esse processo de identificação ainda está em andamento.

Figura 11 - Cromatogramas obtidos no sistema UPLC-QTOF-MS^E em modo negativo (ESI) dos extratos de: estacas, tratadas com solução e sem solução antioxidantes, dos genótipos B 144, B 626 e CCP 76.



Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 4 – Constituintes identificados ou tentativamente identificados em estacas de caju tratadas com e sem solução antioxidante da cultivar CCP 76 e dos acessos B 144 e B 626.

Pico n°.	t _R (min)	[M-H] ⁻ Calculado	[M-H] ⁻ Observado	Fragmentos de íons (MS/MS)	Fórmula Molecular	Erro ppm	Tentativa Identificação	Referências	CCP 76	B 144	B 626
1	0.99	-	171.0275	-	-	0.0	N.I.	-		+	
2	1.28	191.0192	191.0204	173.0422; 111.0114	C ₆ H ₈ O ₇	6.3	Acido citrico	(NG et al., 2004)	+		+
3	2.25	-	305.0714	-	-	0.0	N.I.	-		+	
4	2.69	-	137.0244	-	-	0.0	N.I.	-	+	+	
5	2.82	-	193.0849	-	-	0.0	N.I.	-	+		
6	2.85	-	443.1952	-	-	0.0	N.I.	-		+	
7	2.88	-	169.0135	125.0249	C ₇ H ₆ O ₅	-1.2	Ácido gálico	(DORTA et al., 2014)			+
8	3.25	-	467.0829	-	-	0.0	N.I.	-		+	
9	3.33	457.0771	457.0805	169.0118; 125.0242	C ₂₂ H ₁₈ O ₁₁	7.4	Epigalocatequina galato	(LIU et al., 2016)	+		
10	3.34	-	465.0656	-	-	0.0	N.I.	-			+

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4 continuação – Constituintes identificados ou tentativamente identificados em estacas de caju tratadas com e sem solução antioxidante do clone CCP 76 e dos acessos B 144 e B 626.

Pico n°.	t _R (min)	[M-H] ⁻ Calculado	[M-H] ⁻ Observado	Fragmentos de íons (MS/MS)	Fórmula Molecular	Erro ppm	Tentativa Identificação	Referências	CCP 76	B 144	B 626
11	3.82	-	237.0731	-	-	0.0	N.I.	-	+		
12	3.82	-	399.1277	-	-	0.0	N.I.	-	+		
13	3.90	787.0994	787.0992	169.0118; 125.0261	C ₃₄ H ₂₈ O ₂₂	-0.3	Tetra-O-galoil-glucosídeo	(DORTA et al., 2014)	+		
14	3.93	-	439.0795	-	-	0.0	N.I.	-		+	
15	4.22	-	169.0123	-	-	0.0	N.I.	-	+		
16	4.27	-	169.015	-	-	0.0	N.I.	-		+	
17	4.3	-	939.1169	-	-	0.0	N.I.	-	+		
18	4.71	-	183.0275	-	-	0.0	N.I.	-		+	
19	4.71	-	335.0374	-	-	0.0	N.I.	-		+	+
20	4.72	-	447.0871	-	-	0.0	N.I.	-	+		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4 continuação – Constituintes identificados ou tentativamente identificados em estacas de caju tratadas com e sem solução antioxidante do clone CCP 76 e dos acessos B 144 e B 626.

Pico no.	t_R (min)	[M-H]⁻ Calculado	[M-H]⁻ Observado	Fragmentos de íons (MS/MS)	Fórmula Molecular	Erro ppm	Tentativa Identificação	Referências	CCP 76	B 144	B 626
21	5.17	-	197.0381	-	-	0.0	N.I.	-			+
22	5.50	-	197.0437	-	-	0.0	N.I.	-	+	+	
23	5.50	-	349.0601	-	-	0.0	N.I.	-		+	
24	6.59	-	269.0431	-	-	0.0	N.I.	-	+	+	
25	6.88	-	327.219	-	-	0.0	N.I.	-		+	+

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 Enxertia

Assim como foi observado no experimento de estaquia, a taxa de sobrevivência de todas as mudas enxertadas com garfos obtidos a partir do acesso B 144 foi nula. Por outro lado, as mudas enxertadas com o acesso B 626 nos porta-enxertos B 194, B 626 e CCP 06 atingiram 10; 37,5 e 20% de sobrevivência, respectivamente. Já quanto ao desempenho da cultivar CCP 76, as mudas obtiveram 30; 37,5 e 70% de sobrevivência quando enxertado nos porta-enxertos B 194, B 626 e CCP 06, respectivamente.

Esse maior número de plantas vivas da cultivar CCP 76, apesar de esperado, ainda é considerado baixo comparado aos resultados obtidos na literatura, como no estudo de Melo Filho *et al.* (2006) que, ao avaliar o CCP 76 com diferentes genótipos de porta-enxertos, atingiu uma taxa de pegamento variando de 90 a 98,25%. A menor sobrevivência observada neste trabalho, pode ter relação com o período em que foi realizado, marcado por temperaturas elevadas e chuvas intensas.

Muitos fatores podem interferir no processo de enxertia em fruteiras, como condições ambientais e fatores fisiológicos. Geralmente, temperaturas maiores que 32 °C e baixa umidade são desfavoráveis para o sucesso do método de enxertia utilizado (FRANZON; CARPENEDO; SILVA 2010), além da interação entre enxerto e porta-enxerto (SERRANO *et al.*, 2013).

De acordo com o resumo da análise de variância, segundo o teste F ($\alpha=0,05$), apenas o efeito isolado dos enxertos foi significativo (Tabela 5). Tanto o efeito isolado do fator porta-enxerto, quanto o efeito de interação não foram significativos. Ou seja, nesse caso, o que determinou a sobrevivência das mudas não foram os porta-enxertos, mas sim os genótipos-copa utilizados.

Tabela 5 - Quadro de análise de variância para a sobrevivência de mudas de cajueiro em função da utilização de porta-enxertos e enxertos.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F ¹	P
Porta-enxerto (P)	2	12,2533	6,1267	1,68 ^{ns}	0,2048
Enxerto (E)	2	181,6710	90,8355	24,94 ^{**}	< 0,0001
Interação P x E	4	23,2601	5,8150	1,60 ^{ns}	0,2038
(Tratamentos)	8	217,1844	-	-	
Resíduo	27	98,32685	3,6417	-	
Total	35	315,5113	-	-	
CV (%)			49,25		

¹ ns e **: Não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Diferente dos resultados para porta-enxertos (Tabela 6), analisando o fator enxerto de maneira isolada, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, as médias de sobrevivência das diferentes copas utilizadas diferem estatisticamente entre si (Tabela 7). Em síntese, independentemente do porta-enxerto utilizado, o acesso B 144 não sobreviveu e o B 626 obteve baixa sobrevivência em relação ao CCP 76.

Tabela 6 - Sobrevivência de mudas de cajueiro em função da utilização de porta-enxertos.

Porta-enxerto	Sobrevivência ¹	
	----- % -----	
CCP 06	30,00	a
B 626	25,00	a
B 194	13,33	a

¹: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Sobrevivência de mudas de cajueiro em função da utilização de enxertos.

Enxerto	Sobrevivência ¹	
	----- % -----	
CCP 76	45,83	a
B 626	22,50	b
B 144	0,00	c

¹: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De forma similar, no estudo realizado por Silva Junior (2017), ao testar o método de enxertia com os mesmos acessos sem tratamento com antioxidantes, não houve sobrevivência do acesso B 144, apenas mudas enxertadas com o acesso B 626 obtiveram pegamento, entretanto, em menor percentual. O que, nesse caso, pode ser um indício de que a presença de antioxidante favorece o pegamento de mudas enxertadas com esse genótipo-copa.

Diversos autores mostram que a cultivar CCP 76 tem uma elevada taxa de compatibilidade na enxertia com diversos porta-enxertos (MELO FILHO *et al.*, 2006, PAIVA *et al.*, 2008 e SERRANO *et al.*, 2013). Neste trabalho, verificou-se o insucesso na enxertia do acesso B 144 apenas em dois genótipos da espécie *A. othonianum* (B 194 e B 626) como porta-enxertos, no entanto, é possível que a compatibilidade com outros genótipos da espécie, ainda não explorados no acervo do BAG-Caju, viabilize o método na multiplicação de clones para o Banco.

A interação na compatibilidade entre enxertos e porta-enxertos foi observado em estudos conduzidos com vários clones de cajueiro (SERRANO *et al.*, 2013). Essas diferentes

combinações podem resultar em alterações fisiológicas na planta enxertada, que por sua vez aumentam sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais (PAIVA et al., 2008). Asante (2001) afirma que o sucesso da enxertia em Anacardiáceas também está associado a relativa semelhança entre os diâmetros dos porta-enxertos e do garfo do genótipo. Esse fator é limitante para os acessos de *A. othonianum* do BAG-Caju, visto que há uma baixa disponibilidade de garfos aptos para enxertia.

5 CONCLUSÃO

Dentro das condições experimentais deste trabalho, conclui-se que:

A estaquia não é um método viável para resgate de acessos da espécie *Anacardium othonianum*, mesmo com o uso de solução antioxidante e câmara úmida.

A enxertia por garfagem lateral não é viável para resgate de acessos típicos da espécie *A. othonianum*. No entanto, esse método possibilita a obtenção de clones da mesma espécie, de alguns acessos, cujas matrizes apresentem características de caule e ramos menos lignificados.

Considerações finais:

Outros fatores como juvenilidade, idade cronológica e ontogenética da planta matriz, bem como o tipo de estaca e porção do ramo são fatores que também podem interferir no enraizamento de estacas de cajueiro, além da oxidação.

O perfil metabólico, no que diz respeito aos compostos fenólicos, de estacas tratadas com solução antioxidante é diferente do perfil de estacas não tratadas com solução antioxidante. No entanto, os compostos fenólicos, não atuam individualmente, mas em conjunto com outros compostos endógenos, portanto é difícil determinar a influência dos diferentes fenólicos no processo de enraizamento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. P. P. **Caju: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2ª ed. Brasília: Embrapa, 2015. 250 p.
- ASANTE, A. K. Compatibility studies on cashew-mango graft combinations. **Ghana Journal of Horticulture**, v.34, p.3-9, 2001.
- BACCARIN, F. J. B.; BRONDANI, G. E.; ALMEIDA, L. V.; VIEIRA, I. G.; OLIVEIRA, L. S.; ALMEIDA, M. Vegetative rescue and cloning of *Eucalyptus benthamii* selected adult trees. **New Forests**, v.46, n.4, p. 465-483, 2015.
- BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G. S.; JESUÉ, G **Guia ilustrado de plantas do Cerrado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Cemig, 1992.
- CAMPOS, A. D.; ANTUNES, L. E. C.; RODRIGUES, A. C.; UENO, B. Enraizamento de estacas de mirtilo provenientes de ramos lenhosos. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**. (Comunicado Técnico n.133). 2005.
- CASTRO, A. C. R.; BORDALLO, P. N.; CAVACANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. Banco brasileiro de germoplasma de caju. In: XXVIII Congresso Internacional de Horticultura sobre Ciência e Horticultura para as Pessoas (IHC2010): III Simpósio Internacional de 918. 2010. p. 857-861.
- CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; CHAVES, J. C. M. **Produção de mudas de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 43p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 42).
- CAVALCANTI JUNIOR, A. T. Propagação assexuada do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa Agroindústria Tropical. v.1, 2013. 17 p.
- CORREA, G. C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; CHAVES, L. J.; BORGES, J. D. Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, v.24, p.42-47, 2008.
- DORTA, E.; GONZÁLEZ, M.; LOBO, M. G.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; ANCOS, B. Screening of phenolic compounds in by-product extracts from mangoes (*Mangifera indica* L.) by HPLC-ESI-QTOF-MS and multivariate analysis for use as a food ingredient. **Food Research International**, v. 57, p. 51–60, 2014.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p
- FAO. **Faostat –Statistics Database**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#home> > Acesso em 14 de maio de 2018.
- FERREIRA, M. B. **Frutos comestíveis nativos do Distrito Federal**. I. Gabirobas, pitangas e araçás. Cerrado, Brasília, v. 5, n 18. 1973.

FERRO, M. M.; MOURA, D. C.; GERON, L. J. V. Compostos secundários em co-produtos agroindustriais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.12, n.1, p.87-100, 2014.

FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras. Brasília: **Embrapa Cerrados**, 2010.

FUMAGALI, E.; GONÇALVES, R. A. C.; MACHADO, M. F. P. S.; VIDOTI, G. J.; OLIVEIRA, A. J. B. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.4, p.627-641, 2008.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C.; DOS SANTOS, A. M. Propagação de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) através de estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 231-236, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática -SIDRA**. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>

JARA, M. C. S.; COSTA, E. Avaliação de estacas de cajueiro em cultivo protegido na região de Aquidauana/MS. **Anais do Encontro de Iniciação Científica**, v.1, n.1, p.1-14, 2009.

LEE, S. J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidante properties. **Food Chemistry**, v.91, n.1, p.131-7, 2005

LIU, Z.; CHEN, Z.; GUO, H. He, D.; ZHAO, H.; WANG, Z.; ZHANG, W.; LIAO, L.; ZHANGA, C.; NI, L. The modulatory effect of infusions of green tea, oolong tea, and black tea on gut microbiota in high-fat-induced obese mice. **Food Funct.**,7, p.4869-4879, 2016.

LUZ, L. R.; PORTO, D. D.; CASTRO, C. B.; SILVA, M. F. S.; ALVES FILHO, E. G.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. S.; BECKER, H.; PESSOA, C. Ó.; ZOCCOLO, G. J. Metabolomic profile of *Schinopsis brasiliensis* via UPLC-QTOF-MS for identification of biomarkers and evaluation of its cytotoxic potential. **Journal of Chromatography B**, v. 1099, p. 97-109, 2018.

MARTINS, W. A.; MANTELLI, M.; SANTOS, S. C.; NETTO, A. P. C.; PINTO, F. Estaquia e concentração de reguladores vegetais no enraizamento de *Campomanesia adamantium*. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.1, p.58-64, 2015.

MACHADO, S. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Acta Botanica Brasílica**, v.15, n.2, p 189-195, 2001.

MAYER, J. L. S.; BIASI, L. A.; BONA, C. Capacidade de enraizamento de estacas de quatro cultivares de *Vitis* L. (Vitaceae) relacionada com os aspectos anatômicos. **Acta Botanica Brasílica**, v.20, n.3, p.563-568, 2006.

MELO FILHO, O. M.; Costa, J. T. A.; Cavalcante Junior, A. T.; Bezerra, M. A.; Mesquita, R. C. M. Caracterização biométrica, crescimento de plântulas e pega de enxertia de novos porta-enxertos de cajueiro anão precoce. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.3, p.332-338, 2006.

NAIR, G. M., VENKAIAH, K., SHAH, J. J. Ultrastructure of gum-resin ducts in cashew (*Anacardium occidentale*), **Annals of Botany**, v.51, n.3, p.297-305, 1983.

NI, Y.; SU, M.; LIN, J.; WANG, X.; QIU, Y.; ZHAO, A.; CHEN, T.; JIA, W. Metabolic profiling reveals disorder of amino acid metabolism in four brain regions from a rat model of chronic unpredictable mild stress. **FEBS Letters**, [s.l.], v. 582, n. 17, p. 2627–2636, 2008.

NG, L. K.; LAFONTAINE, P.; VANIER, M. Characterization of cigarette tobacco by direct electrospray ionization-ion trap mass spectrometry (ESI-ITMS) analysis of the aqueous extract - A novel and simple approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 24, p. 7251–7257, 2004.

NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; SILVA, S. M.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; Alves, R. E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, v.8, n.1, p.90-98, 2014.

DE PAULA, J. E.; HERINGER, E. P. Estudo anatomico do fruto de *Anacardium curatellifolium* St. Hil. com vistas a sua forma e as bolsas olíferas. **Brasil florestal**, 1978.

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MARQUES, G. V.; NUNES, A. C. Seleção de porta-enxertos de cajueiro comum para a região Nordeste: fase de viveiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 162-166, 2008.

PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. M. **Recursos genéticos do Cajueiro**: Coleta, Conservação, Caracterização e Utilização. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 65). 2003. 43p.

PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. **Árvore do conhecimento caju**: Importância socioeconômica. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fobhagqo02wyiv8065610d00dl9xp.html>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

PIMENTA, A. C.; AMANO, E.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Estaquia e anatomia caulinar de *Annona crassiflora* Mart. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.9, n.2, p.1-7, 2017.

POSER, G. L. V. A. quimiotaxonomia na sistemática dos seres vivos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 6.ed.rev.a. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Artmed Editora Ltda., 2017.

REIS, A. L. L. E.; SILVA, D. S.; SILVA, K. L. F.; CHAGAS, D. B. Caracterização anatômica e Histoquímica de raízes e folhas de plântulas de *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, v.38, n.2, p.209-219, 2014.

RIBEIRO, G. D.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA, A. H.; SANTOS, M. R. S. **Enxertia em fruteiras**. Porto Velho: Embrapa, 2005, 8p. (Embrapa. Recomendações técnicas, 92).

RIZZINI, C. T. **Espécies novas de árvores do Planalto Central Brasileiro**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. v.41, p.239-244, 1969.

SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; DANNER, M. A. Propagação de jabuticabeira por estaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 577-583, 2010.

SANTOS, S. K. D.; GOMES, L. P. ; SOUZA, L. E. C.. WALDSCHMIDT, A. M. Visitantes florais do caju anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) em uma área de caatinga no município de Jequié-BA. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu**. 2007.

SERRANO, L. A. L.; SERRANO, L. A. L.; MELO, D. S.; HAWERROTH, F. J.; TANIGUCHI, C. A. K.; MARTINS, T. D. S.; FEITOSA, M. M. Produção de Mudanças de Cajueiro 'BRS 226' em Diferentes Porta-enxertos e Doses de Adubo de Liberação Lenta (NPK 13-06-16). Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2015.

SILVA JUNIOR, E. R. **Soluções antioxidantes na conservação e viabilidade de garfos *Anacardium occidentale* L.** 53 f Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SILVA, A. R. SOUZA, A. L. P.; SANTOS, E. A. A.; LIMA, G. L.; PEIXOTO, G. C. X.; SOUZA, P. C.; CASTELO, T. S. Formação de Bancos de Germoplasma e sua contribuição para a conservação de espécies silvestres no Brasil. **Ciência Animal**, v.22, n.1, p.219-234, 2012.

SILVA, M. R.; LACERDA, B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Chemical characterization of native species of fruits from savanna ecosystem **Ciência Rural**, v.38, n.6 p.1790-1793, 2008.

SILVA JUNIOR, F. J. D. DA. **Propagação vegetativa de *Anacardium othonianum***. 40 f Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA, J. V. G.; LONGUE, L. L.; FURLAN, M. R.; AOYAMA, E. M. Substrato e estaquia caulinar na propagação vegetativa de *Turnera subulata* Sm. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v.6, n.2, p.175-185, 2019.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6.ed.rev.a. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Artmed Editora Ltda., 2017.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, n.2, p.351-355, 2007.

SOUSA, J. B.; PEREIRA, F. D.; SANTANA, J. D. G.; NETO, A. R.; DE ASSIS, E. S. Composição do meio de cultivo para produção de microplantas de caju-de-árvore-do-Cerrado

(*Anacardium othonianum* Rizz.) - Composition of the cultivation medium for the production of microplants of Cerrado-tree cashew (*Anacardium othonianum* Rizz). **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 01-11, 2017.

SOUSA, A. D.; MAIA, I. V.; RIBEIRO, P. R. V.; CANUTO, K. M.; ZOCCOLO, G. J.; BRITO, E. S. UPLC-QTOF-MSE-based chemometric approach driving the choice of the best extraction process for *Phyllanthus niruri*. **Separation Science and Technology**, [s.l.], v. 52, n. 10, p. 1696–1706, 3 jul. 2017.

SOETHE, C.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T.; MARTIN, M. S.; BORTOLINI, A. J. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas 'Tupy' e 'Guarani' armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.8, p. 950-957, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TROBEC, M.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R.; OSTERC, G. Fluctuations of different endogenous phenolic compounds and cinnamic acid in the first days of the rooting process of cherry rootstock Gisela 5 leafy cuttings. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.5, p.589-597, 2005.

LMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F.; LESSA, A. O.; SALERNO, A. R. Enraizamento de estacas de *Trichilia catigua* A. Juss (catigua) em diferentes estações do ano. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 435-442, 2008.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p.

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. D.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica. p.147-148, 2010.

WENDLING, I. Propagação vegetativa. In: Embrapa Florestas-Artigo em Anais de congresso (ALICE). In: **SEMANA DO ESTUDANTE UNIVERSITÁRIO**, 1, 2003, Colombo. Florestas e Meio Ambiente: palestras. Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A.; ZUCOLOTTO, S. M. Flavonoides. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6ªed.rev. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Artmed Editora Ltda., 2017.