

**HIPOCLORITO DE SÓDIO NA PORCENTAGEM E VELOCIDADE DE
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO PORTA-ENXERTO DE CITROS
TRIFOLIATEIRO ‘FLYING DRAGON’**

**HIPOCLORITO DE SODIO EN EL PORCENTAJE Y LA VELOCIDAD DE
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DEL PORTAINJERTO CÍTRICO TRIFOLIADO
‘FLYING DRAGON’**

**SODIUM HYPOCHLORITE ON GERMINATION PERCENTAGE AND RATE OF
‘FLYING DRAGON’ TRIFOLIATE ORANGE ROOTSTOCK SEEDS**

Apresentação: Comunicação Oral

Antonio Maricélio Borges de Souza¹; Eduardo Fontes Araujo²; Mateus Pereira Gonzatto³ Cleidiane Alves Rodrigues⁴; Júlio César de Almeida Andrade⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.XCOINTERPDVAgro.0258>

RESUMO

As mudas de porta-enxertos de citros são obtidas de sementes, cujo tegumento dificulta a germinação das sementes e emergência das plântulas. Principalmente em porta-enxertos trifoliolados, são necessários métodos eficientes de remoção do tegumento para aumentar e uniformizar a germinação/emergência. A aplicação de hipoclorito de sódio (NaOCl) surge como uma alternativa viável à remoção manual do tegumento. Objetivou-se avaliar o efeito do hipoclorito de sódio na germinação e no vigor de sementes recém-colhidas do trifoliolateiro ‘Flying Dragon’. Avaliaram-se os efeitos de três concentrações de NaOCl (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0% de cloro ativo), três tempos de imersão (3, 6 e 9 horas) e a testemunha adicional (sementes com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaOCl), na germinação, protusão radicular e primeira contagem da germinação. Houve interação significativa entre os fatores concentração de hipoclorito de sódio e tempo de imersão para todas as variáveis analisadas. De modo geral, a imersão das sementes nas concentrações de 2,5% e 5,0% de cloro ativo resultou em aumentos expressivos na porcentagem e velocidade de germinação, independentemente do tempo de exposição, quando comparadas à testemunha. Conclui-se que a imersão de sementes recém-colhidas em solução de NaOCl, a 2,5% de cloro ativo por até 9 horas ou a 5,0% por até 6 horas, constitui estratégia eficiente para favorecer a porcentagem e a velocidade de germinação. Tal prática configura-se como alternativa promissora para a produção de mudas cítricas, uma vez que possibilita a redução do tempo de germinação e, conseqüentemente, dos custos de manutenção nos viveiros.

Palavras-Chave: *Poncirus trifoliata*, escarificação, NaOCl, tegumento, vigor.

RESUMEN

Las plántulas de portainjertos cítricos se obtienen a partir de semillas, cuyo tegumento actúa como una barrera física que restringe la germinación y limita la emergencia de las plántulas. Particularmente en portainjertos trifoliolados, son necesarios métodos eficientes de remoción del tegumento para aumentar

1 Pós-doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, antonio.m.souza@ufv.br

2 Prof. Dr. do Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, efaraujo@ufv.br

3 Prof. Dr. do Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, mateus.gonzatto@ufv.br

4 Doutoranda em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, cleidiane.rodrigues@ufv.br

5 Mestrando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, julio.c.andrade@ufv.br



y uniformizar la germinación y la emergencia de las plántulas. La aplicación de hipoclorito de sodio (NaOCl) se presenta como una alternativa viable a la remoción manual del tegumento. objetivó evaluar el efecto del hipoclorito de sodio en la germinación y el vigor de semillas recién recolectadas del trifoliolado ‘Flying Dragon’. Se evaluaron los efectos de tres concentraciones de NaOCl (0,0 – agua destilada; 2,5 y 5,0% de cloro activo), tres tiempos de inmersión (3, 6 y 9 horas), y un testigo adicional (semillas con tegumento y sin inmersión en agua ni en solución de NaOCl), sobre la germinación, la protrusión radicular y la primera cuenta de germinación. Se observó una interacción significativa entre los factores concentración de hipoclorito de sodio y tiempo de inmersión para todas las variables analizadas. En términos generales, la inmersión de las semillas en concentraciones de 2,5% y 5,0% de cloro activo resultó en incrementos significativos en el porcentaje y la velocidad de germinación, independientemente del tiempo de exposición, en comparación con el testigo. Se concluye que la inmersión de semillas recién cosechadas en solución de NaOCl, a 2,5% de cloro activo por hasta 9 horas o a 5,0% por hasta 6 horas, constituye una estrategia eficiente para favorecer el porcentaje y la velocidad de germinación. Dicha práctica se configura como una alternativa promisorio para la producción de plántulas cítricas, ya que posibilita la reducción del tiempo de germinación y, en consecuencia, de los costos de mantenimiento en vivero.

Palabras Clave: *Poncirus trifoliata*, escarificación, NaOCl, tegumento, vigor.

ABSTRACT

Citrus rootstock seedlings are derived from seeds, whose seed coat imposes physical dormancy that restricts seed germination and seedling emergence. Particularly in trifoliolate rootstocks, efficient seed coat removal methods are required to enhance and synchronize seed germination and seedling emergence. The application of sodium hypochlorite (NaOCl) emerges as a viable alternative to manual seed coat removal. The objective was to evaluate the effect of sodium hypochlorite on the germination and vigor of freshly harvested seeds of the trifoliolate rootstock ‘Flying Dragon’. The effects of three sodium hypochlorite (NaOCl) concentrations (0.0%—distilled water; 2.5% and 5.0% active chlorine), three immersion durations (3, 6, and 9 hours), and an additional control (seeds with intact seed coat without immersion in either water or NaOCl solution) were evaluated on seed germination, radicle protrusion, and first germination count. A significant interaction between sodium hypochlorite concentration and immersion time was detected for all variables evaluated. In general, seed immersion in 2.5% and 5.0% active chlorine concentrations led to substantial increases in both germination percentage and germination rate, regardless of exposure time, when compared to the control. It is concluded that immersion of freshly harvested seeds in sodium hypochlorite solution at 2.5% active chlorine for up to 9 hours or at 5.0% for up to 6 hours constitutes an effective strategy to enhance germination percentage and rate. This practice represents a promising alternative for citrus seedling production, as it allows a reduction in germination time and, consequently, lowers maintenance costs in nurseries.

Keywords: *Poncirus trifoliata*, scarification, NaOCl, seed coat, vigor.

INTRODUÇÃO

Os citros estão entre as espécies frutíferas mais cultivadas no mundo em escala comercial, principalmente em regiões de climas subtropicais e tropicais (Buffon et al., 2021). O setor citrícola brasileiro se destaca internacionalmente por ser o maior produtor e exportador de suco concentrado de laranja doce [*Citrus × sinensis* (L.) Osbeck] (Stuchi et al., 2020; United States Department of Agriculture, 2023). Para preservar a produção, é necessário anualmente um grande volume de mudas para formação e manutenção de pomares cítricos.

A muda cítrica caracteriza-se como o insumo mais importante na formação do pomar (Fernandes; Gomes; Mendonça, 2012). Os porta-enxertos desempenham um papel vital no



crescimento e desenvolvimento das plantas cítricas, pois influenciam muitas características das cultivares-copas (Pompeu Junior, 2005). Existem, atualmente, várias seleções de porta-enxertos cultivados no Brasil, dentre elas o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. var. *monstrosa*]. Possui como principais características a tolerância ao frio, imunidade à tristeza dos citros, adaptabilidade a solos pesados, resistência à gomose de *Phytophthora*, além de conferir às principais cultivares-copas de *Citrus* spp. característica de nanismo, o que torna crescente seu uso em pomares de altas densidades (Pio et al., 2002; Pompeu Junior, 2005; Hayat et al., 2022).

Na produção comercial de porta-enxertos cítricos, a propagação por meio de sementes tem se destacado como o principal método de obtenção de novas plantas destinadas à aplicação do processo de enxertia (Pokhrel et al., 2021). Para o trifoliateiro ‘Flying Dragon’, uma das maiores limitações do setor viveirista é o tempo prolongado para a formação das mudas (Maro, 2024). Em geral, as sementes de citros apresentam dormência física, causada pela impermeabilidade do tegumento, caracterizado como rígido e lenhoso, que atua como uma barreira física, limitando a embebição de água e difusão de gases com o ambiente (Silva; Carvalho, 2007).

Muitos métodos podem ser utilizados para superar a dormência de sementes, sendo os mais comuns para superação de dormência tegumentar a escarificação química, a escarificação mecânica, a radiação, o choque térmico, a imersão em água quente e a embebição em água fria (Baskin; Baskin, 2014; Marcos Filho, 2015). Em citros, é recomendável a remoção manual do tegumento antes da semeadura, pois proporciona uma emergência mais rápida e uniforme, reduzindo o tempo para a formação de mudas de algumas variedades de porta-enxertos (Silva; Carvalho, 2007; Moreira; Ramos; Cruz, 2010; Rodrigues et al., 2010).

A técnica de remoção manual, no entanto, é considerada pelos viveiristas bastante demorada e onerosa, já que o manuseio das sementes é realizado de forma individual, requerendo mão de obra treinada para a sua execução, visando-se evitar danos aos embriões (Oliveira; Scivittaro, 2007; Silva; Carvalho, 2007). Desse modo, merece considerável destaque a pesquisa e implementação de novas técnicas de remoção do tegumento que preservem a integridade do embrião e propiciem maior taxa, velocidade e uniformidade nos processos de germinação e emergência das plântulas cítricas (Wilson, 2022).

A aplicação de substâncias químicas em sementes de diferentes espécies, seja para escarificar seus tegumentos ou envoltórios, estimular a germinação ou interferir em mecanismos de dormência, tem aumentado progressivamente, principalmente com uso de solução de hipoclorito de sódio (NaOCl). Dependendo da concentração e do tempo de imersão



das sementes, o NaOCl vem apresentando resultados promissores na melhoria da germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies cítricas. Em estudo realizado por Wilson (2022), foi observado que a imersão das sementes de limeira-ácida (*Citrus aurantifolia* Swingle) e laranjeira doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) em solução de NaOCl, na concentração de 10% de cloro ativo, durante 20 minutos, favorece a germinação e a emergência de plântulas para ambas as espécies.

Em sementes recém-colhidas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), a imersão em solução de hipoclorito de sódio, na concentração de 2,5% de cloro ativo, por 6 horas, demonstrou ser eficiente na promoção da germinação, indicando que essa combinação de concentração e tempo de exposição pode favorecer a superação da dormência e o início do processo germinativo (Souza et al., 2025c). As sementes dos gêneros *Citrus* e *Poncirus* possuem tegumento rígido composto por duas camadas; a camada interna, caracterizada por sua menor espessura, e a camada externa, que é mais espessa e de natureza lenhosa, contendo lignina em quantidade que varia segundo a espécie e o ambiente (Frost; Soost, 1968). Esse fato evidencia a importância de conduzir novos experimentos para definir a concentração e o tempo de imersão ideais, possibilitando recomendações específicas para cada espécie.

Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do hipoclorito de sódio na germinação e vigor de sementes recém-colhidas do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O hipoclorito de sódio (NaOCl), comumente encontrado em formulações comerciais de água sanitária, é amplamente empregado como agente de assepsia para sementes ou outras unidades de dispersão; exerce adicionalmente, efeito na germinação em determinadas espécies, pois remove ou oxida os compostos que inibem a germinação das sementes, modifica as membranas do tegumento, deixando-as mais porosas, permitindo que o oxigênio alcance o interior da semente e ocorra o desenvolvimento do embrião (Hsiao; Hanes, 1981; Brasil, 2009). Este composto apresenta grande potencial de uso, devido, principalmente, à sua disponibilidade no mercado, ao seu baixo custo e periculosidade, à rápida ação sanitizante e ao efeito sobre determinados tipos de patógenos (Maia et al., 2024).

Dependendo da concentração e do tempo de imersão das sementes, o NaOCl vem apresentando resultados promissores na melhoria da germinação de sementes e emergência de plântulas para algumas culturas. Em sementes de café arábica da variedade Catuaí 44, , Meireles



et al. (2007) constataram que a utilização do NaOCl, na concentração de 5% de cloro ativo, por 6 horas, se constitui como uma alternativa eficiente para a retirada do pergaminho, sem causar prejuízo à germinação das sementes com 28,14% de teor de água. Também em sementes da cultivar Catuaí Vermelho IAC 44, a utilização do NaOCl causou resultados significativos na degradação do pergaminho das sementes, favorecendo o aumento e a aceleração da emergência de plântulas em condições de viveiro (Lima et al., 2012), bem como na germinação e no vigor das sementes (Souza et al., 2025a).

Para sementes de mamão da variedade Golden, pertencente ao grupo “Solo”, verificou-se que a proporção de 10 sementes para 200 mL de solução de hipoclorito de sódio, na concentração de 2% de cloro ativo, por 24 horas, é uma alternativa à retirada manual da sarcotesta, pois não afeta o endosperma e o embrião (Jesus et al., 2015). Em estudo posterior, para esta mesma variedade (Golden), foi constatado que a imersão de sementes, na proporção de 10 sementes por 200 mL de solução de NaOCl, na concentração de 2% de cloro ativo, por 24 horas, é uma alternativa para a retirada da sarcotesta em sementes recém-colhidas, pois, além da retirada efetiva da sarcotesta, favorece a germinação (Jesus et al., 2016).

Em relação à semente de arroz da cultivar SCS 122 Miura, em estudo realizado por Cigel et al. (2020), foi demonstrado que a imersão das sementes em hipoclorito de sódio, na concentração de 0,5%, por um tempo de 24 horas, promoveu a superação da dormência, mas prejudicou o vigor das sementes. No caso das sementes de duas espécies de crotalária, *Crotalaria paulinea* e *Crotalaria spectabilis*, a aplicação de hipoclorito de sódio para promover a escarificação química não foi eficaz (Maia et al., 2024). Segundo estes autores, a exposição à concentração de 8% de cloro ativo, por tempos de seis e oito horas, resultou em maior porcentagem de sementes inviáveis (mortas), especialmente no caso de *Crotalaria paulinea*.

Em se tratando de espécies cítricas, também já foi constatado efeito positivo da utilização do NaOCl sobre a germinação de sementes e emergência de plântulas. Em estudo realizado por Oliveira, Scivittaro e Radmann (2005), com o objetivo de otimizar a emergência e o desenvolvimento de plântulas do porta-enxerto Trifoliata, por meio da escarificação química das sementes com solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 12%, 3 mL de ácido clorídrico (HCl) e 20 g de hidróxido de sódio comercial (NaOH), observou-se que o NaOCl é um componente importante na composição do tratamento de escarificação química das sementes. Utilizando somente solução de NaOCl, Wilson (2022) observou que a imersão das sementes de limeira-ácida (*Citrus aurantifolia* Swingle) e laranjeira doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), na concentração de 10% de cloro ativo, durante 20 minutos, favorece a germinação e a emergência de plântulas para ambas as espécies.



Mais recentemente, Souza et al. (2025b) verificaram que a imersão das sementes do trifoliato 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*), em NaClO, na concentração de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas, favorece a germinação e o vigor, sendo uma alternativa eficiente para a remoção do tegumento em sementes recém-colhidas. A imersão das sementes recém-colhidas do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), em solução de NaOCl, na concentração de 2,5% de cloro ativo, por 6 horas, demonstrou ser eficiente na promoção da germinação e aceleração da emergência de plântulas (Souza et al., 2025c).

METODOLOGIA

Local e material vegetal

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa de Sementes do Departamento de Agronomia (DAA) da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

As sementes avaliadas foram do porta-enxerto de citros trifoliato 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa*), provenientes da coleção de porta-enxertos de citros da Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) Pomar do Fundão (20° 45' 40" S; 42° 50' 55" W a 700 m de altitude), do Setor de Fruticultura do DAA, em Viçosa, Minas Gerais.

O hipoclorito de sódio (NaOCl) foi obtido em um estabelecimento comercial localizado na cidade de Viçosa, em Minas Gerais. A determinação da concentração de cloro ativo foi realizada pelo método da iodometria (ABNT, 2004), no Laboratório de Celulose e Papel do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. A solução apresentou uma concentração de cloro ativo de 5,0%.

Colheita dos frutos e beneficiamento das sementes

Os frutos do trifoliato 'Flying Dragon' foram colhidos manualmente em abril de 2025, quando maduros, evidenciado pela coloração amarelada do epicarpo (Conceição et al., 2020) e transportados em caixas de plástico ao Laboratório de Pesquisa de Sementes do DAA para posterior extração e beneficiamento das sementes.

Para a extração manual das sementes, realizou-se um corte superficial do pericarpo na região equatorial do fruto, tendo o cuidado para não atingir as sementes; as metades foram separadas por meio de movimento giratório com as mãos, espremendo-as sobre peneira para posterior lavagem das sementes em água corrente, de acordo com as recomendações de Oliveira et al. (2016). Após a lavagem, as sementes foram colocadas em bandeja com água para retirada do restante da polpa e sementes mal-formadas. As sementes sobrenadantes foram consideradas inviáveis, sendo descartadas (Wilson, 2022). Posteriormente, as sementes foram friccionadas manualmente em cal hidratada (CaO), para remoção da mucilagem (Carvalho; Graf; Violante,



2005), durante 60 segundos, com subsequente lavagem em água corrente para retirada de todo o resíduo de cal. Em seguida, as sementes foram postas para secar à sombra, distribuídas sobre duas folhas de papel germitest em bancada, sendo utilizada uma camada de sementes com espessura de 1,5 cm. As sementes foram mantidas em ambiente de laboratório durante uma hora para a remoção da umidade superficial.

Teor de água

Após a secagem superficial, foram retiradas quatro subamostras de 50 sementes cada para determinação do teor de água inicial, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), e os resultados foram expressos em porcentagem. O teor de água determinado foi 35%.

Aplicação dos tratamentos

Para o tratamento prévio, as sementes foram acondicionadas em caixas de plástico tipo gerbox transparentes e com tampa, contendo solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) em três concentrações de cloro ativo (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0%), durante três tempos de imersão (3, 6 e 9 horas). Também foi empregado um tratamento adicional (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaOCl - testemunha). Adotou-se a proporção de 220 mL de solução para 250 sementes. A concentração de cloro ativo de 2,5% foi obtida por meio de diluição do hipoclorito de sódio comercial em água destilada, sendo preparada próximo ao momento de sua utilização.

Para que as sementes permanecessem imersas na solução, foi utilizado o telado próprio das caixas gerbox sobre as sementes, as quais foram tampadas e levadas para câmara tipo B.O.D. (*Biological Oxygen Demand*) com temperatura constante de 25 °C, na ausência de luz, pelos tempos de imersão referentes a cada tratamento. A ausência de luz durante o tratamento prévio é de grande relevância, pois o NaOCl é um composto químico fotossensível (Prado et al., 2012). Após cada tempo, as sementes foram lavadas em água corrente por 60 segundos para eliminar o resíduo de NaOCl, com posterior pré-secagem à sombra durante 30 minutos. As sementes que foram imersas em água destilada (0,0% de cloro ativo) também foram lavadas.

Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

Germinação: foi realizada em substrato rolo de papel com quatro subamostras de 50 sementes, dispostas em três folhas de papel germitest umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. No momento da montagem do teste, as sementes foram tratadas com o fungicida Captan[®], na dose do produto comercial de 4 mL L⁻¹ de água. Para tal, após a disposição das sementes sobre as folhas de papel, procedeu-se à aplicação do fungicida em estado líquido, utilizando pulverizador borrifador manual, até as



sementes apresentarem-se com aspecto úmido. Os rolos foram acondicionados dentro de sacos plásticos transparentes e mantidos em câmara B.O.D, regulada à temperatura constante de 30 °C, sob fotoperíodo de 8 horas com lâmpada fluorescente compacta (luz branca). A avaliação foi realizada 30 dias após a semeadura, contando-se o número de plântulas normais, conforme as descrições propostas por Souza et al. (2025b) para as plântulas do trifoliateiro ‘Flying Dragon’. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Protusão radicular: no teste de germinação, aos 10 dias após a semeadura, foram contadas as sementes que apresentaram a emissão da radícula (Krzyzanowski et al., 2020). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Primeira contagem da germinação: foi realizada juntamente com o teste de germinação, com avaliação aos 21 dias após a semeadura, sendo calculada a porcentagem de plântulas normais (Souza et al., 2025b). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$, com quatro repetições e 50 sementes por parcela. Os fatores ensaiados foram: três concentrações de NaOCl (0,0 – água destilada; 2,5 e 5,0% de cloro ativo), três tempos de imersão (3, 6, e 9 h) e a testemunha (sementes com tegumento e sem imersão em água destilada ou solução de NaOCl).

Foi realizada a análise de variância ($p < 0,05$) para todas as variáveis. No caso de interação significativa, foi realizado o desdobramento dos fatores. Posteriormente, as médias foram comparadas entre si por meio do teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Todos os tratamentos foram comparados com a testemunha pela aplicação do teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas empregando-se o programa computacional R versão 4.3.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados revelou que as variáveis germinação, protusão radicular e primeira contagem da germinação foram influenciadas, significativamente, pelas concentrações de NaOCl e tempos de imersão das sementes (Tabela 01). Houve interação significativa entre esses dois fatores para todas as variáveis, justificando os desdobramentos para melhor compreensão dos resultados.



Tabela 01: Resumo da análise de variância para germinação (G), protusão radicular (PR) e primeira contagem da germinação (PCG) de sementes do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon', de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão.

FV	GL	Quadrado médio		
		G	PR	PCG
Concentração	2	6849,083**	7912,111**	8752,000**
Tempo	2	217,583**	122,111**	320,333**
Concentrações x Tempo	4	627,041**	151,777**	345,333**
Testemunha x fatorial	1	5040,025**	2054,444**	2924,100**
Resíduo	30	22,808	9,200	10,700
Total	39			
CV (%)	--	9,51	11,02	9,94

^{ns}, * e ** Não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

GL: graus de liberdade; CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Própria (2025).

A germinação das sementes do foi significativamente influenciada pelas concentrações de hipoclorito de sódio (NaOCl) e pelos tempos de imersão (Tabela 02). Para os tempos de imersão de 3 e 6 horas, houve incremento na porcentagem de germinação com o aumento da concentração de NaOCl, com os maiores valores (85% e 78%, respectivamente) obtidos na concentração de 5,0% de cloro ativo. No tempo de imersão de 9 horas, o maior valor (68%) foi alcançado na concentração de 2,5% de cloro ativo, que diferiu das demais concentrações. Analisando as concentrações de cloro ativo dentro dos tempos de imersão das sementes, nota-se que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas na concentração de 0,0% de cloro ativo. Quando imersas na concentração de 2,5% de cloro ativo, houve incremento na germinação, sendo os maiores valores obtidos nos tempos de imersão de 6 e 9 horas, que não diferiram entre si. Por sua vez, quando imersas na concentração de 5,0% de cloro ativo, houve redução na germinação, sendo o menor valor obtido no tempo de imersão de 9 horas, que diferiu dos demais tempos.



Tabela 02: Germinação, protusão radicular e primeira contagem da germinação de sementes do porta-enxerto trifoliato ‘Flying Dragon’, de acordo com as concentrações de hipoclorito de sódio e os tempos de imersão.

Tempo (h)	Germinação (%)		
	NaOCl (%)		
	0,0	2,5	5,0
3	23 cA	55 bB*	85 aA*
6	29 cA*	65 bA*	78 aA*
9	28 cA*	68 aA*	52 bB*
Testemunha	16		
CV (%)	9,51		
Tempo (h)	Protusão radicular (%)		
	NaOCl (%)		
	0,0	2,5	5,0
3	5 cA	28 bA*	59 aB*
6	9 cA	22 bB*	66 aA*
9	8 cA	23 bAB*	47 aC*
Testemunha	6		
CV (%)	11,02		
Tempo (h)	Primeira contagem de germinação (%)		
	NaOCl (%)		
	0,0	2,5	5,0
3	11 cA	33 bB*	74 aA*
6	10 cA	40 bA*	73 aA*
9	11 cA	37 bAB*	47 aB*
Testemunha	9		
CV (%)	9,94		

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Médias diferentes da testemunha (sementes intactas com tegumento e sem imersão em água ou solução de NaOCl), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Fonte: Própria (2025).

A imersão das sementes em solução de NaOCl na concentração de 2,5% de cloro ativo por até 9 horas, bem como a 5,0% de cloro ativo por até 6 horas, favoreceu a germinação das sementes (Tabela 02). Essa resposta pode ser atribuída à ação oxidante do NaOCl que, possivelmente, contribuiu para a remoção de compostos inibidores presentes no tegumento da semente, além de favorecer a embebição e a ativação do metabolismo germinativo (Souza et al., 2025a).

Quando as sementes foram imersas na concentração de 5,0%, por 9 horas, houve redução na germinação (Tabela 02), ficando evidente que houve uma ação mais abrasiva do NaOCl. Em sementes recém-colhidas do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, a imersão na concentração de 5,0%, durante 9 horas, também afetou negativamente a germinação e o vigor



(Souza et al., 2025c). Segundo os autores, essa combinação de concentração e tempo resultou na degradação excessiva do tegumento, o que pode ter facilitado a penetração do cloro ativo em níveis prejudiciais, ocasionando danos ao eixo embrionário e/ou aos tecidos de reserva da semente, comprometendo seu desempenho fisiológico. Embora a escarificação química possa facilitar a absorção de água em sementes com dormência física e acelerar o processo germinativo, a exposição prolongada ou o uso de altas concentrações pode resultar em baixas taxas de germinação (Araújo et al., 2025).

Em estudo anterior, Souza et al. (2025b), ao avaliarem o efeito da imersão de sementes recém-colhidas do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' em diferentes tempos e concentrações de NaOCl, verificaram resultados distintos dos obtidos no presente trabalho. Os autores observaram que o tratamento foi eficaz na promoção da germinação, sendo os melhores resultados obtidos com o aumento progressivo tanto da concentração quanto do tempo de imersão, destacando-se a combinação de 5,0% de cloro ativo por 9 horas, que resultou em 68% de germinação. A divergência entre os resultados, mesmo tratando-se da mesma espécie, pode estar relacionada ao teor de água inicial das sementes. No presente estudo, as sementes apresentavam 35% de água, enquanto no trabalho de Souza et al. (2025b) esse valor era de 41%. Tal diferença corrobora o observado por Sofiatti et al. (2008), os quais destacam que tanto o tempo de exposição quanto a concentração de hipoclorito de sódio necessários para a degradação do tegumento, sem causar danos ao embrião, podem ser influenciados pelo teor de água das sementes.

A protrusão radicular das sementes, avaliada aos 10 dias após a semeadura, também apresentou resposta significativa às concentrações de NaOCl e tempos de imersão (Tabela 02). O teste de protrusão radicular é reconhecido como um método rápido e promissor para a avaliação do vigor de sementes (Silva et al., 2024), uma vez que a raiz primária emerge na fase final da germinação, após a embebição e a ocorrência de diversas alterações bioquímicas (Dias et al., 2019).

Com relação aos tempos de imersão, houve aumento nos valores de protrusão à medida que a concentração de NaOCl aumentou, sendo os maiores valores alcançados na concentração de 5,0% de cloro ativo, a qual diferiu significativamente das demais concentrações (Tabela 02). Avaliando de maneira isolada as concentrações dentro dos tempos de imersão, é possível verificar que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas em água destilada, independentemente do tempo de imersão. Quando imersas na concentração de 2,5% de cloro ativo, nota-se que o tempo de imersão de 3 horas alcançou a maior porcentagem, porém diferiu apenas do valor obtido no tempo de 6 horas. Já para a concentração de 5,0% de cloro



ativo, o maior valor (66%) foi alcançado quando as sementes foram imersas no tempo de 6 horas, que diferiu dos demais tempos de imersão. Nas concentrações de 2,5% e 5,0% de cloro ativo, independentemente do tempo de imersão, os valores foram superiores, diferenciando-se da testemunha, cujo valor foi de apenas 6%.

O uso de NaOCl mostra resultados positivos na aceleração do processo de germinação para algumas variedades de porta-enxertos de citros. Nas sementes de limeira-ácida e laranja-doce, notou-se que a imersão das sementes, na concentração de 10% de cloro ativo, durante 20 minutos, favoreceu a germinação e a emergência de plântulas, em comparação com as sementes que não foram embebidas em solução de NaOCl (Wilson, 2022). Para o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, a imersão das sementes recém-colhidas em solução de NaOCl na concentração de 2,5%, durante 6 horas, favoreceu a germinação (Souza et al., 2025c).

Na primeira contagem da germinação, aos 21 dias após a semeadura, nota-se incremento na porcentagem de plântulas normais, com o aumento da concentração de cloro ativo na solução dentro de cada tempo de imersão das sementes, seguindo a mesma tendência da variável protusão radicular (Tabela 02). Para os tempos de imersão de 3, 6 e 9 horas, os maiores valores (74%, 73% e 47%, respectivamente) foram obtidos na concentração de 5,0%, que diferiu das demais concentrações. Analisando as concentrações, verificou-se que não houve efeito significativo quando as sementes foram imersas em água destilada, independentemente do tempo de imersão. Na concentração de 2,5% de cloro ativo, observa-se que o tempo de imersão de 6 horas, juntamente com o tempo de 9 horas, alcançaram os maiores valores, não diferindo entre si. Já para a concentração de 5,0% de cloro ativo, verificou-se redução nos valores de plântulas normais à medida que se aumentou o tempo de imersão das sementes, com o menor valor obtido no tempo de imersão de 9 horas, que diferiu significativamente dos demais tempos. Em comparação à testemunha, cujo valor obtido foi de 9%, verifica-se que as concentrações de 2,5% e 5,0% de cloro ativo promoveram aumentos significativos na velocidade de germinação.

A imersão das sementes em solução de NaOCl, portanto, proporcionou condições favoráveis à germinação, promovendo a antecipação da protrusão da radícula e, consequentemente, acelerando o processo germinativo (Tabela 02). Esse efeito foi evidenciado pelo maior número de plântulas normais observadas aos 21 dias após a semeadura, em contraste com o comportamento natural das sementes do porta-enxerto trifoliato ‘Flying Dragon’, cuja germinação é caracteristicamente lenta e tardia (Carvalho et al., 2021).

A escarificação química promovida pelo cloro ativo presente na solução de NaOCl revelou-se uma estratégia eficiente para a superação da dormência e o favorecimento à germinação em sementes do porta-enxerto cítrico trifoliato ‘Flying Dragon’, contribuindo



para aumentar e acelerar o processo germinativo. No contexto da produção de mudas, a dormência representa um obstáculo para viveiristas, dificultando a uniformidade e a velocidade de desenvolvimento das plântulas (Ribeiro et al., 2021). Nesse sentido, a adoção de tratamentos para superação da dormência, com solução de hipoclorito de sódio, constitui uma alternativa viável para otimizar a germinação e, conseqüentemente, a eficiência na formação de mudas, uma vez que o hipoclorito de sódio é caracterizado por sua acessibilidade no mercado, custo reduzido e facilidade de manipulação (Maia et al., 2024).

A utilização dessa estratégia em larga escala tem potencial para otimizar a produção de mudas cítricas, contribuindo para a eficiência de sistemas de cultivo e para a expansão de pomares de alta densidade (Souza et al., 2025b). Paralelamente, gera ganhos econômicos relevantes, reduzindo despesas com mão de obra, irrigação e manejo em viveiro, o que contribui para processos produtivos mais sustentáveis (Souza et al., 2025c).

CONCLUSÕES

A porcentagem e a velocidade de germinação das sementes recém-colhidas do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' são afetados negativamente quando imersas na concentração de 5,0% de cloro ativo, por 9 horas.

A imersão de sementes recém-colhidas do porta-enxerto trifoliato 'Flying Dragon' em solução de NaOCl, a 2,5% de cloro ativo por até 9 horas ou a 5,0% por até 6 horas, constitui estratégia eficiente para favorecer a porcentagem e a velocidade de germinação, configurando-se como alternativa promissora para a produção de mudas cítricas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Brasil) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. M.; LANSSANOVA, L. R.; ANDRADE, F. R.; RÚBIO NETO, A.; ZUCHI, J.; SILVA, F. H. L. Overcoming dormancy in jurubeba seeds (*Solanum scuticum* M. Nee). **Ciência Rural**, v. 55, e20230601, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Solução de hipoclorito de sódio comercial - Determinação do teor de cloro ativo pelo método volumétrico: NBR**



9425. Rio de Janeiro, 2004.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. (Ed. 2). San Diego: Elsevier/Academic Press, 2014. 1600p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395p.

BUFFON, S. B.; ZUCOLOTO, M.; PASSOS, O. S.; BARBOSA, D. H. S. G.; ALTOÉ, M. S.; MORAIS, A. L. Initial production and fruit quality of fifty-seven sweet orange varieties on four rootstocks in Southern state of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 5, (e-765), 2021.

CARVALHO, M. S.; ANDRADE, A. C.; GUILHERME, D. O.; MARQUES, R. R. Utilização de Stimulate® para germinação de sementes de porta-enxerto de *Poncirus trifoliata*, variedade Flying Dragon. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 4, n. 3, p. 33-39, 2021.

CARVALHO, S. A.; GRAF, C. C. D.; VIOLANTE, A. R. Produção de material básico e propagação. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundag, 2005. p.279-316.

CIGEL, C.; COELHO, C. M. M.; UARROTA, V. G.; KANDLER, R.; SILVA, E. R. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas à solução de hipoclorito de sódio. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 2, p. 120-127, 2020.

CONCEIÇÃO, P. M.; AZEVEDO, F. A.; SOUZA, A. J. B.; PRÓSPERO, A. G.; MORELLI, M.; FORTI, V. A. Ideal harvesting point of 'Limeira-IAC382' trifoliolate orange fruits for seed extraction. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, e-535, 2020.

DIAS, L. B. X.; QUEIROZ, P. A. M.; FERREIRA, L. B. S.; SANTOS, W. V.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, P. P.; NASCIMENTO, W. M.; LEÃO-ARAÚJO, É. F. Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, e5641, 2019.

FERNANDES, L. F.; GOMES, W. A.; MENDONÇA, R. M. N. Substratos na produção de porta-enxertos cítricos em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 1, 2012.

FROST, H. B.; SOOST, R. K. Seed reproduction: development of gametes and embryos. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (Ed.). **The citrus industry**, v. 2, p. 290-324, 1968.

HAYAT, F.; LI, J.; IQBAL, S.; PENG, Y.; HONG, L.; BALAL, R. M.; KHAN, M. N.; NAWAZ, M. A.; KHAN, U.; FARHAN, M. A.; LI, C.; SONG, W.; TU, P.; CHEN, J. A mini review of citrus rootstocks and their role in highdensity orchards. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 1-14, 2022.

HSIAO, A. I.; HANES, A. Application of the sodium hypochlorite seed viability test to wild oat populations with different dormancy characteristics. **Canadian Journal of Plant Science**, v.



61, n. 1, p. 115-122, 1981.

JESUS, V. A. M.; ARAUJO, E. F.; SANTOS, F. L.; ALVES, E.; DIAS, L. A. S. Sodium hypochlorite for sarcotesta remotion from papaya seeds: anatomical studies. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 4, p. 228-235, 2015.

JESUS, V. A. M.; ARAUJO, E. F.; SANTOS, F. L.; DIAS, L. A. S.; SILVA, R. F. Sodium hypochlorite for removal of the sarcotesta from newly extracted and stored papaya seeds. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 358-364, 2016.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; GOMES-JUNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2020. p.79-140.

LIMA, J. S.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S.; DIAS, D. C. F. S.; RENA, F. C. Uso da reidratação e do hipoclorito de sódio para acelerar a emergência de plântulas de cafeeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2 p. 327-333, 2012.

MAIA, W. M. P.; ARAUJO, E. F.; SILVA, A. V.; SILVA, C. M. Superação da dormência tegumentar em sementes de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria paulinea*. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 1, e04411, 2024.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.

MARO, L. A. C. Trifoliateiro ‘Flying Dragon’: potencial de uso e limitações. **Agropecuária Catarinense**, v. 37, n. 1, p. 7-9, 2024.

MEIRELES, R. C.; ARAUJO, E. F.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SAKIYAMA, N. S.; REIS, L. S. Secafé: metodologia para acelerar a germinação das sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 90-96, 2007.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M. Caracterização de frutos e poliembrionia em sementes de ‘Flying Dragon’ e de híbridos de porta-enxerto de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 486-492, 2010.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; RADMANN, E. B. **Tecnologia para a produção de mudas certificadas de citros: escarificação química de sementes de trifoliata**. Embrapa Clima Temperado, 2005. 5p.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Tegumento e profundidade de semeadura na emergência de plântulas e no desenvolvimento do porta-enxerto Trifoliata. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 229-235, 2007.

OLIVEIRA, R. P.; UENO, B.; SCIVITTARO, W. B.; CARVALHO, F. L. C.; PETRY, H. B.; MORENO, M. B. **Produção de sementes de porta-enxertos de citros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 32p.

PIO, R.; RAMOS, J. D.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P.; COELHO, J. H. C.; ALVARES,



B. F.; MENDONÇA, V. Enraizamento de estacas dos porta-enxertos de citros ‘Flying Dragon’ e ‘Trifoliata’. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 195-198, 2002.

POKHREL, S.; MEYERING, B.; BOWMAN, K. D.; ALBRECHT, U. Horticultural attributes and root architectures of field-grown ‘Valencia’ trees grafted on different rootstocks propagated by seed, cuttings, and tissue culture. **HortScience**, v. 56, n. 2, p. 163-172, 2021.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, P. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas: Fundag, 2005. p.63-94.

PRADO, M.; FIGUEIREDO, J. P. D. O.; PIRES, D. C. D. A.; CORRÊA, A. C. P.; ARAÚJO, M. C. P. D. Efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento estabilidade química de soluções de hipoclorito de sódio. **Revista de Odontologia da UNESP**. v. 41, n. 4, p. 242-246, 2012.

RAMOS, A. R.; SILVA, G. H.; FERREIRA, G.; ZANOTTO, M. D. Efeito da temperatura na germinação de sementes de diferentes genótipos de *Carthamus tinctorius*. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 1, p. 22-31, 2018.

RIBEIRO, M. I.; RODRIGUES, G. A. A.; BAZZANELLA, A. P.; MARTINS, S.; CORSATO, J. M.; FORTES, A. M. T. Curva de embebição, anatomia e mobilização de reservas em sementes de *Mimosa flocculosa* submetidas à superação de dormência. **Iheringia, Série Botânica**, v. 76, e2021016, 2021.

RODRIGUES, F. A.; FREITAS, G. F.; MOREIRA, R. A.; PASQUAL, M. Caracterização dos frutos e germinação de sementes dos porta-enxertos trifoliata Flying Dragon e Citrumelo Swingle. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1180-1188, 2010.

SILVA, K. A. D.; BENEDITO, C. P.; TORRES, S. B.; ALVES, V. M. D.; SOUSA, G. D. D. Viability and vigor of *Moringa oleifera* Lam. Seeds by means of rapid tests. **Revista Ciência Agronômica**, v. 56, e202392387, 2024.

SILVA, L. F. C.; CARVALHO, S. A. Germinação da semente de porta-enxertos de citros em função da presença do tegumento e sua orientação no substrato. **Laranja**, v. 28, n. 1-2, p. 47-59, 2007.

SOFIATTI, V.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; REIS, M. S.; SILVA, L. V. B. D.; CARGNIN, A. Uso do hipoclorito de sódio para degradação do endocarpo de sementes de cafeeiro com diferentes graus de umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n 1, p. 150-160, 2008.

SOUZA, E. Y. N.; COUTINHO, P. W. R.; FRAGA, D. A. C. COLOGNI, F. R.; MATSUDA, G.; PIACENTINI, L. Overcoming dormancy in *Coffea arábica* seeds with diferente immersion times in sodium hypochlorite. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 12, n. 2, e9130, 2025a.

SOUZA, A. M. B.; RODRIGUES, C. A.; SANTOS, S. G. F.; ANDRADE, J. C. A.; ARAUJO, E. F.; GONZATTO, M. P. Sodium hypochlorite on the physiological quality and seed coat anatomy of the ‘Flying Dragon’ trifoliolate orange seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 49, e003825, 2025b.



SOUZA, A. M. B.; SANTOS, S. G. F.; RODRIGUES, C. A.; SILVA, Í. J.; COELHO, A. P. F.; ARAUJO, E. F.; GONZATTO, M. P. Effects of sodium hypochlorite on seed germination and seedling emergence in Rangpur lime. **Acta Scientiarum.Agronomy**, v. 47, 2025c. (No prelo).

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; SILVA, S. R.; SEMPIONATO, O. R.; PAROLIN, L. G.; MÜLLER, G. W.; DONADIO, L. C. Desempenho de clones pré-imunizados de laranjeiras Valência e Natal no Norte do Estado de São Paulo. **Citrus Research & Technology**, v. 41, e1057, 2020.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Citrus**: world markets and trade. Global market analysis - Julho de 2023. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>>. Acesso em: 10 de out. 2024.

WILSON, V. Effect of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of sweet orange (*Citrus sinensis* (L). Osbeck) and lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). **Asian Journal of Plant and Soil Sciences**, v. 7, n. 1, p. 84-92, 2022.

